

О. О. ТУМАНЦОВА

ФІЗИКА

РОЗРОБКИ УРОКІВ

РІВЕНЬ СТАНДАРТУ

10 КЛАС

ПЛАН-КОНСПЕКТ КОЖНОГО УРОКУ МІСТИТЬ:

- мету й завдання навчання
- план вивчення нового матеріалу
- послідовність і зміст методів, прийомів і форм навчальної діяльності
- комплекс вправ і задач для закріплення й контролю засвоєння навчального матеріалу

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

УДК 371.388:53

ББК 22.3я72

Т83

Серія «Майстер-клас»

Туманцова О. О.

Т83 Фізика. 10 клас. Рівень стандарту: Розробки уроків / О. О. Туманцова. — Х.: Видавництво «Ранок», 2010. — 320 с. + Додаток (16 с.).

ISBN 978-611-540-675-3

Посібник складений відповідно до чинної програми курсу фізики 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів і призначений для організації навчання на рівні стандарту.

Видання являє собою детальні конспекти уроків, які містять план вивчення нового матеріалу; зведену план-схему уроку з орієнтовним розподілом часу за етапами уроку та методами і формами роботи з класом; комплекс вправ і задач для закріплення й контролю засвоєння навчального матеріалу; описи демонстрацій та експериментів.

До посібника безкоштовно додається календарно-тематичний план.

Призначено для вчителів фізики і студентів вищих педагогічних закладів освіти.

УДК 371.214:514

ББК 74.262.21

Навчальне видання

Майстер-клас

ТУМАНЦОВА Оксана Олексіївна

ФІЗИКА. 10 клас. Рівень стандарту
Розробки уроків

Окремо виданий додаток «Календарно-тематичний план»

Редактор О. В. Костіна. Технічний редактор О. В. Сміян

Код Т11468У. Підписано до друку 29.06.2010. Формат 60×90/16. Папір друкарський.

Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 20.

ТОВ Видавництво «Ранок». Свідоцтво ДК № 3322 від 26.11.2008.

61071 Харків, вул. Кібальчича, 27, к. 135.

Для листів: 61045 Харків, а/с 3355. E-mail: office@ranok.kharkov.ua

Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.

З питань реалізації: (057) 712-91-44, 712-90-87. E-mail: commerce@ranok.kharkov.ua

«Книга поштою»: (057) 717-74-55, (067) 546-53-73. E-mail: pochta@ranok.kharkov.ua

www.ranok.com.ua

ISBN 978-611-540-675-3

© О. О. Туманцова, 2010

© ТОВ Видавництво «Ранок», 2010

ЗМІСТ

Передмова	6
-----------	---

МЕХАНІКА

Вступ

Урок № 1/1	Зародження і розвиток фізики як науки. Роль фізичного знання в житті людини. Методи наукового пізнання.	7
Урок № 2/2	Вимірювання. Оцінки похибок вимірювання. Зародження і розвиток фізики як науки	12

Розділ 1. Кінематика

Урок № 3/1	Механічний рух і його види. Основна задача механіки. Фізичне тіло і матеріальна точка.	18
Урок № 4/2	Система відліку. Траєкторія руху. Шлях і переміщення. Відносність механічного руху	22
Урок № 5/3	Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість. Закон додавання швидкостей. Графіки руху.	27
Урок № 6/4	Розв'язування задач	34
Урок № 7/5	Рівноприскорений рух. Прискорення. Швидкість тіла і пройдений шлях. Графіки руху.	38
Урок № 8/6	Розв'язування задач.	47
Урок № 9/7	Лабораторна робота № 1 «Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі» ..	51
Урок № 10/8	Вільне падіння	54
Урок № 11/9	Рівномірний рух по колу. Період обертання і обертова частота. Лінійна й кутова швидкість	60
Урок № 12/10	Контрольна робота № 1 «Кінематика»	68

Розділ 2. Динаміка. Релятивістська механіка

Урок № 13/1	Механічна взаємодія тіл. Сила. Види сил у механіці.	69
Урок № 14/2	Вимірювання сил. Додавання сил	73
Урок № 15/3	Лабораторна робота № 2. Вимірювання сил	81
Урок № 16/4	Закони динаміки. Перший закон Ньютона. Інерція	84
Урок № 17/5	Другий закон Ньютона. Інертність. Маса.	88
Урок № 18/6	Третій закон Ньютона.	94

Урок № 19/7	Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння	102
Урок № 20/8	Сила тяжіння. Вага і невагомість	108
Урок № 21/9	Розв'язування задач	114
Урок № 22/10	Штучні супутники Землі. Розвиток космонавтики	118
Урок № 23/11	Контрольна робота № 2.	122
Урок № 24/12	Рух тіла під дією кількох сил	123
Урок № 25/13	Розв'язування задач	132
Урок № 26/14	Рівновага тіл. Момент сили. Умова рівноваги тіл	137
Урок № 27/15	Лабораторна робота № 3 «Дослідження рівноваги тіла під дією кількох сил»	143
Урок № 28/16	Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.	146
Урок № 29/17	Розв'язування задач	154
Урок № 30/18	Механічна робота. Кінетична енергія	157
Урок № 31/19	Потенціальна енергія. Закон збереження енергії	163
Урок № 32/20	Основні положення спеціальної теорії відносності. Швидкість світла у вакуумі.	168
Урок № 33/21	Відносність і одночасність подій. Закон взаємозв'язку маси і енергії	173
Урок № 34/22	Розв'язування задач	181
Урок № 35/23	Розв'язування задач	185
Урок № 36/24	Контрольна робота № 3 «Динаміка. Релятивістська механіка»	183

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Розділ 3. Властивості газів, рідин, твердих тіл

Урок № 37/1	Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини та її дослідне обґрунтування	189
Урок № 38/2	Маса та розміри атомів і молекул. Кількість речовини.	194
Урок № 39/3	Розв'язування задач	299
Урок № 40/4	Ідеальний газ. Температура	202
Урок № 41/5	Ізопроцеси. Газові закони.	209
Урок № 42/6	Ізопроцеси. Газові закони.	214
Урок № 43/7	Лабораторна робота № 4. «Дослідження ізотермічного процесу. Дослідне підтвердження закону Бойля—Маріотта»	221

Урок № 44/8	Розв'язування задач	223
Урок № 45/9	Розв'язування задач	227
Урок № 46/10	Контрольна робота № 4 «Молекулярна фізика і термодинаміка»	233
Урок № 47/11	Пароутворення і конденсація. Насичена і ненасичена пара	233
Урок № 48/12	Вологість повітря. Методи вимірювання вологості повітря.	239
Урок № 49/13	Лабораторна робота № 5 «Вимірювання відносної вологості повітря»	245
Урок № 50/14	Властивості поверхні рідини. Поверхневий натяг рідини	248
Урок № 51/15	Змочування. Капілярні явища.	253
Урок № 52/16	Будова і властивості твердих тіл. Кристалічні і аморфні тіла	259
Урок № 53/17	Рідкі кристали. Полімери.	266
Урок № 54/18	Контрольна робота № 5 «Молекулярна фізика і термодинаміка»	268
Розділ 4. Основи термодинаміки		
Урок № 55/1	Внутрішня енергія тіл. Два способи зміни внутрішньої енергії.	269
Урок № 56/2	Робота термодинамічного процесу. Перший закон термодинаміки	274
Урок № 57/3	Розв'язування задач	280
Урок № 58/4	Теплові машини. Холодильні машини	284
Урок № 59/5	Розв'язування задач	291
Урок № 60/6	Контрольна робота № 6 «Основи термодинаміки»	296
Фізичний практикум		
Урок № 61/1	Дослідження руху тіла під дією сили тяжіння	299
Урок № 62/2	Дослідження механічного руху з урахуванням закону збереження енергії ...	301
Урок № 63/3	Вивчення одного з ізопроцесів.	303
Урок № 64/4	Визначення коефіцієнта поверхневого натягу.	304
Урок № 65/5	Визначення модуля пружності.	306
Урок № 66	Узагальнюючий урок.	309
Уроки № 67–70	Резервний час.	312
Додатки		313
Література		320

ПЕРЕДМОВА

Посібник містить конспекти уроків з фізики, складені відповідно до програми для загальноосвітніх навчальних закладів і призначені для організації навчання в 10 класі на рівні стандарту. Пропоновані матеріали спрямовано на опанування учнями наукових фактів і фундаментальних ідей, усвідомлення суті понять і законів, принципів і теорій, які дають змогу пояснити перебіг фізичних явищ і процесів, з'ясувати їхні закономірності.

Наведені в посібнику конспекти уроків мають подвійну нумерацію: перше число є наскрізним порядковим номером уроку, друге — номером уроку в конкретному розділі курсу. Для кожного уроку наведено тему, мету, тип, план-схему з орієнтовним розподілом часу за етапами уроку та методами і формами роботи з класом, зазначено обладнання, необхідне для проведення демонстрацій.

Для уроків засвоєння нових знань і комбінованих уроків запропоновано план вивчення нової теми (його доцільно записувати на дошці, щоб, користуючись ним, учні могли самостійно визначати мету уроку, робити висновки стосовно досягнення поставленої мети); наведено запитання для організації бесіди чи фронтального опитування, вміщено фізичні диктанти.

Для уроків застосування знань, умінь і навичок наведено алгоритми розв'язування типових фізичних задач, запропоновано приклади їх розв'язування. Діагностику навчальних досягнень учнів передбачено здійснювати шляхом написання самостійних робіт за наведеним автором текстом або за посібником [2], контроль і корекцію — за посібником [2], виконання лабораторних робіт і фізичного практикуму — за посібником [3].

Залученню учнів до наукового пошуку, формуванню експериментальних умінь і навичок сприятимуть домашні завдання (серед яких є творчі й експериментальні завдання) та інтерактивні методи навчання, опис яких наведено в додатках.

Кожний урок — це творча співпраця учителя і учнів. Учитель на власний розсуд, взявши до уваги рівень підготовки класу, матеріальну базу фізичного кабінету, може змінити розподіл часу на уроці, форми і методи роботи, обсяг і рівень складності домашнього завдання тощо. Конспекти уроків, наведені в посібнику, дозволять учителю, скориставшись запропонованою основою, розробити власний сценарій уроку, надають можливість для прояву творчості. Автор посібника сподівається, що посібник буде корисним як молодим учителям, так і досвідченим педагогам.

МЕХАНІКА

Вступ

УРОК № 1/1

Тема. Зародження і розвиток фізики як науки. Роль фізичного знання в житті людини. Методи наукового пізнання.

Мета: формування знань учнів про фізичну науку як основну науку про природу, показ її ролі у життєдіяльності людини, з'ясування сутності методів наукового пізнання.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Мотивація навчальної діяльності	5	Метод «Асоціативний куц»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	5	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	6–7	Бесіда
VI. Підбиття підсумків уроку	5	Методи «Асоціативний куц», «Сенкан»
VII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Мотивація навчальної діяльності

Урок можна розпочати зі слайд-шоу, яке складається з фотографій природних явищ (веселка, блискавка, полярне сяйво, роса тощо), машин і механізмів, електропобутових приладів. Після перегляду слайдів учитель наголошує, що, вивчаючи протягом трьох років фізику, учні уже мають певну систему фізичних знань, щоб усвідомити значення фізики для пояснення навколишнього світу та життєдіяльності людини.

Вправа «Асоціативний куш»

Учитель пропонує учням скласти «асоціативний куш», ключовим словом якого є «фізика» (див. додаток 2). Мета вправи — активізувати знання про значення фізичної науки для людини, спонукати учнів до осмислення матеріалу уроку.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Зародження і розвиток фізичної науки.
2. Роль фізичних знань у житті людини.
3. Методи наукового пізнання.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Зародження і розвиток фізичної науки

Фізика — наука про матерію, її властивості і рух; одна з найдавніших наукових дисциплін.

Хронологію розвитку фізичної науки зручно подати у вигляді таблиці — вона може бути подана учням на мультимедійній дошці, накреслена на дошці або роздана у роздрукованому вигляді. Учитель коментує таблицю.

Таблиця

Хронологія розвитку фізичної науки

Період	Етап розвитку фізики	Головні відкриття, винаходи
До VI ст. до н. е. VI–IV ст. до н. е.	Накопичення спостережень	
IV ст. до н. е. – II ст.	Поява натурфілософії	
III–XII ст.	Зародження механіки та оптики	
XIII–XVI ст.	Зародження експериментальної фізики	Винайдено окуляри, компас. Пояснено явище веселки

Період	Етап розвитку фізики	Головні відкриття, винаходи
XVII–XVIII ст.	Створення класичної механіки	В 1608 р. винайдено оптичну трубу. Галілео Галілей побудував перший телескоп; сформулював основи теоретичної механіки, принцип відносності, закон інерції; запропонував термометр (без шкали). 1600 р. — Гілберт дослідив електричні й магнітні явища. 1647 р. — Паскаль випробовує перший барометр. 1673 р. — виготовлено точний маятниковий годинник Гюйгенса; Ньютон заклавав основи механіки, оптики, теорії тяжіння. 1734 р. — Дюфе встановив існування двох видів електричних зарядів (позитивні і негативні). 1745 р. — винайдено лейденську банку. 1784 р. — запатентовано парову машину Ватта, почалося розповсюдження парових двигунів. 1745 р. — відкрито закон Кулона
XIX ст.	Становлення класичної механіки	
Кін. XIX ст. — поч. XX ст.	Революційні відкриття у фізиці	
XX ст.	Розвиток квантової, ядерної фізики	

■ 2. Роль фізичних знань у житті людини

Запитання до класу

1. «Фізика» у перекладі з грецької означає «природа». Чому фізична наука отримала таку назву?
2. Які ще науки про природу вам відомі?
3. Чому фізику називають основною природничою наукою?
4. Як люди в практичній діяльності використовують надбання фізичної науки? Наведіть приклади.

5. Чи є опис природи завершеним у наш час? Якщо так, поясніть свою думку. Якщо ні, то яким є рівень нашого незнання?

Отже, фізика — одна з найважливіших природничих наук, пов'язана не тільки з іншими природничими науками, але й із математикою, технікою. Скажімо, техніка висуває перед фізичною наукою задачі, розв'язання яких потребує, і постачає необхідні для досліджень прилади й пристрої. Однак і цей зв'язок має двосторонній характер. Так, використовуючи математичний апарат, фізика так само ставить перед математикою нові проблеми, стимулює її розвиток.

При визначенні ролі фізики в життєдіяльності людини можна виділити такі аспекти:

- 1) дослідження явищ природи, знаходження закономірностей та законів, якими вони описуються;
- 2) встановлення зв'язків між явищами, які відкрито, й тими явищами, що вже були відомі на цей момент;
- 3) застосування набутих знань для прогнозування природних явищ та активного впливу на природу;
- 4) застосування набутих знань для реалізації практичних потреб людини, в тому числі створення машин і механізмів.

3. Методи наукового пізнання

Запитання до класу

1. Як людина сприймає навколишній світ?
2. Чи можна сказати, що сприймання фізичних явищ за допомогою органів чуття є об'єктивним?

Першим методом фізичних досліджень є **спостереження** — вивчення явищ у природних обставинах.

Наукове спостереження потребує вміння групувати споріднені явища, визначати їх характерні ознаки, аналізувати, зіставляти — виділяти спільне і відмінне, з'ясовувати фактори, від яких вони залежать.

Завдання класу. Наведіть приклади спостережень.

Другим видом фізичних досліджень є **експеримент** — вивчення явищ шляхом їх відтворення в штучних лабораторних умовах.

Експеримент дозволяє заощаджувати час, не чекаючи, доки те чи інше явище відбудеться в природі, розширює діапазон вивчення явища, дозволяє отримати точніші результати, ніж у природних умовах.

Завдання класу

1. Наведіть приклади експериментів, дослідів, які проводилися під час вивчення фізики.
2. Поясніть, чим експеримент відрізняється від спостереження.

Третім видом фізичних досліджень є **обмірковування** — створення гіпотез, наукових припущень, здогадка, інтуїція тощо. Якщо гіпотеза не суперечить жодному з досліджуваних фактів, то вона переходить у теорію.

Учитель пропонує учням записати в зошити таку схему наукового пізнання:



V. Закріплення нового матеріалу

Запитання до класу

1. В який період, на вашу думку, фізика сформувалась як наука? Чому?
2. Яка роль фізики в життєдіяльності людини?
3. Назвіть три відкриття, які, на ваш погляд, принесли людству найбільшу користь? Найбільшу шкоду?
4. Демонстрація веселки (рисунок, фото чи слайд). Провести спостереження цього явища. Опишіть те, що ви спостерігали, з точки зору звичайного спостерігача і з точки зору людини, яка проводила наукове фізичне спостереження.
5. Яке обладнання необхідно для проведення дослідження явища дифузії між двома рідинами? Як можна сформулювати мету такого досліджу? Що буде об'єктом дослідження?

VI. Підбиття підсумків уроку

Учитель, підбиваючи підсумки уроку, пропонує учням:

- 1) ще раз створити «асоціативний куц» з ключовим словом «фізика» і порівняти, як змінилися їхні асоціації порівняно з початком уроку;
 - 2) написати сенкан (див. додаток 10) на тему «Фізика».
- У кінці уроку двоє-троє учнів зачитують свої сенкани.

VII. Домашнє завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал за підручником.
2. Виконати творче завдання.
 - 1) Використовуючи додаткову літературу та інформаційну мережу Інтернет, вписати в таблицю видатні фізичні відкриття XIX–XX ст.
 - 2) Написати есе (див. додаток 11) «Фізика — восьме диво світу».

УРОК № 2/2

Тема. Вимірювання. Оцінки похибок вимірювання. Зародження і розвиток фізики як науки.

Мета: ознайомлення учнів із поняттям механіки як розділу фізики, з основною задачею механіки та її розв'язанням; формування в учнів основних понять кінематики: механічного руху та його видів, матеріальної точки як фізичної ідеалізації.

Тип уроку: урок-лекція.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	1	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
III. Мотивація навчальної діяльності	1	Аргументоване пояснення
IV. Вивчення нового матеріалу	39–40	Лекція
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2–3	Метод «Ключові слова»

I. Організаційний етап

II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель збирає есе, написані учнями вдома, повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Вимірювання, їх точність.
2. Типи похибок.
3. Класифікація похибок.
4. Види вимірювань.
5. Округлення результатів.
6. Графічне зображення підсумків експериментів.

III. Мотивація навчальної діяльності

У курсі вивчення фізики 10-го класу передбачено виконання домашніх експериментів, низки лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, в ході проведення яких вимірюють певні фізичні величини. Але слід пам'ятати, що жодне вимірювання не може бути абсолютно точним — його результат завжди містить певну похибку. Отже, в завдання вимірювання входить не тільки знаходження власне величини, а й оцінка похибки, допущеної при вимірюванні.

IV. Вивчення нового матеріалу

1. Вимірювання, їх точність

Вимірюванням фізичної величини називається операція, в результаті якої ми дізнаємося, у скільки разів величина, що вимірюється, більша чи менша за відповідну величину, прийняту за еталон.

Звісно, що вимірювані величини практично ніколи не порівнюють з еталонами, а користуються вимірювальними приладами.

Запитання до класу. Які вимірювальні прилади вам відомі? Які фізичні величини вони вимірюють?

Досить часто намагаються провести вимірювання з найбільшою точністю, тобто зробити похибку вимірювання мінімальною. Але при цьому слід зауважити, що інколи зробити це досить непросто. Тому не слід домагатися під час вимірювання більшої точності, ніж це необхідно для поставленої задачі. Наприклад, для виготовлення полиці для книжок довжину дошки достатньо виміряти

з точністю до 0,5–1 см або близько 1 %, а для виготовлення деяких технічних деталей потрібна точність в 0,001 мм або близько 0,01 %. Отже, не слід захоплюватись зайвою точністю там, де це непотрібно, але й не варто шкодувати зусиль, коли цього вимагає поставлена задача.

2. Типи похибок

Похибки поділяють на абсолютні та відносні.

Абсолютна похибка — це похибка, яка показує, наскільки істинне значення вимірюваної величини відрізняється від результату вимірювання. Модуль, як бачимо з рис. 1, дозволяє вказати інтервал, всередині якого знаходиться істинне значення. Його довжина $2\Delta x$.

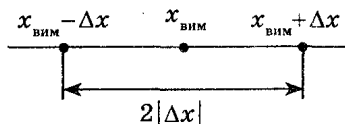


Рис. 1

Але визначення самої лише абсолютної похибки недостатньо, вона мало говорить про справжню точність, якщо не зіставити її із власне вимірюваною величиною.

Відносна похибка — це похибка, яка зіставляє значення абсолютної похибки і вимірюваної величини у відношенні.

Способи обчислення відносної похибки:

- 1) $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{вим}}} \cdot 100\%$;
- 2) якщо вимірюються відомі величини (сталі або табличні):

$$\varepsilon = \frac{x_{\text{вим}} - x_{\text{табл}}}{x_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$
;

- 3) якщо перевіряється рівність $A = B$, то $\varepsilon = \left| 1 - \frac{A}{B} \right| \cdot 100\%$,

або ознакою достовірності результату є перетин інтервалів $|A \pm \Delta A| = |B \pm \Delta B|$ (рис. 2).

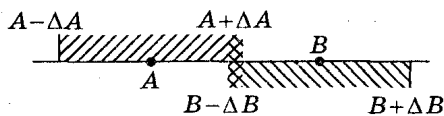


Рис. 2

3. Класифікація похибок

Серед похибок розрізняють промахи, систематичні та випадкові похибки.

Промахи (або грубі похибки) — це похибки, яких припустилися внаслідок неправильного запису показань приладу, неправильно визначеного початку відліку тощо, тобто внаслідок недостатньої уваги експериментатора або зорових вад.

Щоб уникнути промахів, рекомендовано проводити вимірювання не менше двох разів.

Систематичні похибки — це похибки, величина яких однакова у всіх вимірюваннях, які проводяться тим самим методом і за допомогою тих самих вимірювальних приладів.

Систематичні похибки пов'язані з впливом вимірювальних приладів на досліджувані процеси, з недоліками методики вимірювання, неправильним аналізом процесів при теоретичному розгляді явищ. Наприклад, вантаж зважують за допомогою важільних терезів, користуючись важками. Якщо маса важка є неточною і має похибку 0,1 г, то і маса вантажу буде завищена чи занижена на цю величину.

Систематичні похибки можуть бути зумовлені:

- 1) відхиленням рівноважного показчика приладу від нульової позначки приладу;
- 2) неминучою похибкою засобу вимірювання — їх має кожний прилад. На приладах заводського виготовлення вони зазначені, і позначаються $\Delta_{\text{прил}}$. Її зміст такий: якщо стрілка приладу збігається з позначкою x_0 шкали, то істинне значення вимірювальної величини лежить в інтервалі $[x_0 \pm \Delta_{\text{прил}}]$;
- 3) причинами, невідомими експериментаторові.

Випадкові похибки — це похибки, величина яких різна майже у всіх вимірюваннях, які проводяться тим самим методом і за допомогою тих самих вимірювальних приладів.

Випадкові похибки виникають унаслідок причин, які складно врахувати. Так, у прикладі з вимірюванням маси вантажу на важільних терезах джерелом похибок може бути, наприклад, коливання повітря, що по-різному подіяло на різні шальки терезів; пил, який осів на одній із шальок; нагрівання однієї із шальок унаслідок розташування терезів; різне тертя в підвісах шальок та багато інших причин. У багатьох випадках найближчим до істинного значення величини є середнє арифметичне результатів вимірювань:

$$x_{\text{сеп}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n};$$
$$\Delta x_{\text{сеп}} = \frac{|x_1 - x_{\text{сеп}}| + |x_2 - x_{\text{сеп}}| + \dots + |x_n - x_{\text{сеп}}|}{n}$$

середня абсолютна похибка.

4. Види вимірювань

Вимірювання поділяють на прямі і непрямі.

Прямі вимірювання — вимірювання, за яких величина одержується в результаті відліку за шкалою приладу.

При проведенні прямих вимірювань похибка обчислюється за формулою $\Delta = \Delta_{\text{прил}} + \Delta_{\text{відл}}$.

Якщо показчик збігається зі штрихом шкали, то $\Delta = \Delta_{\text{прил}}$;

якщо не збігається зі штрихом шкали, то $\Delta = \Delta_{\text{прил}} + \frac{C}{2}$, де C — ціна поділки приладу.

Непрямі вимірювання — вимірювання, результат яких визначається за певною формулою, куди підставляють значення величин, одержані після прямих вимірювань.

Порядок проведення непрямих вимірювань:

- 1) виконати прямі вимірювання;
- 2) обчислити відносні похибки прямих вимірювань;
- 3) обчислити шукану величину;
- 4) за видом формули визначити відносну похибку непрямих вимірювань;
- 5) знайти абсолютну похибку.

Таблиця

Обчислення похибок при непрямих вимірюваннях

Вид формули	Абсолютна похибка	Відносна похибка
$f = x + y$	$\Delta f = \Delta x + \Delta y$	$\epsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$
$f = x - y$	$\Delta f = \Delta x - \Delta y$	$\epsilon_f = \frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$
$f = x \cdot y$	$\Delta f = x\Delta y + y\Delta x$	$\epsilon_f = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$
$f = \frac{x}{y}$	$\Delta f = \frac{x\Delta y + y\Delta x}{y^2}$	$\epsilon_f = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$
$f = x^n$	$\Delta f = nx^{n-1} \cdot \Delta x$	$\epsilon_f = n \cdot \frac{\Delta x}{x}$
$f = \sqrt[n]{x}$	$\Delta f = \frac{\Delta x}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\epsilon_f = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta x}{x}$

Вид формули	Абсолютна похибка	Відносна похибка
$f = \sin x$	$\Delta f = \cos x \cdot \Delta x$	$\varepsilon_f = \operatorname{ctg} x \cdot \Delta x$
$f = \cos x$	$\Delta f = \sin x \cdot \Delta x$	$\varepsilon_f = \operatorname{tg} x \cdot \Delta x$

5. Округлення результатів

Отримавши значення у вигляді десяткових дробів, в яких після коми стоїть багато цифр, необхідно виконувати округлення, оскільки занадто велика кількість наведених десяткових знаків дає хибне уявлення про точність результату.

Визначення числа десяткових знаків, до якого округлюється результат, виконується за таким правилом:

- 1) похибка округлюється до однієї значущої цифри із завищенням;
- 2) результат вимірювання до числа знаків, які не перевищують того, з яким записана похибка.

Наприклад, при вимірюванні отримано масу тіла $m = 0,769455$ кг, а обчислення абсолютної похибки дали значення $\Delta m = 0,0164$ кг. Округлюємо до однієї значущої цифри із завищенням: $\Delta m = 0,02$ кг.

Тоді $m = 0,76$ кг, цифра 9 відкидається, жодною мірою не впливаючи на попередню цифру 6, бо вона вже є неправильною. Отже, результатом є $m = 0,76 \pm 0,02$ кг.

6. Графічне зображення підсумків експериментів

Якщо результати експерименту необхідно подати графічно, то слід пам'ятати, що в результаті вимірювань x і y ми одержуємо не точку, а область зі сторонами $2\Delta x$ і $2\Delta y$. Тому лінія графіка плавно проводиться через ці області (рис. 3).

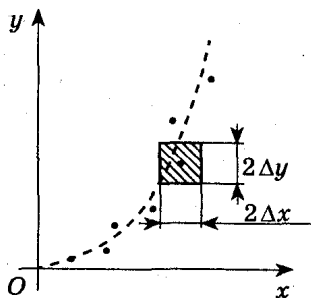


Рис. 3

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, використовуючи метод «Ключові слова» (див. додаток 4).

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за конспектом.
2. Виконати експериментальні завдання.
 - 1) Виміряти температуру тіла за допомогою медичного термометра або температуру води за допомогою термометра, для цього призначеного, оцінити похибку вимірювання.
 - 2) Відміряти в кімнаті відстань 3–4 м, пройти цю відстань, намагаючись рухатись рівномірно. Шляхом непрямих вимірювань визначити швидкість руху. Описати алгоритм проведення досліду. Оцінити похибки вимірювання.

Розділ 1. Кінематика

УРОК № 3/1

Тема. *Механічний рух і його види. Основна задача механіки. Фізичне тіло і матеріальна точка.*

Мета: *ознайомлення учнів із поняттям механіки як розділу фізики, основною задачею механіки та її розв'язанням; формування в учнів основних понять кінематики: механічного руху та його видів, матеріальної точки як фізичної ідеалізації.*

Тип уроку: *урок засвоєння нових знань.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань		Метод «Асоціативний куц»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	Метод «Прес»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Фронтальне опитування
VII. Підбиття підсумків уроку	3	Метод «Ключові слова»
VIII. Домашнє завдання		Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Цей урок є першим уроком в темі «Механіка». Але зважаючи на те, що тема «Механічний рух» вивчалася учнями у 8-му класі й вони вже мають певну систему знань, можна провести актуалізацію, використовуючи метод «Асоціативний куц» (див. додаток 2), який спонукає до вільного і відкритого мислення.

Вправа «Асоціативний куц»

Учитель записує на дошці ключове слово «Рух» і пропонує учням називати все, що з ним асоціюється.

Після складання «куща», яке супроводжується коментарями учнів, учитель з'ясовує ступінь сформованості їхніх базових знань.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Механіка як розділ фізики. Предмет механіки. Розділи механіки.
2. Основна задача механіки, її розв'язання.
3. Означення механічного руху.
4. Матеріальна точка.
5. Види механічного руху.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Завдання класу

Чому важливо вивчати механічний рух? Обґрунтуйте відповідь, використовуючи попередньо набуті знання з фізики, власний життєвий досвід.

Учитель рекомендує учням дати структуровану відповідь, використовуючи опорні слова за методом «Прес» (див. додаток 5).

Після цього учитель робить підсумок, що в навколишньому світі все перебуває в безперервному русі: люди, тварини, птахи, комахи, риби. Рухаються планети навколо Сонця, молекули і атоми, з яких складаються всі тіла. Отже, вивчення і розуміння механічного руху є важливим для розуміння навколишнього світу та застосування фізичних явищ і процесів для практичних потреб людини, наприклад створення нових машин і механізмів.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Механіка як розділ фізики. Предмет механіки. Розділи механіки

Викладення нового матеріалу доцільно розпочати з наголосу на тому, що виникнення механіки як однієї з найдавніших наук і її розвиток пов'язані з практичними потребами людини.

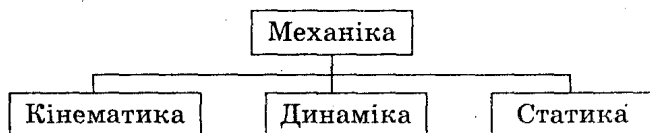
Внесок у становлення механіки зробили такі корифеї науки, як Арістотель, Архімед, Галілей. Як класична теорія механіка обґрунтована в працях Ісаака Ньютона наприкінці XVII ст., а на початку XX ст. вона була розроблена у вигляді теорії відносності Альбертом Ейнштейном. Термін «механіка» введений Арістотелем (від грец. *mêchanê* — машина).

Механіка — це розділ фізики, який вивчає рух тіл і їх взаємодію.

Предметом класичної механіки є будь-які тіла, розміри яких набагато більші від розмірів атомів і які рухаються зі швидкостями, що набагато менші за швидкість світла у вакуумі.

Завдання класу. Наведіть приклади тіл, які можна вважати предметом класичної механіки.

Учитель пропонує учням накреслити в зошитах таку схему:



Кінематика — це розділ механіки, що вивчає рух тіл без урахування причин, які цей рух зумовили.

Динаміка — це розділ механіки, що вивчає причини зміни швидкості руху під дією інших тіл.

Статика — це розділ механіки, що вивчає рівновагу тіл.

2. Основна задача механіки, її розв'язання

Основна задача механіки — визначити положення тіла (його координати) у будь-який момент часу.

Запитання до класу. Що може бути розв'язанням основної задачі механіки?

Розв'язати основну задачу механіки означає написати математичне рівняння залежності координати тіла від часу.

3. Означення механічного руху

Учитель наголошує, що всі об'єкти природи матеріальні, нагадує, що основною властивістю матерії є рух та пропонує навести приклади руху тіл.

Механічним рухом називається зміна положення тіла в просторі відносно інших тіл з часом.

4. Матеріальна точка

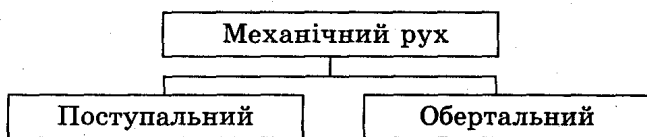
Механічний рух здійснюють фізичні тіла. Реальні фізичні тіла мають форму, розміри, об'єм, здатність до деформації тощо. Але для спрощення опису механічного руху зручно замінити реальні тіла абстрактними, які не мають даних властивостей. У кінематиці такі тіла називають матеріальними точками.

Матеріальна точка — це абстрактне тіло, що має масу, але не має розмірів і визначає положення реального тіла в просторі координатами цієї точки. Реальне тіло можна прийняти за матеріальну точку, якщо його розмірами можна знехтувати в умовах даної задачі.

Завдання класу. Наведіть приклади, коли те саме тіло можна вважати матеріальною точкою, а коли не можна.

5. Види механічного руху

Учитель пропонує учням накреслити в зошитах таку схему:



Поступальним називається рух тіла, за якого будь-яка пряма, пов'язана з тілом, переміщується паралельно собі.

Оскільки всі точки тіла під час поступального руху рухаються однаково, це тіло можна розглядати як матеріальну точку.

Завдання класу. Наведіть приклади тіл, що рухаються поступально.

VI. Закріплення нового матеріалу

Фронтальне опитування

1. Порівняйте поняття «механіка» і «кінематика»: що у них спільного? чим відрізняються?
2. У чому полягає основна задача механіки? її розв'язання? Наведіть приклади практичного застосування розв'язання основної задачі механіки.
3. Дайте означення механічного руху. Наведіть приклади механічного руху.
4. Наведіть приклади задачі, у якій космічний корабель: а) можна розглядати як матеріальну точку; б) не можна розглядати як матеріальну точку. Відповідь обґрунтуйте.

VII. Підбиття підсумків уроку

Вправа «Ключові слова»

Учитель пропонує учням написати слова, які, на їхню думку, є ключовими словами уроку, та пояснити свій вибір за методом «Ключові слова» (див. додаток 4).

Учні висловлюють свої думки щодо досягнення мети уроку, учитель оцінює їхню діяльність.

VIII. Домашнє завдання

1. Опрацювати теоретичний матеріал за підручником.
2. Виконати творче завдання.

Скласти асоціативний куц «Механічний рух», використовуючи ключові слова уроку за методом «Асоціативний куц» (див. додаток 2).

УРОК № 4/2

Тема. Система відліку. Траєкторія руху. Шлях і переміщення. Відносність механічного руху.

Мета: формування знань про тіло відліку та систему відліку, траєкторію руху та класифікацію рухів залежно від траєкторії, шлях і переміщення, відносність механічного руху.

Тип уроку: комбінований.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	3	Фізичний диктант
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Застосування набутих знань	14	Метод «Так — ні». Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Метод «Ключові слова». Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фізичний диктант

Закінчіть речення так, щоб отримати правильне твердження.

1. Механіка — розділ фізики, який вивчає...
2. Кінематика — розділ механіки, який вивчає...
3. Основна задача механіки — ...
4. Для визначення положення тіла в просторі необхідно...
5. Тіло, яке має розміри, форму і об'єм, називається...
6. Матеріальна точка — це...
7. Реальне тіло можна вважати матеріальною точкою за умови...
8. Поступальний рух — ...
9. Тіло, яке здійснює поступальний рух, можна вважати матеріальною точкою, оскільки...

Диктант перевіряється шляхом взаємоперевірки в парах. Для зворотного зв'язку учитель може використати метод «Шкала успіху» (див. додаток 16).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Тіло відліку. Система відліку.
2. Траєкторія руху.
3. Шлях. Переміщення.
4. Відносність руху.

IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Тіло відліку. Система відліку

Викладання нового матеріалу доцільно розпочати з акцентування на тому, що будь-який рух відбувається в просторі і в часі. Щоб описати рух тіла, треба визначити тіло, відносно якого цей рух розглядається, — тіло відліку.

Тіло відліку — це тіло, відносно якого визначають положення тіла в будь-який момент часу.

Завдання класу

1. Наведіть приклади тіл, які б могли бути тілами відліку для розглядання руху потяга, який рушає з вокзалу.
2. За допомогою чого можна визначити положення тіла, якщо точка рухається вздовж прямої? рухається в одній площині? рухається в просторі? (Положення тіла в просторі найпростіше визначати за допомогою координати або системи координат.)
3. Яким приладом зручно фіксувати час руху? (Годинником.)

Система відліку — це тіло відліку, пов'язана з ним система координат і прилад для вимірювання часу (рис. 1).

2. Траєкторія руху

Рух будь-якої матеріальної точки можна показати за допомогою прямої чи кривої лінії.

Траєкторія — це неперервна лінія, яку описує матеріальна точка відносно вибраної системи відліку.

Завдання класу

Наведіть приклади: а) траєкторії тіл; б) видимих і невидимих траєкторій тіл (Траєкторія коліс велосипеда на мокрому піску, траєкторія крейди на дошці під час письма видимі; траєкторія польоту бджоли, траєкторія руху коліс автомобіля по асфальту невидимі.); в) траєкторій, які відомі ще до початку руху (Траєкторія руху рейсового трамваю, штучного супутника землі заздалегідь відомі.).

Залежно від траєкторії механічний рух можна поділити на два види: **прямолінійний** (траєкторія — пряма лінія) і **криволінійний** (траєкторія — крива лінія).

3. Шлях. Переміщення

За траєкторією легко встановити шлях, пройдений матеріальною точкою за будь-який проміжок часу.

Шлях — це довжина траєкторії, яку описує матеріальна точка за даний проміжок часу.

Шлях позначається символом l . Шлях — скалярна величина, одиниця в СІ — метр (м).

Шлях збільшується, якщо тіло рухається, і залишається незмінним, якщо тіло перебуває у спокої. Тобто шлях не може зменшуватись із часом.

Переміщення — вектор, проведений з початкового положення тіла в положення тіла в даний момент часу.

Переміщення позначається символом $\vec{s}$. Переміщення — векторна величина. Модуль переміщення s , в СІ вимірюється в метрах (м).

Наочно шлях і переміщення між точками 1 і 2 показано на рис. 2.

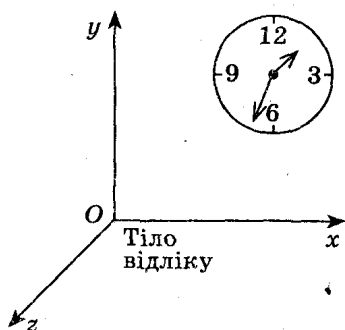


Рис. 1

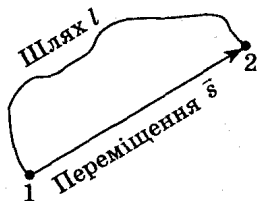


Рис. 2

Запитання до класу

1. Чи може переміщення бути нульовим? (Так, якщо початкова і кінцева точки руху тіла збігаються.)
2. У якому випадку модуль переміщення дорівнює пройденому шляху? (Модуль переміщення дорівнює пройденому шляху, якщо тіло рухається вздовж прямої.)
3. Яким буде пройдений шлях порівняно з модулем переміщення, якщо траєкторія руху — будь-яка крива? (Якщо траєкторія руху — будь-яка крива, шлях завжди більший від модуля переміщення.)

4. Відносність руху

Як ми вже з'ясували, рух матеріальної точки можна описати відносно будь-якого тіла відліку, з яким пов'язують систему

координат і прилад для вимірювання часу, утворюючи систему відліку. Оскільки як тіло відліку можна взяти величезну кількість тіл, на базі яких можна побудувати систему відліку, то одна й та сама матеріальна точка одночасно рухається відносно величезної кількості тіл відліку.

Завдання класу. Їде автобус. Наведіть приклади тіл, відносно яких він рухається.

Наприклад, якщо розглянути траєкторію руху краплі дощу відносно бокового скла автобуса, то можна помітити, що відносно нерухомого автобуса це буде пряма лінія, відносно рухомого — парабола. Не вимірюючи швидкості, можна сказати, що вони також будуть різними.

Відносною категорією є не тільки рух, а й спокій. Наприклад, відносно людини, яка сидить у вагоні потяга, полиця нерухома, а відносно перону, будівлі вокзалу, дерев, стовпів ЛЕП — рухається зі швидкістю потяга.

Відносність механічного руху полягає в тому, що вид траєкторії, шлях і переміщення залежать від вибору системи відліку.

V. Застосування набутих знань

Учитель наводить висловлювання Піфагора: «Хоча слова „так” і „ні” дуже короткі, але вони вимагають серйозних роздумів», після чого пропонує тест.

Тест «Так — ні» (див. додаток 9)

1. Тіло відліку — тіло, відносно якого визначають положення тіла в будь-який момент часу. (Так)
2. Система відліку складається з тіла відліку та приладу для вимірювання часу. (Ні)
3. Траєкторія — це лінія, вздовж якої рухається тіло. (Так)
4. Траєкторія завжди буває заданою уже до початку руху. (Ні)
5. Шлях — довжина траєкторії. (Так)
6. Шлях — скалярна величина. (Так)
7. Переміщення — скалярна величина. (Ні)
8. Переміщення не може бути нульовим. (Ні)
9. Переміщення — напрямлений відрізок прямої, що сполучає початкове і кінцеве положення тіла. (Так)
10. Траєкторія, шлях і переміщення — відносні величини. (Так)

Розв'язування задач (усно)

1. За що ми сплачуємо у таксі: за шлях чи переміщення?
2. Під час сильного снігопаду важко зрозуміти, рухається автомобіль чи ні. Чому?

3. Бджола сидить на стрілці годинника. Якою є траєкторія руху бджоли відносно циферблата?
4. У вагоні пасажирського потяга, який рухається, на столі лежить книга. Чи перебуває вона у стані спокою чи рухається відносно: а) стола; б) рейок; в) пасажира; г) платформи?
5. М'яч, упавши з висоти 4 м, відскочив від землі. На половині висоти його впіймали. Визначте шлях і модуль переміщення м'яча.
6. Спортсмен пропливає водною доріжкою басейну 5 разів. Довжина доріжки 25 м. Визначте шлях і модуль переміщення спортсмена.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, використовуючи метод «Ключові слова» (див. додаток 4).

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) На уроці фізкультури учні тричі пробігли навколо майданчика розмірами 200 на 300 м. Чому дорівнює подоланий учнями шлях?
 - 2) Яхта пройшла вздовж екватора: а) 10 км; б) 10 000 км. У якому з цих випадків можна вважати, що рух яхти відносно Землі був прямолінійний? Нарисуйте в зошиті траєкторію руху яхти відносно Землі в обох випадках.
 - 3) Вертоліт, пролетівши по прямій 400 км, повернув під кутом 90° і пролетів ще 300 км. Знайти шлях і переміщення вертольота. Виконати пояснювальний рисунок.

УРОК № 5/3

Тема. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість. Закон додавання швидкостей. Графіки руху.

Мета: формування знань про прямолінійний рух, швидкість як фізичну величину, класичний закон додавання швидкостей, розв'язання основної задачі механіки для прямолінійного рівномірного руху; розгляд графіків залежності швидкості, координат прямолінійного рівномірного руху від часу.

Тип уроку: комбінований.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	3	Фронтальне опитування, вибіркова перевірка домашнього завдання
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Застосування набутих знань	14	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Учитель вибірково перевіряє письмове домашнє завдання у трьох-чотирьох учнів або залучає до такої перевірки учнів з високим рівнем підготовки.

Фронтальне опитування

1. Що називається системою відліку?
2. Що таке траєкторія? На які види ділиться рух залежно від траєкторії?
3. Що називається шляхом? переміщенням?
4. У чому полягає відмінність між шляхом і переміщенням?
5. У чому полягає зміст поняття відносності руху?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Рівномірний прямолінійний рух.
2. Швидкість рівномірного прямолінійного руху як фізична величина.
3. Закон додавання швидкостей.

4. Переміщення прямолінійного рівномірного руху. Розв'язання основної задачі механіки для прямолінійного рівномірного руху.
5. Графіки руху.

IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Рівномірний прямолінійний рух

Найбільш простим видом руху є рівномірний прямолінійний.

Рівномірним прямолінійним рухом називається такий рух тіла, за якого тіло за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення і траєкторія його руху є прямою лінією.

Запитання до класу

1. Наведіть приклади рівномірного прямолінійного руху.
2. Як ви вважаєте, чи часто нам зустрічаються випадки прямолінійного рівномірного руху?
3. Навіщо вивчати даний вид руху, вміти описувати його закономірності?

2. Швидкість рівномірного прямолінійного руху як фізична величина

Однією з характеристик рівномірного прямолінійного руху є його швидкість. Учитель пропонує учням охарактеризувати швидкість як фізичну величину за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14) і зробити запис у зошити.

Швидкість рівномірного прямолінійного руху як фізична величина

1. Швидкість характеризує стрімкість зміни переміщення (або те, як швидко воно змінюється).
2. Швидкість — це векторна фізична величина, яка визначається відношенням переміщення до часу, за який здійснено це переміщення.

Модуль швидкості визначається відношенням модуля переміщення до часу, за який здійснено це переміщення.

$$3. \vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

$$4. [v] = \frac{m}{c} \text{ (СИ)}.$$

5. Швидкість визначається двома способами:

- 1) прямі вимірювання (за допомогою спідометра, радара);
- 2) непрямі вимірювання (за формулою).

Позначаємо:

$\vec{v}$ — вектор швидкості;

v_x, v_y — проекції вектора швидкості на координатні осі Ox, Oy ;

v — модуль швидкості.

Запитання до класу

1. Якщо під час рівномірного прямолінійного руху тіло за будь-які інтервали часу здійснює однакові переміщення, то що можна сказати про числове значення швидкості в кожний момент часу? (Рівномірний рух — це рух зі сталою швидкістю.)
2. Чи може бути проекція швидкості від'ємною? (Проекція швидкості може бути як додатною, так і від'ємною залежно від того, як рухається тіло (рис. 1).)

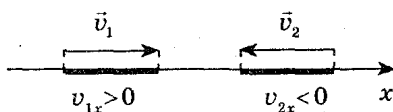


Рис. 1

3. Закон додавання швидкостей

Як нам уже відомо з попереднього уроку, швидкість є величиною відносною і залежить від вибраної системи відліку.

Якщо переміщення тієї самої матеріальної точки розглядати відносно двох систем відліку, пов'язаних з нерухомим тілом і рухомим (наприклад, за рухом людини по палубі корабля спостерігає людина, яка стоїть на березі ріки, якою йде моторний човен, і людина, яка сама в той час стоїть на палубі), то можна сформулювати класичний закон додавання швидкостей.

Закон додавання швидкостей: швидкість тіла відносно нерухомої системи відліку дорівнює векторній сумі швидкості тіла відносно рухомої системи відліку і власне рухомої системи відліку відносно нерухомої:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2,$$

де $\vec{v}$ і $\vec{v}_1$ — швидкості тіла відносно нерухомої і рухомої систем відліку відповідно, а $\vec{v}_2$ — швидкість рухомої системи відліку відносно нерухомої (рис. 2).

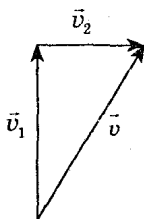


Рис. 2

4. Переміщення прямолінійного рівномірного руху. Розв'язання основної задачі механіки для прямолінійного рівномірного руху

З формули $v = \frac{s}{t}$ можна визначити модуль переміщення для прямолінійного рівномірного руху: $s = vt$.

Якщо матеріальна точка, рухаючись по осі OX , перемістилась із точки з координатою x_0 у точку з координатою x , то за час t вона здійснила переміщення: $s = x - x_0$ (рис. 3).

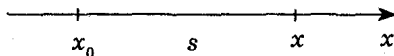


Рис. 3

$$v_x = \frac{x - x_0}{t}; \quad x - x_0 = v_x t; \quad x = x_0 + v_x t.$$

Оскільки основною задачею механіки є визначення положення тіла в даний момент часу за відомими початковими умовами, то рівняння $x = x_0 + v_x t$ і є розв'язанням основної задачі механіки.

5. Графіки руху

Учитель розглядає графіки швидкості, шляху і координати рівномірного прямолінійного руху, тобто графічну залежність швидкості, шляху, координати від часу руху тіла.

1) Графік залежності проекції швидкості від часу

Графіком функції $v_x(t)$ є пряма, паралельна осі часу t (рис. 4, а).

Якщо $v_x > 0$, то ця пряма проходить вище від осі часу t .

Якщо $v_x < 0$, то ця пряма проходить нижче від осі часу t .

Площа фігури, обмеженої графіком $v_x(t)$ і віссю t , чисельно дорівнює модулю переміщення (рис. 4, б).

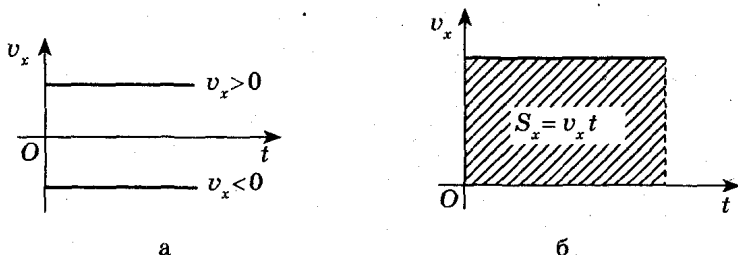


Рис. 4

2) Графік залежності проекції переміщення від часу

Графіком $s_x(t) = v_x t$ є пряма, яка проходить через початок координат (рис. 5, а). Якщо $v_x > 0$, то s_x збільшується з часом, а якщо $v_x < 0$, то s_x зменшується з часом (рис. 5, б).

Нахил графіка тим більший, чим більший модуль швидкості (рис. 5, в).

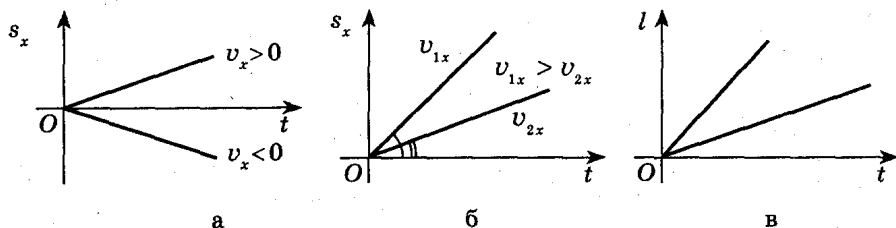


Рис. 5

Якщо йдеться про графік шляху, то слід пам'ятати, що шлях — це довжина траєкторії, тому зменшуватися не може, а може тільки зростати з часом, отже, даний графік не може наближатися до осі часу.

3) Графік залежності координати від часу

Графік $x(t) = x_0 + s_x(t)$ відрізняється від графіка $s_x(t)$ тільки зміщенням на x_0 по осі координат.

Точка перетину графіків 1 і 2 відповідає моменту, коли координати тіл рівні, тобто ця точка визначає момент часу і координату зустрічі двох тіл (рис. 6).

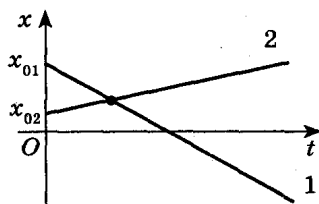


Рис. 6

V. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. У довільному порядку наведено рухомі об'єкти: пішохід; звукові хвилі у повітрі; молекула водню при 0°C ; слабкий вітер; електромагнітні хвилі у вакуумі; штормовий вітер.

Спробуйте розташувати об'єкти у спадному порядку за їхніми швидкостями (швидкості об'єктів не подані, учні використовують попередньо набуті знання, інтуїцію).

Відповідь:

електромагнітні хвилі у вакуумі (300 000 км/с);

звукові хвилі у повітрі (330 м/с);

молекула водню при 0°C (425 м/с);

штормовий вітер (21 м/с);
слабкий вітер (4 м/с);
пішохід (1,3 м/с).

Тест для самоперевірки

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Який із зазначених прикладів руху можна вважати рівномірним?
А Відбувається гальмування автомобіля
Б Пасажир спускається ескалатором метрополітену
В Літак злітає
2. Прямолінійним рівномірним називають рух, за якого:
А модуль швидкості тіла залишається незмінним
Б швидкість тіла змінюється на однакове значення за будь-які однакові проміжки часу
В тіло виконує однакові переміщення за будь-які інтервали часу
3. Пасажирський потяг, рухаючись рівномірно, за 20 хв пройшов шлях 30 км. Зазначте швидкість руху потяга.
А 10 м/с Б 15 м/с В 25 м/с
4. Мотоцикл рухається зі швидкістю 36 км/год. Який шлях він пройде за 20 с?
А 200 м Б 720 км В 180 м
5. На рис. 7 наведено графік залежності шляху рівномірного руху від часу. Яка швидкість руху тіла?
А 5 м/с Б 10 м/с В 20 м/с
6. На рис. 8 наведено графік залежності швидкості рівномірного руху від часу. Який шлях пройшло тіло за 3 с?
А 4 м Б 18 м В 36 м

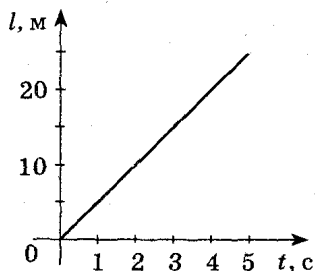


Рис. 7

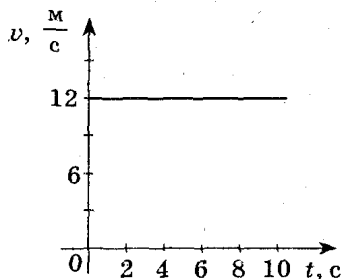


Рис. 8

1	2	3	4	5	6
Б	А	В	А	А	В

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення**домашнього завдання**

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Людина йде, роблячи 2 кроки за секунду. Довжина кроку 75 см. Виразіть швидкість людини в метрах за секунду і кілометрах на годину.
 - 2) Яку відстань долає літак за 1,5 хв, якщо він летить зі швидкістю 800 км/год?
 - 3) Швидкість равлика 1,4 мм/с. За який час він здолає відстань в 1 м?

УРОК № 6/4

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про рівномірний прямолінійний рух та його основні характеристики; продовження формування в учнів навичок і вмінь розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	10	Метод «Фізичний футбол»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Пояснення, бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис у зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, коментар учителя

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель проводить фронтальне опитування учнів за методом «Фізичний футбол» (див. додаток 7).

Фронтальне опитування

1. Який рух називається прямолінійним рівномірним?
2. Охарактеризуйте швидкість рівномірного прямолінійного руху як фізичну величину.
3. Сформулюйте закон додавання швидкостей.
4. Як знайти переміщення прямолінійного рівномірного руху?
5. Яке рівняння є розв'язком основного завдання механіки для прямолінійного рівномірного руху?
6. Охарактеризуйте графіки залежності швидкості, переміщення і координати від часу. Чи відрізняються графіки переміщення і шляху?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему й мету уроку, звертає увагу учнів на типи задач, які будуть розв'язані на уроці. Для мотивації діяльності на уроці наводить логічний ланцюжок, який просить прокоментувати учнів.

Розв'язування задач $\Rightarrow$ Розвиток мислення $\Rightarrow$ Шлях до успіху будь-якої справи

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Швидкість руху м'яча відносно вагона 2 м/с, швидкість руху вагона відносно Землі 3 м/с. Якою може бути швидкість руху м'яча відносно Землі? (5 м/с — якщо напрями руху вагона і м'яча збігаються; 1 м/с — якщо не збігаються.)
2. Автобуси 1 і 2 везуть пасажирів. За яким графіком (рис. 1) рух обох автобусів є найбільш небезпечним? (У випадку а, бо однакові координати в даний момент часу означають зіткнення автобусів.)

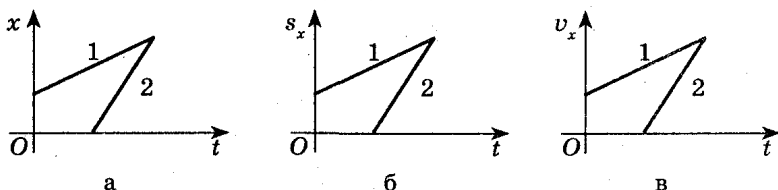


Рис. 1

Розв'язування задач (письмово)

1. За рівнянням руху $x = -270 + 12t$ визначте початкову координату, швидкість руху тіла. Знайдіть координату тіла в момент часу $t = 5$ с.

Розв'язання

З рівняння руху визначаємо: $x_0 = -270$ м, $v_x = 12$ м/с.

У момент часу $t = 5$ с маємо: $x = -270 + 12 \cdot 5 = -210$ (м).

2. Автобус рівномірно рухається зі швидкістю 20 м/с, починаючи рух із точки $x_0 = 500$ м. Запишіть рівняння руху автобуса, якщо: а) він рухається за напрямом вибраної осі руху, б) рухається протилежно.

Розв'язання

$x = x_0 + v_x t$ — якщо автобус рухається за напрямом вибраної осі руху. Отже, $x = 500 + 20t$.

Якщо автобус рухається протилежно напрямку вибраної осі руху, то $x = 500 - 20t$.

3. На рис. 2 зображено графік, який характеризує рух зайця. Визначте:

- 1) з якою швидкістю заєць рухався, доки не зупинився;
- 2) протягом якого часу заєць відпочивав;
- 3) який шлях він подолав за 30 с.

Побудуйте графік залежності швидкості від часу.

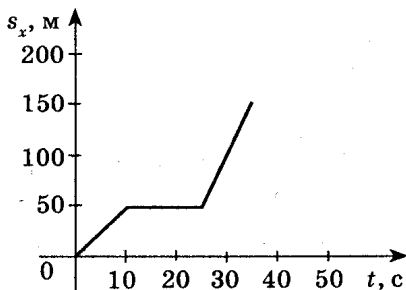


Рис. 2

Розв'язання

- 1) З якою швидкістю заєць рухався до зупинки?

За графіком визначаємо, що до зупинки заєць пробіг шлях 50 м за 10 с.

Отже, $v_x = \frac{s_x}{t}$; $[v] = \text{м/с}$; $v_x = \frac{50}{10} = 5$ (м/с).

- 2) Протягом якого часу заєць відпочивав?

За графіком визначаємо, що заєць відпочивав протягом того часу, коли шлях не змінювався, тобто $\Delta t = 25 \text{ с} - 10 \text{ с} = 15 \text{ с}$.

- 3) Який шлях він подолав за 30 с?

За графіком визначаємо, що за наступні 5 с заєць пробіг ще 50 м. Побудуємо графік залежності проекції швидкості від часу. Графік залежності шляху від часу можна поділити на три ділянки:

I — $v_{1x} = 5$ м/с;

II — $v_{2x} = 0$;

III — $v_{3x} = \frac{50}{5} = 10$ (м/с).

Будуємо графік (рис. 3).

4. Рух двох велосипедистів задано рівняннями $x_1 = 5t$ і $x_2 = 150 - 10t$. Визначте час і місце зустрічі велосипедистів:
а) аналітично; б) графічно.

Розв'язання

- а) У місці зустрічі $x_1 = x_2$; $5t = 150 - 10t$; $15t = 150$; $t = 10$ с — час зустрічі;

$x_1 = 5 \cdot 10 = 50$ (м) — місце (координата) зустрічі.

- б) Побудуємо в одній координатній площині графіки руху обох велосипедистів і за точкою перетину прямих визначимо час і місце зустрічі (рис. 4).

t	0	10
x_1	0	50

t	0	5
x_2	150	100

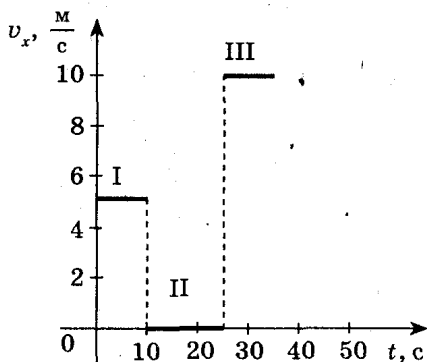


Рис. 3

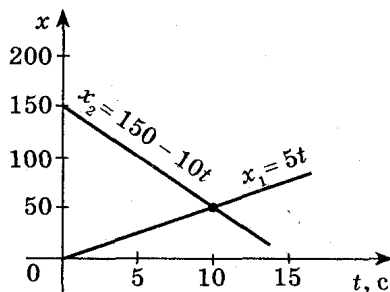


Рис. 4

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумки уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.

2. Розв'язати задачу.

На рис. 5 показано положення автомобіля і автобуса. Автобус рухається вправо зі швидкістю 20 м/с, а автомобіль вліво зі швидкістю 15 м/с. Запишіть рівняння руху цих тіл. Знайдіть:

- а) координату автобуса через 5 с;
- б) координату автомобіля і пройдений шлях через 10 с;
- в) час і місце їх зустрічі графічно і аналітично.

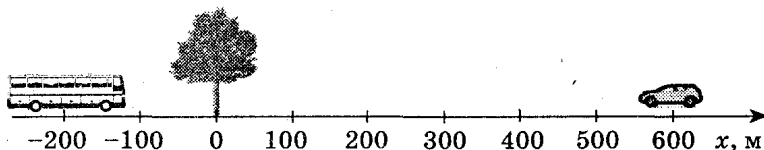


Рис. 5

УРОК № 7/5

Тема. Рівноприскорений рух. Прискорення. Швидкість тіла і пройдений шлях. Графіки руху.

Мета: ознайомлення учнів із поняттям прямолінійного рівномірного руху та його характеристиками: прискоренням, середньою й миттєвою швидкостями, рівняннями шляху та координатами, графіками, які описують даний вид руху.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Аргументоване пояснення

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	18	Пояснення з елементами евристичної бесіди. Самостійна робота з підручником. Метод «Ланцюжок»
VI. Закріплення нового матеріалу	16	Тест для самоперевірки
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя. Метод «Ключові слова»

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фронтальне опитування

1. Що називають механічним рухом?
2. Який рух називають прямолінійним?
3. Який рух називається рівномірним?
4. Які основні характеристики рівномірного руху?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття рівноприскореного руху. Прискорення як фізична величина.
2. Миттєва і середня швидкості.
3. Переміщення. Рівняння руху для прямолінійного рівноприскореного руху.
4. Графіки руху.

IV. Мотивація навчальної діяльності

На попередніх уроках ми розглядали прямолінійний рівномірний рух, за якого тіло рухається зі сталою швидкістю. Але

людині в повсякденному житті найчастіше доводиться стикатися з нерівномірним прямолінійним рухом. Так, потяг, відходячи від станції, поступово набирає швидкості, а при підході до станції його швидкість зменшується; ракета, злітаючи, збільшує свою швидкість спочатку повільно, а потім летить дедалі швидше й швидше. Отже, вивчення нерівномірного прямолінійного руху є важливим питанням механіки..

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Поняття рівноприскореного руху. Прискорення як фізична величина

Як було вже зазначено, за різних обставин швидкість тіла може змінюватись.

Змінним називають рух зі змінною швидкістю. Окремим випадком змінного руху є рівноприскорений рух.

Рівноприскорений прямолінійний рух — це такий рух, за якого за будь-які рівні проміжки часу швидкість тіла змінюється на однакову величину і траєкторія руху є пряма лінія.

Якщо за такого руху швидкість тіла збільшується, то його називають рівноприскореним, а якщо зменшується — рівноуповільненим. (У деяких навчальних посібниках рух називають завжди рівноприскореним, але з додатнім чи від'ємним прискоренням.)

Однією з головних характеристик рівноприскореного руху є прискорення. Охарактеризуємо його за узагальненим планом фізичної величини (див. додаток 14).

Характеристика прискорення як фізичної величини

1. Прискорення характеризує швидкість зміни швидкості руху тіла.
2. Прискорення — векторна фізична величина, яка визначається відношенням зміни швидкості тіла до часу, протягом якого ця зміна відбулася.
3. $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$.
4. $[a] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
5. Прискорення визначається методом непрямих вимірювань.

Прискорення рівноприскореного руху — величина стала.

У випадку рівноприскореного руху, коли початкова швидкість менша за кінцеву, прискорення є додатною величиною (рис. 1, а),

а у випадку рівноприскореного, коли початкова швидкість більша за кінцеву, прискорення є від'ємною величиною (рис. 1, б).

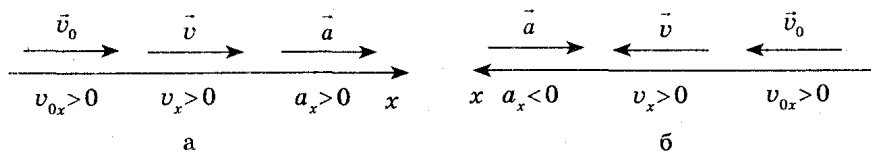


Рис. 1

2. Миттєва і середня швидкості

У випадку рівномірного руху швидкість є сталою на будь-якій ділянці шляху. А ось у випадку нерівномірного руху, яким є і рівноприскорений рух, на кожному, навіть дуже маленькому інтервалі шляху, швидкість відрізняється за модулем від значення швидкості на сусідніх ділянках. Тому для характеристики швидкості рівноприскореного прямолінійного руху введено поняття «середня швидкість на ділянці шляху» і «миттєва швидкість у даній точці».

Робота за підручником

Варіант 1

1. Опрацювати частину тексту параграфа, запропонованого учителем.
2. Дати відповідь на запитання: для чого було введено поняття «середня швидкість на ділянці шляху»?
3. Охарактеризувати середню швидкість як фізичну величину за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14), записуючи характеристику у відповідну частину таблиці на с. 42.

Варіант 2

1. Опрацювати частину тексту параграфа, запропонованого учителем.
2. Дати відповідь на запитання: для чого було введено поняття «миттєва швидкість у даній точці»?
3. Охарактеризувати миттєву швидкість як фізичну величину за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14), записуючи характеристику у відповідну частину таблиці.

Після завершення виконання завдання здійснюється перевірка роботи учнів, організована за методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).

Середня і миттєва швидкості як фізичні величини

Середня швидкість	Миттєва швидкість
1. Яке явище характеризує	
Характеризує рух тіла на певній ділянці траєкторії, але не дає інформації про рух у певній точці траєкторії (у певний момент часу)	Характеризує рух тіла в певній точці траєкторії (у певний момент часу)
2. Означення	
Середня швидкість на даній ділянці траєкторії — це векторна фізична величина, що визначається відношенням переміщення до часу, за який це переміщення відбулося. Напрямок середньої швидкості на даній ділянці збігається з напрямом переміщення	Миттєва швидкість — це векторна фізична величина, що визначається відношенням дуже малого переміщення до проміжку часу, за який це переміщення відбулося. Напрямок миттєвої швидкості збігається з напрямом переміщення
3. Формули, які пов'язують дану фізичну величину з іншими	
$\vec{v}_{\text{сер}} = \frac{\vec{s}}{t}.$ Якщо шлях розбито на n ділянок, то: $\vec{v}_{\text{сер}} = \frac{\vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \dots + \vec{s}_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$	$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t},$ $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$
4. Одиниця в СІ	
$[v_{\text{сер}}] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$
5. Способи вимірювання	
Вимірюється шляхом непрямих вимірювань	1) Основний спосіб — прямі вимірювання за допомогою спідометра або радара. 2) Метод непрямих вимірювань

3. Переміщення. Рівняння руху для прямолінійного рівноприскореного руху

Рівняння руху для прямолінійного рівноприскореного руху:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t.$$

Модуль переміщення (шлях) для прямолінійного рівноприскореного руху визначається за формулами:

$$s = v_{\text{ср}} t, \quad s = \frac{v_0 + v}{2} t.$$

Оскільки при рівнозмінному русі за кожную одиницю часу швидкість руху тіла змінюється на однакове значення, тобто лінійно протягом часу, середню швидкість рівнозмінного руху можна визначити як середнє арифметичне кінцевої і початкової швидкості:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}.$$

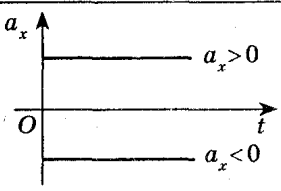
Координата тіла в даний момент часу для рівноприскореного руху:

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2};$$

Це рівняння є розв'язанням основної задачі механіки для рівноприскореного руху, оскільки визначає положення тіла в даний момент часу за відомими початковими умовами.

4. Графіки руху

До зошитів достатньо внести лише графіки (опис можна внести за бажанням вдома самостійно).

Назва графіка	Графік	Опис графіка
Графік проєкції прискорення $a_x = a_x(t)$		Прискорення рівноприскореного руху є величиною стала, тому залежність проєкції прискорення від часу — пряма, паралельна осі часу t . Якщо проєкція додатна, то пряма розміщується над віссю, якщо від'ємна — під нею

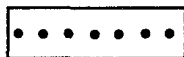
Назва графіка	Графік	Опис графіка
Графік проекції швидкості $v_x = v_x(t)$		Лінійна залежність проекції швидкості від часу є лінійною функцією $v_x = v_{0x} \pm a_x t$. Отже, залежність проекції швидкості від часу — пряма, що розміщується під кутом до осі часу t і перетинає вісь ординат на відстані v_{0x} від початку координат
Графіки проекції переміщення та координати $s_x = s_x(t) \text{ та } x = x(t)$	$a_x > 0$ $a_x < 0$ а б	Кінематичне рівняння переміщення й координати від часу є квадратними рівняннями $s_x = v_{0x}t \pm \frac{a_x t^2}{2}$ і $x = \pm x_0 + v_{0x}t \pm \frac{a_x t^2}{2}$. Тому графіками залежностей проекції переміщення і координати є параболи, вітки яких згідно з параметрами руху мають різний вигляд (випадки а і б)

VI. Закріплення нового матеріалу

Тест для самоперевірки

Виберіть правильну, на вашу думку, відповідь.

- На рисунку крапками позначено положення тіла через однакові інтервали часу. Виберіть тіло, яке рухається зі швидкістю, що зростає.



А



Б

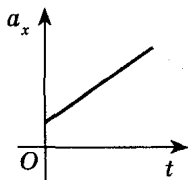


В

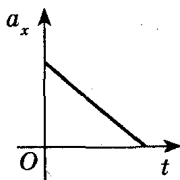


Г

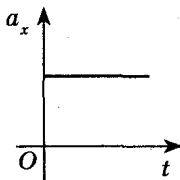
- На рисунку виберіть графік проекції прискорення, що описує рівноприскорений прямолінійний рух.



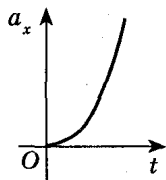
А



Б

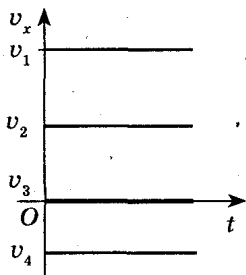


В



Г

- Виберіть рядок, у якому наведено швидкості у порядку зростання модуля швидкості (див. рисунок).



А v_2, v_4, v_1, v_3

Б v_3, v_4, v_2, v_1

В v_2, v_1, v_4, v_3

Г v_4, v_1, v_2, v_3

- Прискоренням називають векторну величину, яка визначається:

А відношенням швидкості до інтервалу часу

Б добутком швидкості та інтервалу часу, протягом якого тіло рухалося

В відношенням зміни швидкості до інтервалу часу, за який ця зміна сталася

Г відношенням зміни шляху до інтервалу часу, за який ця зміна сталася

5. Виберіть одиницю прискорення в СІ.
 А м/с Б м·с В м/с² Г м·с²
6. Виберіть означення прямолінійного рівнозмінного руху.
 А Рух, за якого за будь-які рівні інтервали часу здійснюються однакові переміщення
 Б Рух, за якого за рівні інтервали часу здійснюються однакові переміщення
 В Рух, що відбувається по прямолінійній траєкторії
 Г Рух, під час якого за будь-які рівні інтервали часу швидкість тіла змінюється однаково
7. Швидкість руху тіла змінюється за законом $v_x = 40 - 4t$. Визначте модуль прискорення і характер руху тіла.
 А $a = 4$ м/с²; у напрямі осі OX ; зменшує швидкість руху
 Б $a = 4$ м/с²; у напрямі осі OX ; збільшує швидкість руху
 В $a = 40$ м/с²; у напрямі, протилежному осі OX ; збільшує швидкість руху
 Г $a = 4$ м/с²; у напрямі, протилежному осі OX ; збільшує швидкість руху
8. Пішохід за перші 200 с пройшов 240 м, за наступні 100 с — 180 м. Визначте швидкість руху пішохода на кожній ділянці та середню швидкість.
 А 1,2 м/с; 1,8 м/с; 1,5 м/с
 Б 1,4 м/с; 1,8 м/с; 1,6 м/с
 В 1,2 м/с; 1,8 м/с; 1,4 м/с
 Г 2,4 м/с; 1,2 м/с; 1,8 м/с

Відповіді до тесту

1	2	3	4	5	6	7	8
Б	В	Б	В	В	Г	А	В

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, застосовуючи метод «Ключові слова» (див. додаток 4).

Домашнє завдання

- Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
- Учням, які виконували варіант 1, — заповнити таблицю «Миттєва швидкість»; учням, які виконували варіант 2, — заповнити таблицю «Середня швидкість».

Розв'язати задачі.

- 1) Протягом 10 с автомобіль рухався прямолінійно з прискоренням $0,5 \text{ м/с}^2$ і досяг швидкості 20 м/с. Визначити початкову швидкість руху автомобілю.
- 2) Перші 5 с тіло рухалось рівномірно зі швидкістю 4 м/с, а наступні 6 с — з прискоренням 2 м/с^2 , напрямленим так само, як і швидкість. Яким є переміщення тіла за весь час руху?

УРОК № 8/6

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про рівноприскорений прямолінійний рух та його основні характеристики; продовження формування в учнів навичок і вмінь розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	10	Фізичний диктант
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Пояснення, бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис у зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, коментар вчителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фізичний диктант

Закінчіть речення так, щоб отримати правильне твердження.
(Учитель читає речення, учні записують тільки його закінчення.)

1. Рух, за якого за будь-які рівні проміжки часу швидкість руху тіла змінюється на однакову величину і траєкторією руху є пряма лінія, називається... (прямолінійним рівноприскореним)
2. Величина, що характеризує швидкість зміни швидкості руху тіла, називається... (прискоренням)

3. Прискорення обчислюється за формулою...
$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

4. Одиницею прискорення є... (м/с²)

5. Величина, що характеризує рух тіла на певній ділянці траєкторії, але не дає інформації про рух у певній точці траєкторії (у певний момент часу), називається... (середньою швидкістю)

6. Середня швидкість, якщо шлях поділено на три ділянки, обчислюється за формулою...
$$\bar{v}_{\text{сер}} = \frac{\bar{s}_1 + \bar{s}_2 + \bar{s}_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

7. Спідометром вимірюється швидкість... (миттєва)

8. Проекція переміщення на вісь Ox для рівноприскореного руху визначається за формулою...
$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

9. Розв'язанням основної задачі механіки для прямолінійного рівноприскореного руху є...
$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

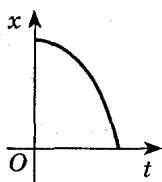
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему, мету уроку та звертає увагу учнів на типи задач, які будуть розв'язані на уроці.

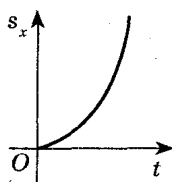
IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

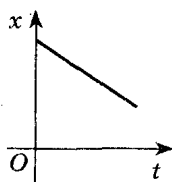
1. На рисунку подано графіки зміни кількох характеристик прямолінійного руху точки з часом. Чи всі вони відбулися зі сталим прискоренням? (Тільки на графіках a і b .)



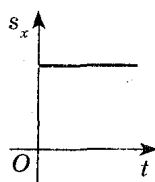
а



б

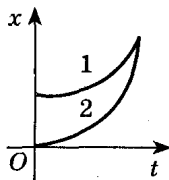


в



г

2. На рисунку подано графіки руху двох точок. Яка відмінність у їх рухах? Що означає точка перетину графіків? (Точки мали різні початкові координати, друга рухалась з більшим прискоренням, точка перетину — це точка їхньої зустрічі.)



3. На першому метрі руху від старту бігун досяг швидкості 2 м/с. Чи дорівнюватиме його швидкість на другому метрі при сталому прискоренні 4 м/с? (Ні, приріст швидкості менший за 2 м/с.)

Розв'язування задач (письмово)

1. Спортсмен біжить стадіоном. Перше коло він пробіг зі швидкістю 11 км/год, а друге — зі швидкістю 9 км/год. Обчисліть середню швидкість руху спортсмена протягом двох кіл.

Дано:

$$v_1 = 11 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$v_2 = 9 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$v_{\text{сеп}} = ?$$

Розв'язання

$$s_1 = s_2 = s; \quad v_{\text{сеп}} = \frac{s + s}{t_1 + t_2} = \frac{2s}{t_1 + t_2}$$

$$t_1 = \frac{s}{v_1}; \quad t_2 = \frac{s}{v_2};$$

$$v_{\text{сеп}} = \frac{2s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2s}{\frac{v_2 s + v_1 s}{v_1 v_2}} = \frac{2s v_1 v_2}{s(v_1 + v_2)}; \quad v_{\text{сеп}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2};$$

$$\left[v_{\text{сеп}} \right] = \frac{\frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \frac{\text{км}}{\text{год}}}{\frac{\text{км}}{\text{год}} + \frac{\text{км}}{\text{год}}} = \frac{\text{км}}{\text{год}}; \quad v_{\text{сеп}} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 11}{9 + 11} = 9,9 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right).$$

Відповідь: $v_{\text{сеп}} = 9,9 \text{ км/год}$.

2. Залежність швидкості руху матеріальної точки від часу задана рівнянням $v_x = 6t$. Напишіть залежність $x = x(t)$, якщо в початковий момент часу $t_0 = 0$ рухома точка знаходилась у початку координат $x_0 = 0$. Обчисліть шлях точки за 10 с.

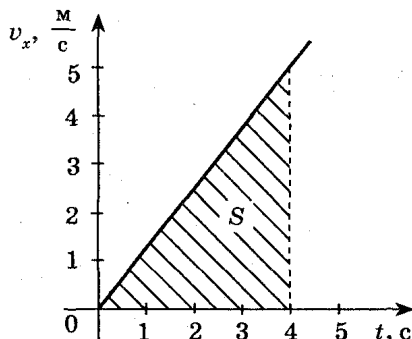
Дано:	Розв'язання
$v_x = 6t$	$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. За умовою $x_0 = 0$.
$t = 10$ с	
$t_0 = 0$	З рівняння $v_x = 6t$ маємо: $v_{0x} = 0$, $a_x = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
$x_0 = 0$	
$x = ?$	$x = \frac{6t^2}{2} = 3t^2$; $x = 3t^2$; $x = 3 \cdot 10^2 = 300$ (м).

Відповідь: $x = 3t^2$, $x = 300$ м.

3. Рівняння руху матеріальної точки має вигляд $x = 0,4t^2$. Напишіть залежність $v_x = v_x(t)$ і побудуйте її графік. Заштрихуйте на графіку площину, яка чисельно дорівнює шляху, пройдемому точкою за 4 с, і обчисліть її шлях.

Дано:	Розв'язання
$x = 0,4t^2$	$v_x = v_{0x} + a_x t$.
$t_1 = 4$ с	З рівняння $x = 0,4t^2$ маємо:
$v_x = v_x(t) - ?$	$x_0 = 0$; $v_{0x} = 0$, $a_x = 0,8 \text{ м/с}^2$.
$s_x - ?$	Отже, $v_x = 0,8t$.

Побудуємо графік залежності проекції швидкості від часу (див. рисунок).



Обчислимо шлях матеріальної точки за формулою $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$.

Оскільки $v_{0x} = 0$, то $s_x = \frac{a_x t^2}{2}$.

$$[s_x] = \frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2} = \text{м}; \quad s_x = \frac{0,8 \cdot 4^2}{2} = 0,4 \cdot 16 = 6,4 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $v_x = 0,8t$, $s_x = 6,4$ м.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Підготуватися до лабораторної роботи.
3. Розв'язати задачі.
 - 1) Мотоцикліст першу частину часу проїхав зі швидкістю 100 км/год, а другу — зі швидкістю 80 км/год. Обчисліть середню швидкість руху мотоцикліста на всьому шляху.
 - 2) Рух матеріальних точок задано рівняннями $x = 2t - t^2$ і $x = -4t + 2t^2$. Визначте час і місце, де ці точки зустрінуться. Напишіть залежність $v_x = v_x(t)$ для кожного випадку. Побудуйте графіки цих залежностей.

УРОК № 9/7

Тема. Лабораторна робота № 1 «Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі».

Мета: закріплення в учнів знань про рівноприскорений рух та удосконалення ними засвоєних раніше знань шляхом проведення досліду з визначення прискорення тіла, яке рухається рівноприскорено.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

Обладнання: набори кульок однакового розміру, але виготовлених із різних матеріалів, жолоб, секундомір, штатив з муфтою, циліндр, вимірювальна стрічка (набори обладнання з урахуванням кількості груп учнів).

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація й коригування опорних знань	4	Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку, мотивація навчальної діяльності	2	Метод «Гірлянда питань»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій	10	Робота в групах
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем та за допомогою учителя	20	
VI. Узагальнення й систематизація учнями результатів роботи	6	Метод «Гірлянда питань»
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Евристична бесіда

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація й коригування опорних знань

Учитель оголошує тему лабораторної роботи та пропонує учням самостійно визначити, які теоретичні питання необхідно повторити до проведення лабораторної роботи, та за потреби вносять корективи у відповіді учнів.

Запитання до класу

1. Який рух називається рівноприскореним?
2. Які основні характеристики рівноприскореного руху?
3. Характеристика прискорення як фізичної величини.

Перевірка останнього запитання здійснюється методом «Ланцюжок» (див. додаток 8) за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку,

мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням самостійно визначити мету роботи.

Мотивацію навчальної діяльності можна здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Чи вплине на досягнення результату робота кожного члена групи?
4. Що в даній роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій

Лабораторну роботу рекомендовано проводити в групі з чотирьох учнів. Групування проводиться за одним із методів «Утворюємо групу» (див. додаток 15) попередньо або на уроці.

Учитель інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці. Оскільки ця робота є першою в навчальному році, учитель нагадує учням критерії оцінювання лабораторної роботи.

Робота в групах

1. За наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи слід визначити мету роботи, з'ясувати призначення обладнання, вивчити хід проведення роботи та способи обчислення похибок.
2. Після закінчення роботи з текстом учні обговорюють незрозумілі операції чи дії, що траплялися під час виконання лабораторної в групі.
3. Розподіл функцій у групі:
 - 1-й учень — спікер; читає і пояснює за необхідності інструктаж щодо виконання роботи;
 - 2-й учень — дослідник; виконує експеримент (працює з обладнанням);
 - 3-й учень — секретар; веде протокол досліду (записує всі отримані результати);
 - 4-й учень — аналітик; обчислює шукані величини, аналізує їх імовірність та обчислює похибки.

V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем та за допомогою учителя

Учні самостійно виконують лабораторну роботу. Під час проведення експериментів (рекомендовано повторити дослід 4 рази) учні змінюють свої функції.

Учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Узагальнення й систематизація учнями результатів роботи

Обговорення питань з учнями на даному етапі рекомендовано здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Яких результатів досягли в даній лабораторній роботі?
2. Чи є ці результати передбачуваними і реальними?

3. Чи виникли труднощі під час виконання даної роботи?
Як вдалося їх подолати?
4. За яких причин у лабораторній роботі могли виникнути помилки? Як можна було б їх зменшити?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи.
2. Виконати творче завдання.
Запропонувати інший спосіб виконання лабораторної роботи зі знаходження прискорення рівноприскореного руху.

УРОК № 10/8

Тема. Вільне падіння.

Мета: ознайомлення учнів з поняттям вільного падіння та фізичною сталою — прискоренням вільного падіння.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: трубка Ньютона, пір'їна, свинцева шротинка, два однакові аркуші паперу.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	16	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фронтальне опитування

1. Сформулюйте означення прямолінійного рівноприскореного руху.
2. Назвіть основні характеристики цього руху.
3. Заповніть ліву частину наведеної таблиці:

Кінематичні рівняння	Рівняння, які описують вільне падіння
Швидкість:	Швидкість:
Шлях:	Шлях (висота польоту):
Рівняння руху:	Рівняння руху:

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття вільного падіння.
2. Прискорення вільного падіння.
3. Формули, які описують вільне падіння.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Поняття вільного падіння

З повсякденного життя нам відомо, що земне тяжіння змушує тіла, які позбавлені зв'язку, падати на поверхню Землі. Наприклад, вантаж, підвішений на нитці, висить нерухомо, але якщо перерізати нитку, то він починає падати вниз, поступово збільшуючи швидкість. М'яч, кинутий вертикально вгору, спочатку зменшує швидкість, на мить зупиняється, а потім починає падати вниз, збільшуючи швидкість.

Запитання до класу. Про який вид руху йдеться у цих випадках? Чому?

Отже, розглянутий рух — прямолінійний прискорений рух по вертикалі, бо м'яч збільшував швидкість.

Демонстрація 1. Два однакові аркуші паперу одночасно кинути з однакової висоти. Вони досягнуть поверхні землі майже одночасно. Зім'яти один із аркушів і знову одночасно кинути аркуші з однакової висоти. Зім'ятий аркуш досягне землі швидше.

Учитель пропонує учням пояснити дослід.

Оскільки тіла падають в повітрі, на них, крім земного тяжіння, впливає ще й сила опору повітря. Площа зім'ятого аркуша менша, тож на нього діє менша сила опору, а значить, цей аркуш падає швидше.

Отже, опір повітря впливає на падіння тіл, тому для вивчення законів падіння слід вивчати падіння тіл за відсутності опору повітря.

Демонстрація 2. Падіння тіл — пір'їнки та шротинки — у трубці Ньютона у повітрі та вакуумі (рис. 1).

Завдання класу. Учитель пропонує учням пояснити цей дослід і відповісти на запитання.

1. Чому у повітрі шротинка досягла дна трубки першою?
2. Чи можна сказати, що у вакуумі шротинка і пір'їнка падають рівномірно?

Вільним падінням називають падіння тіл в безповітряному просторі (вакуумі).

Закони вільного падіння були встановлені в XVI ст. італійським вченим Галілео Галілеєм (1564–1642), засновником експериментального методу дослідження в науці.

■ 2. Прискорення вільного падіння

Галілей встановив, що вільне падіння — це не просто прискорений рух, а рівноприскорений рух; прискорення вільного падіння в певному місці Землі є сталим для всіх тіл і не залежить від маси тіл, які падають.

Запитання до класу

Чи переконали вас переглянуті демонстрації, що прискорення, з яким падають тіла, не залежить від маси тіл? Поясніть свою думку.

Є ще один метод — стробоскопічний, який може переконати, що вільне падіння — це рівноприскорений рух. Якщо сфотогра-

фувати кульку, що падає, на фоні лінійки, освітлюючи її почергово через рівні проміжки часу, починаючи від початку руху, то легко встановити таке: за рівні інтервали часу кулька проходить різні відстані, причому вони весь час пропорційно збільшуються (рис. 2).

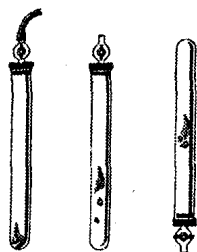


Рис. 1

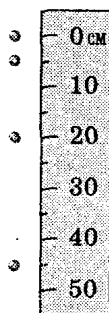


Рис. 2

Порівняння відношення переміщень і квадратів часу доводить, що вільне падіння є рівноприскореним рухом.

Прискорення вільного падіння позначається символом g .

Це векторна величина, яка завжди напрямлена вертикально вниз — до центру Землі, не залежить від маси тіл, що падають.

Експериментальним шляхом встановлено, що середнє значення прискорення вільного падіння $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ (для грубих розрахунків $g \approx 10 \text{ м/с}^2$).

Але прискорення вільного падіння залежить від географічної широти місцевості, в якій воно визначено, та висоти над рівнем моря. Так, на середніх широтах $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, тоді як біля екватора $9,78 \text{ м/с}^2$, а на полюсах $9,83 \text{ м/с}^2$. Наприклад, у Берліні, Одесі, Токіо воно відповідно дорівнює $9,813 \text{ м/с}^2$, $9,802 \text{ м/с}^2$, $9,798 \text{ м/с}^2$. Ця різниця значень зумовлена обертанням Землі навколо своєї осі.

Слід згадати про ще один цікавий факт. Величина прискорення вільного падіння також залежить від густини земних порід. У місцях залягання залізних руд воно більше, ніж там, де породи мають меншу густину. Це пояснюється підсиленням тяжіння в місці залягання руди. На цьому факті заснована розвідка корисних копалин.

Прискорення вільного падіння є різним біля поверхні різних планет та небесних об'єктів, бо залежить від деяких їхніх характеристик (про це мова піде в темі «Гравітаційні взаємодії»). Так, для Меркурія $g = 3,68 \text{ м/с}^2$, Урана — $g = 8,86 \text{ м/с}^2$, Юпітера — $g = 23,95 \text{ м/с}^2$, для Місяця та Сонця — $1,62 \text{ м/с}^2$ і $273,1 \text{ м/с}^2$ відповідно.

3. Формули, які описують вільне падіння

До вільного падіння застосовують всі формули рівноприскореного руху, замінюючи шлях s на висоту h , а прискорення a — на прискорення вільного падіння g .

Учні записують наведені формули:

Вільне падіння
Рівняння швидкості: $v_y = v_{0y} + g_y t$.
Рівняння координати: $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$.
Рівняння переміщення: $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$.

V. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач (усно)

1. Чи можна застосувати формулу $v = \sqrt{2gh}$ для визначення швидкості падіння тіла з висоти 1 км на поверхню Землі? Місяця? (Так, але оскільки на Місяці немає повітря, формула даватиме меншу похибку.)
2. Чи можна, спостерігаючи падіння в повітрі двох різних за масою, але однакових за розміром металевих куль, відрізнити їх? (У повітрі за наявності опору куля меншої маси набуде меншої швидкості і впаде другою.)

Розв'язування задач (письмово)

1. На Місяці прискорення вільного падіння приблизно в 6 разів менше, ніж на Землі. Порівняйте час падіння і кінцеві швидкості тіл при падінні з однакової висоти.

Дано:

$$v_0 = 0$$

$$h_3 = h_M, \quad \frac{g_3}{g_M} \approx 6$$

$$\frac{t_3}{t_M} = ? \quad \frac{v_3}{v_M} = ?$$

Розв'язання

Спроекутававши рівняння координати

$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$ на вісь Oy , отримаємо:

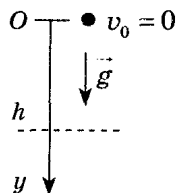
$$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \frac{t_3}{t_M} = \frac{\sqrt{\frac{2h}{g_3}}}{\sqrt{\frac{2h}{g_M}}} = \sqrt{\frac{g_M}{g_3}} = \frac{1}{\sqrt{6}}.$$

Спроектувавши рівняння переміщення $h_y = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2g_y}$

на вісь Oy , отримаємо $h = \frac{v^2}{2g}$.

$$\text{Звідси } v = \sqrt{2gh}, \quad \frac{v_3}{v_M} = \frac{\sqrt{2g_3 h}}{\sqrt{2g_M h}} = \sqrt{\frac{g_3}{g_M}} = \sqrt{6}.$$

$$\text{Відповідь: } \frac{t_3}{t_M} = \frac{1}{\sqrt{6}}; \quad \frac{v_3}{v_M} = \sqrt{6}.$$



2. Якої початкової швидкості треба надати каменю, якщо його кидають вертикально вниз із мосту заввишки 20 м, щоб він досяг поверхні води через 1 с? На скільки б довше тривало падіння каменя з тієї самої висоти за відсутності початкової швидкості?

Дано: Розв'язання

$$h = 20 \text{ м} \quad y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad Oy: \quad h = v_{01}t_1 + \frac{gt_1^2}{2}, \quad v_{01}t_1 = h - \frac{gt_1^2}{2},$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$v_{02} = 0$$

$$v_{01} = ?$$

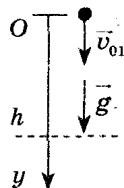
$$t_2 = ?$$

$$v_{01} = \frac{h}{t_1} - \frac{gt_1}{2}, \quad [v_{01}] = \frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$v_{01} = \frac{20}{1} - \frac{10 \cdot 1}{2} = 20 - 5 = 15 \text{ (м/с)}.$$

$$Oy: \quad h = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad [t_2] = \sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{с}^2}{\text{м}}} = \sqrt{\text{с}^2} = \text{с},$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} = 2 \text{ (с)}, \quad t_2 - t_1 = 2 \text{ с} - 1 \text{ с} = 1 \text{ (с)}.$$



Відповідь: $v_{01} = 15 \text{ м/с}$; падіння каменя з тієї самої висоти за відсутності початкової швидкості тривало б на 1 с більше.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.

2. Заповнити правий стовпець таблиці «Рівняння, які описують вільне падіння».
3. Розв'язати задачу.

Плавець, стрибнувши з п'ятиметрової вишки, занурився у воду на глибину 2 м. Скільки часу і з яким прискоренням він рухався у воді?

УРОК № 11/9

Тема. Рівномірний рух по колу. Період обертання і обертова частота. Лінійна й кутова швидкість.

Мета: формування знань про особливий вид криволінійного руху — рух по колу та його характеристики: період і частоту обертання, лінійну та кутову швидкість, доцентрове прискорення.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: фото для демонстрації напряму швидкості під час руху по колу (слайд-шоу), програвач дисків або вентилятор, що працюють на різних частотах обертання.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	2	Розв'язування задачі з коментарем учителя
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	1	Аргументоване пояснення
V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Застосування набутих знань	14	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Пояснення, інструктаж учителя

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Учитель пояснює розв'язання задачі із домашнього завдання (задача записана на дошці), супроводжуючи пояснення запитаннями до учнів.

Дано:

$$h_1 = 5 \text{ м}$$

$$h_2 = 2 \text{ м}$$

$$v_{01} = 0 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0 \text{ м/с}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

а — ?

t — ?

Розв'язання

Система відліку «Земля».

Рух у повітрі — вільне падіння (опором повітря нехтуємо).

Оскільки $v_{01} = 0$, то $h_1 = \frac{v_1^2}{2g} \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{2gh_1}. \text{ Швидкість, з якою}$$

плавець закінчує вільно падати, дорівнює швидкості, з якою плавець входить у воду (рис. 1).

На другому відрізку (у воді) $a_y = -a$, і кінцева швидкість дорівнює нулю ($v_2 = 0$).

$$h_2 = \frac{v_2^2 - v_{02}^2}{-2a} = \frac{v_{02}^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_{02}^2}{2h_2}.$$

$$v_{02} = v_1 = \sqrt{2gh_1}, \quad a = \frac{2gh_1}{2h_2}, \quad a = \frac{gh_1}{h_2}, \quad [a] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

$$a = \frac{9,8 \cdot 5}{2} \approx 25 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

$$t_2 = \frac{v_2 - v_{02}}{-a} = \frac{v_{02}}{a} = \frac{\sqrt{2gh_1}}{a}, \quad t_2 = \frac{h_2 \sqrt{2gh_1}}{gh_1} = h_2 \sqrt{\frac{2}{gh_1}},$$

$$[t_2] = \text{м} \sqrt{\frac{1}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}} = \text{м} \sqrt{\frac{\text{с}^2}{\text{м}^2}} = \text{с}, \quad t_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{2}{9,8 \cdot 5}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (с)}.$$

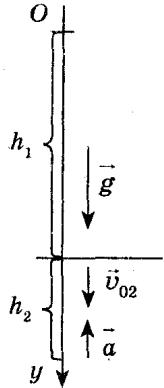
Відповідь: $a = 25 \text{ м/с}^2$, $t = 0,4 \text{ с}$.

Рис. 1

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, який записано на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і, якщо потрібно, вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття рівномірного руху по колу. Лінійна і кутова швидкість.
2. Період обертання та обертова частота.
3. Доцентрове прискорення.

IV. Мотивація навчальної діяльності

До цього часу ми розглядали прямолінійний рух. Хоча в природі і техніці часто зустрічається більш складний рух — криволінійний (рух по кривих лініях). Рух кривих ліній завжди можна подати як сукупність дуг кіл різних радіусів (рис. 2). Тому, вивчивши рух матеріальної точки по колу, ми можемо в подальшому за необхідності вивчати і будь-які інші криволінійні рухи. Крім того, з різних криволінійних рухів у техніці значно розповсюджений обертальний рух машин і механізмів. Наприклад, обертуються шестерінки машин і верстатів, деталей, що обробляються на токарних верстатах, фрезери, свердла тощо. Будь-яка точка цих деталей рухається по колу. Ці дві особливості і зумовлюють обов'язковість вивчення руху по колу.

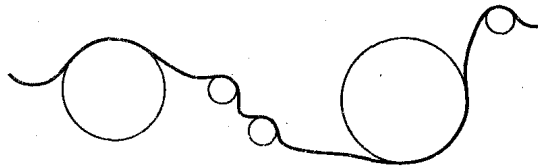


Рис. 2

V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Поняття рівномірного руху по колу. Лінійна й кутова швидкість

Під час прямолінійного руху траєкторія руху — пряма лінія, а напрям вектора швидкості завжди збігається з напрямом переміщення. Що можна сказати про напрям переміщення та швидкості при криволінійному русі? Які ще характеристики його описують?

У шкільному курсі ми вивчаємо найпростіший вид криволінійного руху — рівномірний рух по колу.

Рівномірний рух матеріальної точки по колу — це рух, за якого тіло за будь-які рівні проміжки часу здійснює однакові переміщення, тобто проходить дуги рівної довжини.

Наприклад, тіло рухається з точки A в точку B по криволінійній траєкторії (рис. 3). При цьому пройдений шлях — це довжина дуги AB , а модуль переміщення — це довжина хорди AB (власне переміщення спрямовано вздовж цієї хорди).

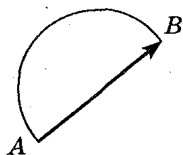


Рис. 3

Вектор швидкості руху тіла напрямлений уздовж хорди, тобто вздовж вектора переміщення. Якщо зробити лінійні ділянки більш короткими, то вектор швидкості на кожній із них все одно напрямлений уздовж хорди. Продовжуючи зменшувати довжину прямолінійних ділянок, ми наближаємо ламану лінію до плавної кривої. Вектор швидкості на кожній із них, як і раніше, напрямлений уздовж хорди і виявляється напрямленим по дотичній до кривої в даній точці (рис. 4). Цю швидкість називають лінійною (або миттєвою) швидкістю.

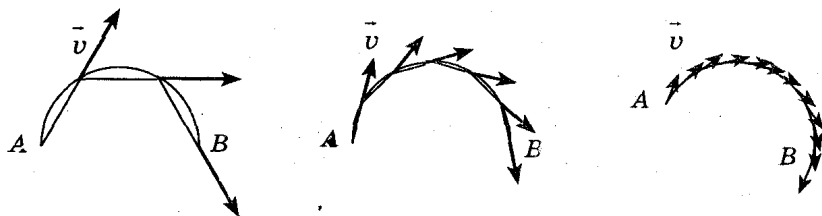


Рис. 4

Лінійна, або миттєва, швидкість — це швидкість, з якою тіло рухається по колу.

Модуль лінійної швидкості можна визначити відношенням довжини дуги до часу, за який ця дуга пройдена.

Лінійна швидкість у кожній точці криволінійної траєкторії спрямована по дотичній до траєкторії. У цьому нескладно переконатися, розглянувши демонстрації.

Демонстрація 1 (слайд-шоу, малюнки, фото тощо).

- Робота на точилі (рис. 5): розжарені частинки, відриваючись, летять по дотичній до кола, по якій деталь торкається до точильного круга.

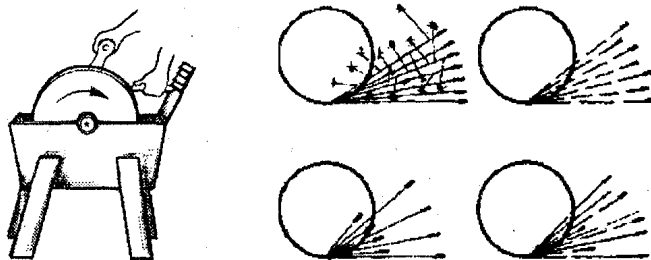


Рис. 5

- Буксування колеса автомобіля (рис. 6): дрібні частинки землі, камінці, бризки води рухаються по дотичній.
- Феєрверк-шоу (рис. 7): розжарені частинки відриваються і рухаються по дотичній до кола. Ця демонстрація може бути показана і наживо за допомогою бенгальського вогню.

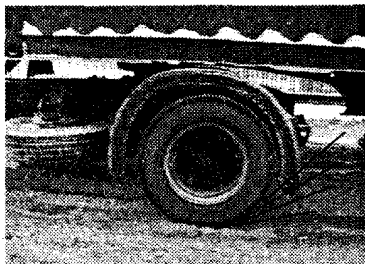


Рис. 6



Рис. 7

Запитання до класу

Що спільного і чим відрізняються лінійна швидкість під час руху по прямій і по колу? (Модуль лінійної швидкості обчислюється як відношення модуля переміщення до часу для обох видів руху, але, на відміну від прямолінійного руху, де вектор швидкості залишається незмінним протягом всього руху, під час руху по колу вектор лінійної швидкості весь час змінює свій напрям, при цьому залишаючись перпендикулярним до радіуса кола.)

Але рух по колу характеризується ще й за допомогою кутової швидкості.

Кутова швидкість рівномірного руху по колу — це швидкість, модуль якої дорівнює куту повороту радіуса, який сполучає матеріальну точку з центром кола, до часу цього повороту (рис. 8).

Кутова швидкість позначається символом ω ; вимірюється в СІ в радіанах на секунду (рад/с).

1 рад/с — це кутова швидкість, за якої за кожну секунду радіус, який сполучає матеріальну точку з центром кола, повертається на кут 1 радіан:

$$\omega = \frac{\varphi}{t},$$

де φ — кут повороту радіуса.

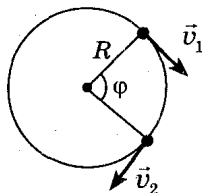


Рис. 8

2. Період обертання та обертова частота

Рівномірний рух по колу є рухом періодичним, тобто таким, за якого всі положення тіла через рівні інтервали часу повторюються. Як періодичний рух він характеризується періодом і частотою обертання.

Період обертання — це відношення часу руху до числа обертань, зроблених за цей час:

$$T = \frac{t}{N}.$$

Фізичний зміст періоду обертання: період — це час, за який тіло здійснює один повний оберт. Під час рівномірного руху по колу період — стала величина.

Період — величина скалярна, в СІ вимірюється в секундах (с).

Обертова частота — це відношення числа обертань до часу, за який вони здійснені:

$$\nu = \frac{N}{t}.$$

Фізичний зміст обертової частоти: частота обертань дорівнює числу обертань за одиницю часу.

Частота — скалярна величина, в СІ вимірюється в 1/с (с^{-1}).

Демонстрація 2. Обертання диска програвача або лопатей вентилятора з різною частотою.

Завдання класу

1. Наведіть приклади пристроїв, де використовується обертання частин із різною частотою.
2. До яких наслідків це приводить у кожному з наведених прикладів?

Учитель коментує формули, які пов'язують деякі величини, що описують рух по колу; учням доречно записати їх у зошит.

Величини, які пов'язує формула	Формули
Період і частота	$T = \frac{1}{\nu}; \nu = \frac{1}{T}$
Кутова швидкість і період	$\omega = \frac{2\pi}{T}$
Кутова швидкість і частота	$\omega = 2\pi\nu$
Лінійна швидкість, період і радіус кола	$\nu = \frac{2\pi R}{T}$
Лінійна швидкість, частота і радіус кола	$\nu = 2\pi R\nu$
Лінійна швидкість, кутова швидкість і радіус кола	$\nu = \omega R$

3. Доцентрове прискорення

Ще одна з важливих характеристик рівномірного руху по колу — доцентрове прискорення.

Завдання класу

Опрацюйте частину тексту параграфа, запропоновану учителем, самостійно складіть характеристику доцентрового прискорення як фізичної величини за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14).

Доцентрове прискорення як фізична величина

1. Доцентрове прискорення характеризує швидкість зміни лінійної швидкості тільки за напрямком.
2. Доцентрове прискорення — це векторна фізична величина, яка в кожній точці кола напрямлена вздовж радіуса до центра кола і чисельно дорівнює відношенню квадрата лінійної швидкості та радіуса кола (рис. 9).

Для рівномірного руху по колу модуль доцентрового прискорення — стала величина.

$$3. \quad \vec{a}_d = \frac{\vec{v}^2}{R}, \quad a_d = \omega^2 R.$$

$$4. \quad [a_d] = \frac{m}{c^2}.$$

5. Визначається шляхом непрямих вимірювань.

Перевірка роботи учнів здійснюється методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).

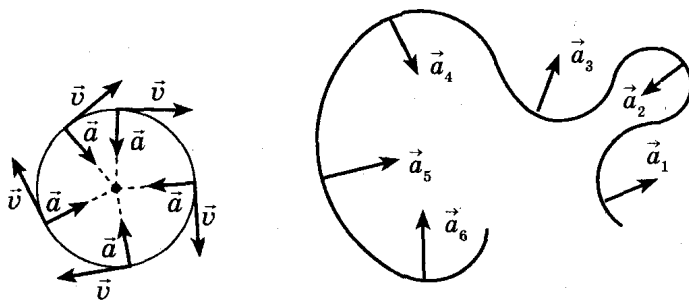


Рис. 9

VI. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Вентилятор здійснює один оберт за 0,5 с. З якою частотою він обертається? (2 с^{-1} .)
2. Частота обертання компакт-диска у CD-приводі 100 с^{-1} . Визначити період обертання диску. ($0,01 \text{ с}$.)
3. З якою лінійною швидкістю рухалось рівномірно тіло по колу радіусом 50 м, якщо за 10 хв воно здійснило 60 обертів?

Дано:	СІ
$R = 50 \text{ м}$	$R = 50 \text{ м}$
$t = 10 \text{ хв}$	$t = 600 \text{ с}$
$N = 60$	$N = 60$
$v = ?$	

Розв'язання

$$v = \frac{2\pi R}{T}, \quad T = \frac{t}{N}, \quad v = \frac{2\pi RN}{t},$$

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 60}{600} = 31,4 \text{ (м/с)}.$$

Відповідь: $v = 31,4 \text{ м/с}$.

Розв'язування задач (письмово)

(Задачу розв'язує учитель із коментарем.)

Хвилинка стрілка вдвічі довша за годинку. Визначте відношення їх доцентрових прискорень.

Дано:	Розв'язання
$T_x = 1 \text{ год}$	$a_d = \frac{v^2}{R}, \quad v = \frac{2\pi R}{T}, \quad a_{\text{дх}} = \frac{(2\pi)^2 R_x^2}{T_x^2 R_x}, \quad a_{\text{дг}} = \frac{(2\pi)^2 R_r^2}{T_r^2 R_r},$
$T_r = 12 \text{ год}$	
$\frac{R_x}{R_r} = 2$	$\frac{a_{\text{дх}}}{a_{\text{дг}}} = \frac{(2\pi)^2 R_x^2}{T_x^2 R_x} \cdot \frac{T_r^2}{(2\pi)^2 R_r} = \left(\frac{T_r}{T_x}\right)^2 \cdot \frac{R_x}{R_r}, \quad \frac{a_{\text{дх}}}{a_{\text{дг}}} = \left(\frac{12}{1}\right)^2 \cdot 2 = 288.$
$\frac{a_{\text{дх}}}{a_{\text{дг}}} = ?$	

Відповідь: $\frac{a_{\text{дх}}}{a_{\text{дг}}} = 288.$

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Кулер мікропроцесора комп'ютера обертається з частотою 3000 об/хв. З яким періодом він обертається?
 - 2) Лінійна швидкість точок робочої поверхні шліфувального круга діаметром 300 мм не повинна перевищувати 35 м/с. Чи можна його насадити на вал, що обертається з частотою 1400 об/хв?
 - 3) Секундна стрілка вдвічі коротша за годинну. У якій з них лінійна швидкість руху кінця стрілки більша? У скільки разів?

УРОК № 12/10

Тема. Контрольна робота № 1 «Кінематика».

Мета: оцінювання знань і вмінь учнів з даної теми; виявлення прогалин у знаннях учнів для подальшого їх усунення.

Тип уроку: контроль і корекція навчальних досягнень учнів.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар учителя, інструктаж щодо виконання контрольної роботи
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота за посібником [2]
III. Домашнє завдання	2	Коментар учителя

Розділ 2. Динаміка. Релятивістська механіка

УРОК № 13/1

Тема. Механічна взаємодія тіл. Сила. Види сил у механіці.

Мета: ознайомлення учнів із поняттями динаміки як розділу фізики, взаємодії як невід'ємної частини матерії; розкриття поняття сили як міри взаємодії; з'ясування видів сил, які розглядаються в механіці.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Метод «Асоціативний куц»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Пояснення вчителя
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Фронтальне опитування. Метод «Тест „Так — ні”»
VII. Підбиття підсумків уроку	2	Метод «Сенкан»
VIII. Домашнє завдання	1	Пояснення учителя, інструктаж

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Цей урок є першим уроком в темі «Динаміка». Оскільки у 8-му класі ми вже вивчали взаємодію тіл, то здобуті знання будуть для вас базовими під час вивчення зазначеної теми. А в 10-му класі ви їх поглиблюватимете й систематизуватимете.

Запитання до класу

1. У чому виявляється взаємодія тіл? Навести декілька прикладів.
2. Що таке сила?
3. Яка одиниця сили в СІ?
4. Як зображується сила?
5. Які види сил існують в механіці?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку й пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаний на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносять корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Динаміка як розділ механіки.
2. Взаємодія тіл.
3. Сила — міра взаємодії тіл.
4. Види сил у механіці.

IV. Мотивація навчальної діяльності

У світі, що нас оточує, все перебуває у безперервному русі і змінюється. Рух є невід'ємною властивістю матерії. Немає і не може бути матерії без руху і навпаки. Рухаючись, тіла стикаються одне з одним і взаємодіють. У зв'язку з цим їхній рух може змінюватися за видом, траєкторією, швидкістю тощо. Отже, для того щоб глибше розуміти закони руху, необхідно вивчити взаємодію тіл одне з одним.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Динаміка як розділ механіки

Динаміка (від грец. «динаміс» — сила) — розділ механіки, в якому вивчається рух тіла у зв'язку з їхньою взаємодією з іншими тілами.

Динаміка пояснює, за яких умов тіло рухається саме так, а не інакше; коли воно рухається рівномірно і коли рівноприскорено; коли прямолінійно і коли криволінійно.

Основою динаміки є закони руху тіл, сформульовані англійським фізиком Ісааком Ньютоном у праці «Математичні начала натуральної філософії», що вийшла друком у 1687 р. Робота Ньютона спиралась на здобутки вчених — його попередників і містила основні поняття: маса, сила, кількість руху, прискорення, три закони механіки, закон всесвітнього тяжіння.

Закони динаміки дозволяють зрозуміти принцип роботи машин і механізмів, які застосовуються на виробництві, у побуті тощо.

2. Взаємодія тіл

Із взаємодією тіл ми стикаємося на кожному кроці. Наведемо приклади, які дозволяють краще зрозуміти сутність цього явища.

- Тенісна кулька, потрапивши в сітку, відскакує назад. При цьому кулька змінює напрям руху, а сітка здійснює коливальні рухи.
- Щоб змінити напрям руху повітряної кулі, людина, яка керує гондолою, випускає газ. Витікаючи, газ відштовхує кулю в протилежний бік.
- Гребець, працюючи веслами, взаємодіє з водою. У зв'язку з цим човен рухається по воді вперед, а вода відштовхується веслами назад.
- Людина розтягує пружину. Внаслідок взаємодії з рукою людини пружина деформується.
- Спортсмен стрибає з трампліна. Взаємодія його тіла і трампліна призводить до деформації трампліна.

Запитання до класу. Який висновок можна зробити з наведених прикладів? Що є наслідком взаємодії тіл? (Під час взаємодії змінюється швидкість тіл і відбувається їх деформація.)

3. Сила — міра взаємодії тіл

Для характеристики взаємодії тіл введено силу.

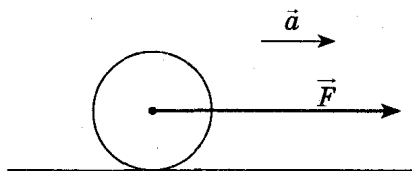
Сила — це векторна фізична величина, яка характеризує механічну дію даного тіла на інше і є мірою цієї взаємодії.

Сила позначається символом F . Одиниця сили в СІ — ньютон (Н).

Сила характеризується:

- 1) точкою прикладання;
- 2) числовим значенням (модулем);
- 3) напрямом.

Оскільки протягом взаємодії тіл може бути змінена швидкість руху, то силі приписують напрям, який збігається з напрямом прискорення, якого набуває тіло внаслідок взаємодії (див. рисунок).



Кожну взаємодію двох тіл описують за допомогою двох сил. Вважають, що до кожного з двох тіл, які взаємодіють, прикладена сила з боку другого тіла. Оскільки обидві сили описують одну взаємодію, природа цих сил та сама.

4. Види сил у механіці

Механічні явища надзвичайно різноманітні, тому на перший погляд для їх опису необхідно дуже багато сил.

Усі механічні явища можна описати й пояснити за допомогою сил трьох видів: сили всесвітнього тяжіння; сили пружності; сили тертя.

Оскільки з усіма названими силами учні ознайомилися у 8-му класі, доречно запропонувати їм навести приклади цих сил. Приклади можуть бути такі.

- Яблуко, відірвавшись від гілки, падає на землю (сила взаємодії яблука із землею — сила всесвітнього тяжіння);
- стріла вилітає з лука (сила взаємодії стріли і тятиви лука — сила пружності);
- людина робить крок, відштовхуючись від землі (сила взаємодії підошви взуття людини і землі — сила тертя).

VI. Закріплення нового матеріалу

Фронтальне опитування

1. Сформулюйте запитання, на яке дає відповідь динаміка. (Чому рухається тіло?)
2. Чи можна спостерігати однобічну дію одного тіла на друге? Навести приклади на підтримку своєї думки.
3. Що є наслідками взаємодії?
4. Наведіть приклади взаємодії, за якої деформація є більш помітною.

5. Наведіть приклади взаємодії, за якої зміна швидкості є більш помітною.

Тест «Так — ні» (див. додаток 9)

1. Сила — це векторна величина, що характеризує механічну дію даного тіла на інше і є мірою цієї взаємодії. (Так)
2. Сила — це скалярна величина. (Ні)
3. Сила характеризується точкою прикладання, модулем, напрямом. (Так)
4. Модуль сили — це її числове значення. (Так)
5. Одиниця сили в СІ — кН. (Ні)
6. У механіці розрізняють такі види сил: сила всесвітнього тяжіння, сила пружності, сила тертя. (Так)

VII. Підбиття підсумків уроку

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Завдання класу

Напишіть сенкан (див. додаток 10) на тему «Сила» або «Взаємодія» (на вибір).

П'ять-шість учнів зачитують написані сенкани.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Повторити тему «Вектори. Дії над векторами».

УРОК № 14/2

Тема. *Вимірювання сил. Додавання сил.*

Мета: *ознайомлення учнів із вимірюванням сил за допомогою динамометра, із правилами додавання сил і визначення їх рівнодійної, якщо сили діють вздовж однієї прямої та під кутом одна до одної.*

Тип уроку: *комбінований.*

Обладнання: *різні види динамометрів, набір тіл різної маси, пружина з кільцем, штатив.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	5	Бесіда. Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	Постановка проблемного запитання
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	18	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку	3	Обговорення проблемного запитання
VIII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Запитання до класу

1. Дайте означення взаємодії тіл.
2. Дайте означення сили.
3. Які сили існують у природі?
4. Чим характеризується сила як векторна величина?
5. Як зображується сила на рисунках?

Фронтальне опитування

1. Що називається векторною величиною? (Векторними величинами називаються такі величини, які, крім числового значення, характеризуються ще й напрямом.)
2. Що називається модулем вектора? (Модулем вектора називається його числове значення.)
3. Як зображуються векторні величини? (У вигляді напрямлених відрізків, довжини яких пропорційні їх модулям, а стрілки вказують їхній напрям.)

4. Що таке проекція вектора? Яку проекцію вважають позитивною? негативною? (Проекція вектора на певну координатну вісь — відрізок, обмежений проекціями початку і кінця вектора на цю вісь. Проекції вектора — величини скалярні.)

Проекція вектора на вибрану вісь є додатною (рис. 1, а), якщо від проекції початку вектора до проекції його кінця необхідно рухатись за напрямом осі проектування, та від'ємною (рис. 1, б) — якщо рухатись проти.

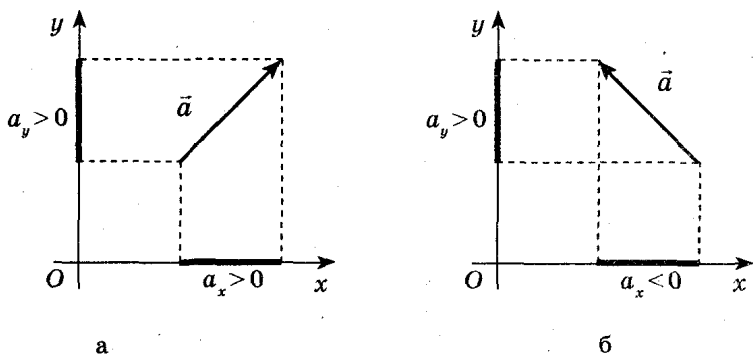


Рис. 1

Завдання класу

Додайте вектори $\vec{a}$ і $\vec{b}$ (рис. 2, а):

а) за правилом трикутника;

б) за правилом паралелограма. Виконайте рисунок.

(На рис. 2, б — додавання за правилом трикутника, на рис. 2, в — за правилом паралелограма.)

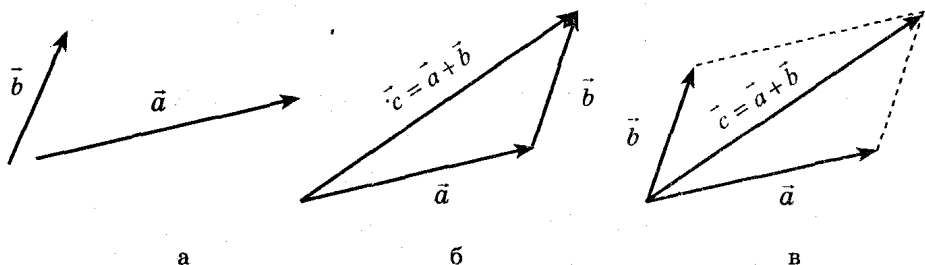


Рис. 2

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Вимірювання сил. Динамометри.
2. Поняття рівнодійної сили.
3. Додавання сил, які діють уздовж однієї прямої.
4. Додавання сил, які діють під кутом одна до одної.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Проблемне запитання

Учитель читає байку Л. Глібова «Лебідь, щука і рак».

Лебідь, щука і рак

У товаристві лад — усяк тому радіє;
дурне безладдя лихо діє,
і діло, як на гріх,
не діло — тільки сміх.
Колись-то Лебідь, Рак та Щука
приставить хуру узялись.
От троє разом запряглись,
смикнули — катма ходу...
Що за морока? Що робить? —
А й не велика, бачся, штука,—
так Лебідь рветься підлетіть,
Рак упирається, а Щука тягне в воду.
Хто винен з них, хто ні — судить не нам,
та тільки хура й досі там.

Згідно з байкою хура залишається нерухомою. Чи є це твердження правильним з точки зору фізики? Обґрунтувати відповідь ми зможемо наприкінці уроку.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Вимірювання сил. Динамометри

- Демонстрація 1.**
- 1) Вимірювання сили за допомогою різних видів динамометрів.
 - 2) Вимірювання сили за допомогою пружинного динамометра, до якого підвішуються тіла різної маси.

Запитання до класу

1. Що відбувається з пружиною, коли ми підвішуємо тіло?
2. Які тіла взаємодіють у цьому випадку?
3. Як залежить розтягання пружини від маси тіла, що підвішують?

Отже, в результаті взаємодії тіла і пружини виникає деформація пружини. Ця деформація є пружною, бо після того як ми знімаємо тіло з гачка приладу, пружина повертається до своїх попередніх

розмірів. Дослід довів, що чим більша маса тіла, тобто чим більшою є сила, прикладена до пружини, тим більшою є й деформація.

Явище пружної деформації покладено в основу приладів для вимірювання сили — динамометрів. Будова динамометрів може бути різною, але принцип дії однаковий: у них використано властивість тіл видовжуватись, вигинатися або стискатися при пружних деформаціях прямо пропорційно до прикладеної сили.

Завдання класу. Пригадайте, які динамометри застосовуються у побуті.

2. Поняття рівнодійної сил

Завдання класу

Досить часто трапляється так, що на тіло діє не одна сила, а декілька. Наведіть приклади таких випадків.

Рівнодійною сил називається сила, яка замінює дію на тіло декількох сил.

Рівнодійна дорівнює геометричній сумі сил, які діють на тіло. Оскільки рівнодійна сил — це також сила, то для її визначення треба вказати точку прикладання, напрям та модуль цієї сили.

3. Додавання сил, які діють уздовж однієї прямої

Розглянемо найпростіший випадок, коли на тіло дві діють сили, напрямлені вздовж однієї прямої. Зауважимо, що при цьому ці сили можуть бути напрямлені як в один бік, так і в різні сторони. Обговоримо це докладніше.

На тіло діють дві сили, напрямлені в один бік (рис. 3, а). При цьому рівнодійна сил:

- 1) має точку прикладання, яка збігається з точкою прикладання цих сил;
- 2) напрямлена в бік дії цих сил;
- 3) за модулем дорівнює сумі модулів цих сил (рис. 3, б).

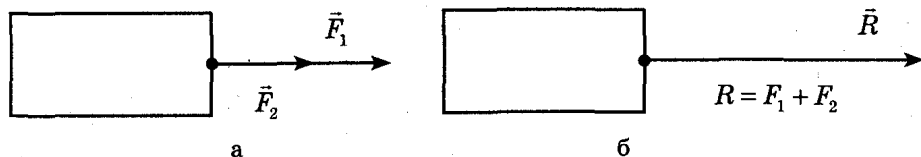


Рис. 3

На тіло діють дві сили, напрямлені в різні боки (рис. 4, а). При цьому рівнодійна сил:

- 1) має точку прикладання, яка збігається з точкою прикладання сили;
- 2) напрямлена в бік більшої за модулем сили;

3) за модулем дорівнює різниці модулів цих сил (рис. 4, б).

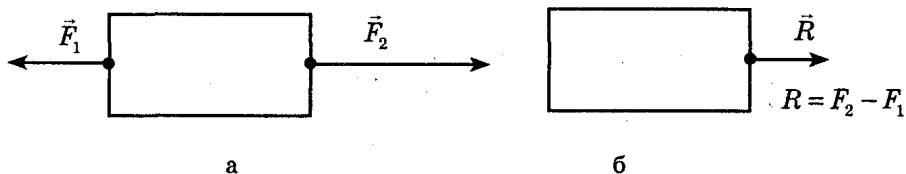


Рис. 4

Завдання класу

1. Наведіть приклади, коли на тіло діють сили вздовж однієї прямої, напрямлені в один бік.
2. Наведіть приклади, коли на тіло діють сили вздовж однієї прямої, напрямлені в різні сторони.
3. Поясніть, як знайти рівнодійну, якщо на тіло діють уздовж прямої три сили, дві з яких напрямлені в один бік, а третя — в інший.

4. Додавання сил, які діють під кутом одна до одної

Якщо сили діють під кутом одна до одної, то рівнодійну знаходять, користуючись правилом паралелограма або трикутника.

Демонстрація 2. Пружину з кільцем закріпити на штативі на фоні білого аркуша паперу. Подіяти на пружину двома динамометрами, зачепивши за кільце під прямим кутом так, щоб один показував силу 3 Н, а другий — 4 Н (рис. 5, а). Позначити на аркуші місце розташування кільця і ліній дії сил. Далі розтягнути пружину одним динамометром так, щоб кільце знову опинилося на тому самому місці, і знову позначити лінію дії сили (динамометр покаже силу 5 Н) (рис. 5, б). Ця сила чинить на пружину таку саму дію, як і дві попередні сили разом. Це рівнодійна сил. Якщо на папері сполучити кінці векторів, то отриманий чотириохкутник буде паралелограмом, а вектор рівнодійної — його діагоналлю (рис. 5, в).

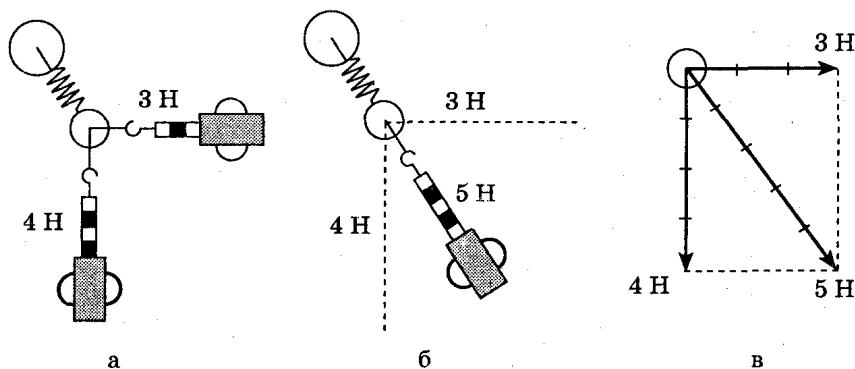


Рис. 5

VI. Закріплення нового матеріалу

Тест для самоперевірки

Установіть відповідність між стовпцями: ліворуч цифрами позначені тіла і сили, які на них діють, праворуч буквами позначені рівнодійні цих сил.

1	$F_1 = 30 \text{ H}$	$F_2 = 40 \text{ H}$	$R = 25 \text{ H}$		А
2	$F_1 = 30 \text{ H}$	$F_2 = 30 \text{ H}$	$R = 10 \text{ H}$		Б
3	$F_1 = 20 \text{ H}$	$F_2 = 10 \text{ H}$	$R = 25 \text{ H}$		В
4	$F_1 = 35 \text{ H}$	$F_2 = 10 \text{ H}$	$R = 10 \text{ H}$		Г
5	$F_1 = 20 \text{ H}$	$F_2 = 45 \text{ H}$	$R = 0$		Д

Відповіді: 1. Г. 2. Д. 3. Б. 4. А. 5. В.

Розв'язування задач (усно)

- Французький атлет Аполон (Луї Юні) на початку ХХ ст. встановив рекорд, піднявши вантаж 165 кг, розвиваючи силу 1650 Н. У цей самий час російський атлет Євген Сандов підняв вантаж 202 кг, розвиваючи силу 2020 Н. Який був би результат змагання у перетягуванні канату, якщо б ці атлети прикладали ті самі сили? (Переміг би Сандов, бо канат рухався б у його бік. Рівнодійна сил 307 Н.)
- Сила, що утримує ріпку у землі, 791 Н. Дід, взявшись за ріпку, розвиває силу тяги — 600 Н, баба — 100 Н, онука — 50 Н, а собака Жучка, кішка та мишка — 30, 10 і 2 Н

відповідно. Чи зможе «компанія» витягти ріпку? (Рівнодійна сил дорівнює 792 Н, отже, можна витягти ріпку.)

- 3) На тіло уздовж однієї діють сили: $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 4$ Н і $F_3 = 5$ Н. Чи може рівнодійна цих сил дорівнювати: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 12, 15 Н? (Може дорівнювати: 2 Н, якщо сили F_1 і F_2 напрямлені в один бік, а сила F_3 — в інший; 4 Н, якщо сили F_1 і F_3 напрямлені в один бік, а сила F_2 — в інший; 6 Н, якщо сила F_3 і F_2 напрямлена в один бік, а сила F_1 — в інший; 12 Н, якщо сили F_1 , F_2 , F_3 напрямлені в один бік. Рівнодійна не може дорівнювати відповідно: 1 Н, 3 Н, 10 Н, 15 Н.)

Розв'язування задач (письмово)

Знайдіть рівнодійну двох сил, яку утворюють кут α , що становить 60° . Кожна сила дорівнює 600 Н.

Дано:

$$F_1 = 600 \text{ Н}$$

$$F_2 = 600 \text{ Н}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$F = ?$$

Розв'язання

Додаємо вектори сил $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$ за правилом паралелограма (рис. 6) і знаходимо його діагональ — вектор $\vec{F}$. Отримуємо паралелограм — ромб, у якого всі сторони рівні. Проводимо пунктиром другу діагональ. Діагоналі ромба в точці перетину діляться навпіл, взаємно перпендикулярні і ділять кути навпіл.

$$F = 2F_1 \cos \beta, \quad \beta = \frac{\alpha}{2}, \quad F = 2F_1 \cos \frac{\alpha}{2},$$

$$F = 2 \cdot 600 \cdot \cos 30^\circ = 1020 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $F = 1020$ Н.

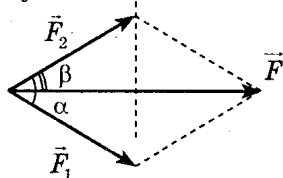


Рис. 6

VII. Підбиття підсумків уроку

Учитель пропонує учням звернутися до проблемного запитання, порушеного на початку уроку за байкою Л. Глібова (рис. 7).

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.

- 1) До тіла уздовж однієї прямої прикладені сили, що дорівнюють 20, 30 і 50 Н. Чому може дорівнювати рівнодійна цих сил? Знайти всі можливі варіанти, виконати пояснювальні рисунки.

- 2) До тіла прикладені три сили, напрямлені в різні сторони (рис. 8). Знайти силу F_1 і рівнодійну сил, якщо $F_2 = 50$ Н, $F_3 = 35,3$ Н, $\alpha = 45^\circ$.



Рис. 7

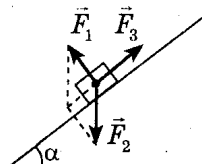


Рис. 8

УРОК № 15/3

Тема. Лабораторна робота № 3. Вимірювання сил.

Мета: закріпити у учнів знання про сили та способи їх додавання та удосконалити засвоєні раніше знання шляхом проведення учнями досліду по вимірюванню сил.

Обладнання: набори важків, динамометри різної конструкції.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація й коригування опорних знань	4	Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	2	Метод «Гірлянда питань»
IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій	10	Робота в групах
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	20	

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи	6	Метод «Гірлянда питань»
VII. Підбиття підсумків уроку та по- відомлення домашнього завдання	2	Евристична бе- сіда

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація й коригування опорних знань

Учитель оголошує тему лабораторної роботи, пропонує учням самостійно визначити, які теоретичні запитання необхідно повторити до початку роботи, та за необхідності вносить корективи у відповіді учнів.

Запитання до класу

1. Що таке сила? Чим вона характеризується?
2. Що називається рівнодійною сил?
3. Як визначити рівнодійну сил, які діють вздовж однієї прямої?
4. Як визначити рівнодійну сил, які діють під кутом одна до одної?
5. Описати динамометр як фізичний пристрій за узагальненим планом (див. додаток 14).

Перевірка останнього запитання здійснюється методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням самостійно визначити мету даної роботи. Мотивацію навчальної діяльності можна здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Що має бути результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Чи вплине на досягнення результату робота кожного члена групи?
4. Що в даній роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

IV. Осмислення змісту й послідовності

застосування практичних дій

Лабораторну роботу рекомендовано проводити в групі з чотирьох учнів. Групування проводиться за одним з методів «Утворюємо групу» (див. додаток 15) попередньо або на уроці.

Учитель інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

Робота в групах

За наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання лабораторної роботи слід визначити мету роботи та з'ясувати призначення обладнання, вивчити хід проведення лабораторної роботи, способи обчислення похибок під час вимірювань.

Після завершення роботи з текстом учні обговорюють незрозумілі операції або дії при виконанні лабораторної роботи в групі.

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують лабораторну роботу, а вчитель у разі необхідності допомагає та відповідає на їх запитання.

VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи

Обговорення питань з учнями на даному етапі рекомендовано здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Яких результатів досягли?
2. Чи є ці результати передбачуваними і реальними?
3. Чи виникли труднощі під час виконання роботи? Як вдалося їх подолати?
4. За яких причин в лабораторній роботі могли виникнути похибки? Як можна було б їх зменшити?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про лабораторну роботу.
2. Виконати творче завдання.

Підготувати повідомлення «Ісаак Ньютон. Біографічний нарис» (на 3 хв).

Тема. *Закони динаміки. Перший закон Ньютона. Інерція.*

Мета: *ознайомлення учнів з біографією І. Ньютона, його внеском у фізичну науку; формування знань про явище інерції та інерціальні системи відліку; усвідомлення змісту першого закону динаміки Ньютона.*

Тип уроку: *комбінований.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	5	Повідомлення учнів
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку	4	Метод «Асоціативний купець»
VII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Учні читають підготовлені повідомлення «Ісаак Ньютон. Біографічний нарис».

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Явище інерції. Закон інерції.
2. Інерціальні системи відліку.
3. Перший закон Ньютона.

Мотивуючи вивчення законів руху, учитель наводить слова видатного академіка Л. І. Седова: «Усі досягнення в сучасній техніці, авіації, ракетній техніці, у морській справі і взагалі промисловості ґрунтуються на використанні й застосуванні методів і результатів ньютонівської механіки».

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

Закони руху макроскопічних тіл були сформульовані Ісааком Ньютоном у 1686 р. і названі на його честь. Зверніть увагу на слово «сформульовані» — закони були саме сформульовані, а не відкриті. Адже вивченням руху займалося багато вчених і до Ньютона. Так, величезний внесок у вивчення руху зробив італійський вчений Галілео Галілей. Ньютон творчо узагальнив і систематизував роботи своїх попередників. Це дозволило йому не тільки розвинути вчення про механічний рух, а й створити завершену теорію механічного руху, яка потім тільки уточнювалась. Ньютон писав: «Якщо я бачив далі, ніж інші, то лише тому, що стояв на плечах гігантів».

Починаючи вивчення законів руху, слід мати на увазі, що вони являють собою узагальнення дослідних фактів; їх не можна вивести логічно чи з окремих фактів. Справедливість цих законів з високою точністю підтверджує вся система дослідних фактів, якими володіє людство. Закони Ньютона вивчаються окремо один від одного, бо так простіше їх зрозуміти, але вони взаємопов'язані й утворюють єдину систему.

1. Явище інерції. Закон інерції

Давньогрецький учений Арістотель стверджував: щоб тіло рухалось, його необхідно весь час «рухати», при цьому чим більша швидкість, тим більших зусиль треба докладати.

Завдання класу. Наведіть приклади з повсякденного життя на підтвердження або спростування цього твердження.

Як відомо, на початку XVII ст. Галілео Галілей піддав сумніву твердження Арістотеля. Проводячи досліди з кулею, яка рухалась по похилій площині, учений помітив, що, скочуючись, куля збільшує швидкість, а рухаючись вгору, навпаки, зменшує. Галілей висловив припущення, що під час руху по горизонтальній площині куля не змінюватиме швидкість, але реальні досліди показали, що куля все ж таки зупиняється. У разі зменшення тертя

(завдяки кращій якості обробки поверхні) куля довше рухається по площині за тієї самої початкової швидкості. Отже, причиною уповільнення руху є тертя між кулею і площиною. Галілей зробив висновок, що за наявності ідеальної площини (ідеально рівна та ідеально горизонтальна) куля котилася б вічно. Це означало, що здатність до збереження руху властива безпосередньо тілам, а вплив інших тіл лише в тому, що швидкість цього тіла змінюється.

Явищем інерції називають здатність тіл зберігати свою швидкість, якщо на них не діють інші тіла або дія інших тіл скомпенсована.

Закон інерції: якщо на тіло не діють інші тіла, то воно рухається рівномірно прямолінійно або перебуває в стані спокою.

Закон інерції був сформульований Г. Галілеєм.

Слід зазначити, що факт перебування тіл в спокої, якщо на них не діють інші тіла, повсякчас підтверджується в повсякденному житті. Але твердження «якщо на тіло не діють інші тіла, то воно рухається рівномірно прямолінійно» начебто суперечить повсякденній практиці. Наприклад, для того щоб рухались санчата, їх треба тягти; автомобіль же рухається тільки тоді, коли його тягне двигун. За звичайних умов діє сила тертя, яку й має зрівноважити сила тяги.

2. Інерціальні системи відліку

Інерціальними системами відліку називають системи відліку, в яких виконується закон інерції.

Система відліку, яка пов'язана з будь-яким реальним тілом, може бути інерціальною тільки приблизно, оскільки будь-яке тіло зазнає впливу інших тіл. Тому поняття інерціальної системи відліку є науковою ідеалізацією.

Усі інерціальні системи відліку цілком рівноправні, бо в них однаково відбуваються всі механічні явища. Це твердження називається **принципом відносності Галілея**.

Якщо ми знаходимось в салоні автомобіля (або літака), який рухається прямолінійно рівномірно, чи можна визначити, не виходячи у вікно, рухається він чи стоїть на місці?

Досліди показують, що закон інерції досить точно виконується в системі «Земля». Саме тому ми не помічаємо руху Землі, хоча вона рухається відносно Сонця з величезною швидкістю.

Землю можна вважати інерціальною системою відліку для об'єктів на її поверхні, проте для руху планет вважати її інерціальною не можна. Чому? (Земля обертається навколо своєї осі і рухається навколо Сонця.)

3. Перший закон Ньютона

За перший закон динаміки І. Ньютон взяв закон інерції.

Перший закон Ньютона: існують такі системи відліку, відносно яких матеріальні точки, на які не діють інші тіла (або дія інших тіл скомпенсована), перебувають у спокої або рухаються прямо-лінійно рівномірно.

Запитання до класу

1. Як слід розуміти зміст фрази «дія інших тіл скомпенсована»?
2. Який рух можна назвати рухом за інерцією?
3. Чи можна рух автомобіля, який рухається прямолінійно рівномірно, назвати рухом за інерцією? Чому?

Інерція — це здатність зберігати свою швидкість, тому рух за інерцією — це рух, який переважно визначається початковою швидкістю тіла.

Наприклад, рухом за інерцією можна вважати падіння вершника через голову коня, який спіткнувся, рух пасажирів у трамваї, що різко загальмував.

V. Закріплення нового матеріалу

Завдання класу

1. Наведіть приклади руху тіла за інерцією.
2. Поясніть, чому небезпечно переходити дорогу близько до автомобіля, який гальмує перед перехрестям на червоний сигнал світлофора. (Автомобіль не може зупинитися миттєво після вимкнення двигуна, а продовжує рухатися за інерцією.)

Розв'язування задач (усно)

1. До матеріальної точки прикладені дві сили. За якої умови точка буде рухатись рівномірно прямолінійно? (Згідно з першим законом Ньютона, дія цих сил повинна бути скомпенсована, тобто їх векторна сума має дорівнювати нулю.)
2. Чи всі точки тіла, яке рухається за інерцією, мають однакову швидкість? (Якщо тіло здійснює поступальний рух, то всі його точки мають однакову швидкість, якщо обертальний рух — ні.)
3. Яке з двох коліс мотоцикла слід блокувати під час різкого гальмування? (Різко загальмувавши, мотоцикл продовжує рухатися за інерцією, тому блокувати необхідно заднє колесо. У цьому разі мотоцикл від дії сили тертя не перекинеться, оскільки збільшується реакція опори, прикладена вгору до переднього колеса.)
4. Який рух здійснить тіло водія у випадку зіткнення автомобіля з перешкодою? (Якщо автомобіль зіткнеться з перешкодою, то водій рухатиметься вперед, зберігаючи початкову швидкість.)

5. Автомобіль з несправними гальмами суворо заборонено транспортувати на гнучкому тросі. Чому? (Автомобіль, який транспортують, не зможе загальмувати, маючи несправні гальма, і продовжить рухатися вперед за інерцією, що може призвести до зіштовхування автомобілів.)
6. Як слід тягти «бегемота з болота» — ривком чи повільно? Чому? (Краще тягнути бегемота ривком, бо в цьому випадку він продовжить рух за інерцією з наданою йому початковою швидкістю.)

VI. Підбиття підсумків уроку

Вправа «Асоціативний куш»

Учитель пропонує учням створити «асоціативний куш» (див. додаток 2) з ключовим словом «інерція», потім підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

VII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі (усно).
 - 1) У вагоні потяга, що рухається прямолінійно рівномірно, хлопчик випустив з рук м'яч. Де м'яч упаде?
 - 2) Чому під час сплавлення лісу велика кількість колод викидається на берег у місцях поворотів річки?
 - 3) Чому під час струшування медичного термометра стовпчик ртуті опускається?
 - 4) Лисиця, рятуючись від переслідування собаки, робить різкі раптові рухи вбік саме тоді, коли собака готовий її схопити. Чому собака при цьому промахується?
3. Виконати творче завдання.
Описати перший закон Ньютона за узагальненим планом характеристики фізичного закону (див. додаток 14).

УРОК № 17/5

Тема. Другий закон Ньютона. Інертність. Маса.

Мета: формування понять інертності й маси як міри інертності тіла; усвідомлення учнями змісту другого закону динаміки Ньютона.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: візок, нерухомий блок, мотузка, посудина з краном-крапельницею, набір тіл різної маси, папір.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	5	Самостійна робота
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	18	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Самостійна робота

Варіант 1

1. Дати означення інерції.
2. Сформулювати закон інерції.
3. Як можна за допомогою інерції скинути краплю чорнил з пера ручки?
4. Систему відліку, пов'язану з ліфтом, можна вважати інерціальною, якщо ліфт:
 - а) рухається рівноприскорено вниз;
 - б) рухається рівномірно вгору;
 - в) рухається рівноприскорено вгору;
 - г) рухається рівномірно вниз.

Варіант 2

1. Дати означення інерціальних систем відліку.
2. Сформулювати перший закон Ньютона.
3. Брусок лежить на візку. Що відбудеться з бруском і чому, якщо візок різко смикнути вперед? різко зупинити?
4. Систему відліку пов'язану з автомобілем, можна вважати інерціальною, якщо автомобіль:
 - а) рівномірно прямолінійно рухається по горизонтальному шосе;
 - б) рівномірно повертає по шосе;

- в) рівномірно рухається в гору;
- г) рівноприскорено рухається з гори.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Інертність. Маса як міра інертності.
2. Другий закон Ньютона.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Інертність. Маса як міра інертності

Демонстрація 1. Візок із краном-крапельницею поставити на горизонтальну поверхню. До візка прив'язати один кінець мотузки, до другого кінця, перекинутого через блок, підвісити вантаж (рис. 1). Відпустивши візок, можна помітити, що він приходить у рух й поступово збільшує швидкість. Вивчення розташування крапель на папері ($s_1 : s_2 : s_3 \dots = 1 : 3 : 5 \dots$) свідчить про те, що візок рухався прискорено.

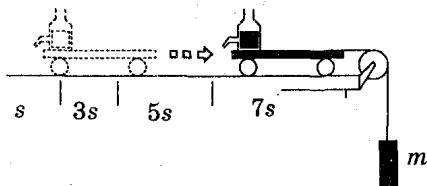


Рис. 1

Дійсно, швидкість руху автомобілів, потягів, що рушають з місця, збільшується поступово. Поступово зростає швидкість ракети, яка стартує у космічний простір, лижника, який мчить з гори. Але так само поступово зменшують швидкість тіла під час гальмування: не може миттєво зупинитися автомобіль на перехресті, потяг біля симофору, спортсмен на фініші.

Демонстрація і повсякденний досвід свідчать про те, що у всіх тіл є спільна властивість: їхня швидкість у процесі взаємодії змінюється поступово, а для того щоб її змінити, потрібен деякий час. Ця властивість отримала назву інертності (від латин. *inertia* — бездіяльність).

Інертність — властивість тіл, яка виявляється в тому, що швидкість тіл залишається сталою до того моменту, доки на них не подіють інші тіла.

Швидкість тіл, що взаємодіють, не може змінитися миттєво, вона змінюється поступово.

Усі тіла інертні, але інертність у них різна. Наприклад, у разі взаємного відштовхування двох ковзанярів — дорослої людини і хлопчика — перший набуває меншого прискорення, ніж другий. Це свідчить про те, що інертність дорослої людини більша, ніж хлопчика.

Для характеристики інертності тіл ввели окрему величину — **масу**. Чим більша маса тіла, тим більшу силу треба прикласти до тіла, щоб надати йому більшого прискорення.

Масу тіла позначають символом m . Одиниця маси в СІ — кілограм (кг).

1 кг — це маса еталонного циліндра, виготовленого зі сплаву іридію та платини.

Якщо є два тіла масами m_1 і m_2 , то під час їх поєднання, як свідчить досвід, маса утвореної системи дорівнюватиме сумі цих мас:

$$m = m_1 + m_2.$$

Якщо система утворена із N тіл з масами $m_1, m_2, m_3, \dots, m_N$, то її маса дорівнює сумі мас цих тіл: $m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_N$.

Ця властивість маси називається адитивністю (від латин. *aditivus* — отриманий шляхом додавання).

■ 2. Другий закон Ньютона

Демонстрація 2. 1) Є аналогічною демонстрації 1, але на візок-крапельницю додатково встановити три вантажі, що за масою дорівнюють вантажу, підвішеному до кінця мотузки, і за розташуванням крапель знову переконалися, що рух є рівноприскореним.

2) Повернути візок у початкове положення, зняти з нього один вантаж і підвісити до вантажу на блоці. Повторивши досвід, можна помітити, що в цьому випадку розташування крапель підпорядковується тому ж закону, але краплі падали вдвічі рідше. Тобто в разі збільшення сили в 2 рази прискорення системи збільшується в 2 рази.

- 3) Залишивши кількість підвішених важків тією самою, на візок покладемо ще два важки. При цьому можна помітити, що прискорення стало меншим.

Порівнюючи результати дослідів, можна зробити такий висновок: прискорення руху системи тіл прямо пропорційне силі, що діє на тіло, і обернено пропорційно масі цих тіл.

Виконані досліди допомогли зрозуміти взаємозв'язок прискорення, сили і маси, що є справедливим не тільки для візка. Замість нього можна взяти будь-яке інше тіло — залежність між прискоренням, силою і масою завжди буде тією самою. Це співвідношення і виражає другий закон Ньютона.

Другий закон Ньютона: прискорення, якого набуває тіло внаслідок взаємодії з іншим тілом, прямо пропорційне силі, що діє на нього, і обернено пропорційне його масі:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Другий закон Ньютона виконується тільки в інерціальних системах відліку, бо тільки в них прискорення тіла обумовлено дією на це тіло інших тіл.

V. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач (усно)

1. Чи є правильним таке формулювання другого закону Ньютона: «Під дією системи сил матеріальна точка завжди рухається в бік сумарної сили»? (Формулювання помилкове, бо вздовж сили напрямлене прискорення, а не вектор миттєвої швидкості.)
2. Відомі маса тіла і прикладена до нього сила. Чи достатню цього, щоб передбачити рух цього тіла? (Ні, бо необхідно знати вихідні умови, положення і початкову швидкість тіла.)
3. Чому порожній автобус на вибоїнах підкидає значно сильніше, ніж тоді, коли в салоні є пасажир? (Порожній автобус має малу масу, тому зазнає більшого прискорення на вибоїнах.)
4. Обчисліть силу, яка надає тілу масою 5 кг прискорення 4 м/с^2 . ($F = 20 \text{ Н}$)
5. Визначте масу м'яча, якщо після удару силою 500 Н він набув прискорення 500 м/с^2 . ($m = 1 \text{ кг}$)
6. Обчисліть прискорення, якого набуває тіло масою 1 т під дією сили 500 Н. ($a = 0,5 \text{ м/с}^2$)

Розв'язування задач (письмово)

1. Сила 60 Н надає тілу прискорення $0,8 \text{ м/с}^2$. Обчисліть силу, яка надає тілу прискорення 2 м/с^2 .

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$F_1 = 60 \text{ Н}$	$F_1 = a_1 m$, отже, $m = \frac{F_1}{a_1}$,
$a_1 = 0,8 \text{ м/с}^2$	$F_2 = a_2 m$, $F_2 = a_2 \cdot \frac{F_1}{a_1}$, $[F_2] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\text{Н}}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \text{Н}$,
$a_2 = 2 \text{ м/с}^2$	
$F_2 = ?$	$F_2 = 2 \cdot \frac{60}{0,8} = 150 \text{ (Н)}.$

Відповідь: $F_2 = 150 \text{ Н}$.

2. Знайдіть проекцію сили, що діє на тіло масою 500 кг, яке рухається прямолінійно, а його координата змінюється за законом $x = 20 - 10t + t^2$.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$m = 500 \text{ кг}$	З рівняння $x = 20 - 10t + t^2$ визначаємо:
$x = 20 - 10t + t^2$	$a_x = 2 \text{ м/с}^2$.
$F_x = ?$	$F_x = m a_x$, $[F_x] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$, $F_x = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ (Н)}.$

Відповідь: $F_x = 1000 \text{ Н}$.

3. М'яч масою 0,5 кг після удару, який тривав 0,02 с, набув швидкості 10 м/с. Знайдіть середню силу удару.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$m = 0,5 \text{ кг}$	$F = ma$,
$\Delta t = 0,02 \text{ с}$	$F = m \cdot \frac{v - v_0}{\Delta t}$, $[F] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$,
$v = 10 \text{ м/с}$	
$v_0 = 0 \text{ м/с}$	$F = 0,5 \cdot \frac{10 - 0}{0,02} = 250 \text{ (Н)}.$
$F = ?$	

Відповідь: $F = 250 \text{ Н}$.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Водій автомобіля почав гальмувати, коли до заправочної станції залишалася 200 м, і рухався до неї зі швидкістю 20 м/с. Яка має бути сила опору рухові, щоб автомобіль масою 1000 кг зупинився біля станції?
 - 2) Під дією сили 150 Н тіло рухається прямолінійно так, що його координата змінюється за законом $x = 100 + 5t + 0,5t^2$. Знайдіть масу тіла.
3. Виконати творче завдання.

Описати другий закон Ньютона за узагальненим планом характеристики фізичного закону (див. додаток 14).

УРОК № 18/6

Тема. Третій закон Ньютона.

Мета: усвідомлення учнями змісту третього закону динаміки Ньютона, значення законів динаміки для розуміння механічних процесів, систематизація знань про закони динаміки та межі їх застосування.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: динамометри демонстраційні, сталевий брусок, постійний магніт, два візка, гнучка металева стрічка, набір тіл однакової маси, вимірювальна стрічка, нитка.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Тестове завдання. Розв'язування задач
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	16	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	12	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Два учні записують розв'язання задач, які було задано додому, на дошці та коментують його.

Тестове завдання

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Інерцією називають:

- А здатність тіл зберігати швидкість руху за відсутності дії інших тіл
- Б зміну положення тіла відносно інших тіл
- В явище збереження швидкості тіла при компенсації дії на нього іншого тіла
- Г рівномірний прямолінійний рух

2. Виберіть правильне твердження.

- А Маса — причина зміни швидкості тіла
- Б У разі різкого гальмування тіло миттєво зупиняється
- В Сила — міра інертності
- Г Рівнодійна сила дорівнює добутку маси тіла на прискорення

3. Як рухається тіло, на яке діє стала за значенням і напрямом сила?

- А Рівномірно прямолінійно
- Б Рівноприскорено прямолінійно
- В Рівномірно по колу
- Г Не рухається

4. Що називають рівнодійною силою?

- А Алгебраїчну суму всіх сил, які діють на тіло
- Б Різницю всіх сил, які діють на тіло
- В Геометричну суму всіх сил, які діють на тіло
- Г Силу, що приводить тіло в рух

5. До однієї точки тіла прикладені сили 7 і 16 Н, які мають однаковий напрям. Визначте рівнодійну цих сил.
 А 16 Н Б 7 Н В 9 Н Г 23 Н
6. До однієї точки тіла прикладені сили 30 Н і 12 Н, які мають протилежний напрям. Визначте рівнодійну цих сил.
 А 70 Н Б 18 Н В 50 Н Г 27 Н
7. Як визначається одиниця сили 1 Н через основні одиниці СІ?
 А $\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}$ Б $\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$ В $\text{кг}^2 \cdot \text{м} / \text{с}^2$ Г $\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$
8. Якщо сума всіх прикладених до тіла сил дорівнює нулю, то тіло рухається:
 А рівномірно прямолінійно або перебуває у спокої
 Б рівноприскорено прямолінійно
 В рівномірно по колу
 Г рівноприскорено по колу
9. Визначте силу, під дією якої тіло масою 15 кг набуло прискорення $0,7 \text{ м} / \text{с}^2$.
 А 5,25 Н Б 10,5 Н В 52,5 Н Г 525 Н

Відповіді до тестового завдання

1	2	3	4	5	6	7	8	9
В	Г	Б	В	Г	Б	Г	А	Б

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися із записаним на дошці планом її вивчення. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

- Третій закон Ньютона.
- Межі застосування законів Ньютона.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Третій закон Ньютона

Демонстрація 1. Зачепити два демонстраційні динамометри один за одний і розтягувати (рис. 1). Їхні покази будуть однаковими, хоча сили прикладені протилежно.

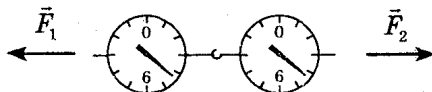


Рис. 1

Демонстрація 2. На стрижні одного з динамометрів закріпити сталевий брусок, на стрижні іншого — постійний магніт (рис. 2). Можна помітити, що сили, з якими взаємодіють сталевий брусок і магніт, рівні за модулем і протилежні за напрямом.

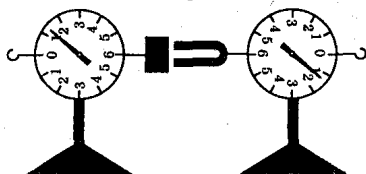


Рис. 2

Демонстрація 3. Взяти два однакові візки, до одного з яких прикріплено пружну сталеву стрічку. Зігнути цю стрічку й зв'язати ниткою. Другий візок щільно приставити до першого (рис. 3, а), потім перерізати нитку, що утримує пластинку. Візки прийдуть у рух і роз'їдуться на однакові відстані (рис. 3, б). Якщо навантажити один із візків, він (рис. 3, в) пройде меншу відстань. Тобто прискорення більшого за масою візка є меншим (рис. 3, г). Але сила, що діє на кожний з візків і визначається добутком маси на прискорення, однакова.

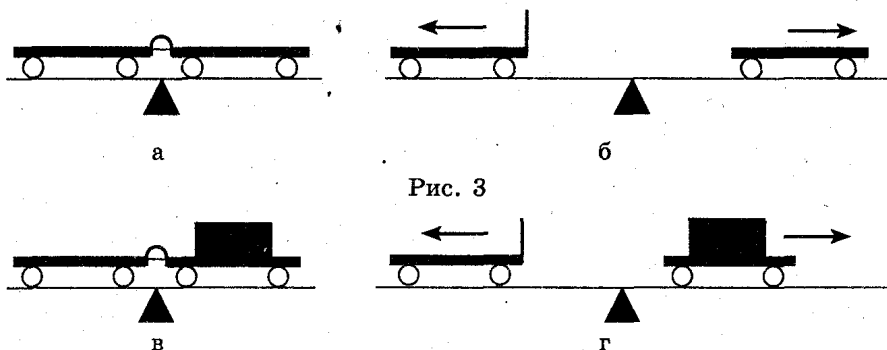


Рис. 3

Рис. 3

Запитання до класу. У всіх проведених дослідах є певна закономірність. Яка саме?

Сили, з якими тіла, що взаємодіють, діють одне на одне, дорівнюють за модулем і напрямлені протилежно. Ньютон сформулював третій закон так: дія завжди є рівною і протилежно

напрямлена протидії; або: дії двох тіл. одне на одне рівні між собою і напрямлені в протилежні боки. У цьому формулюванні використані недостатньо визначені терміни «дія» і «протидія». Ньютон стосовно них розумів сили, з якими тіла, що взаємодіють, діють одне на одне.

Третій закон Ньютона: сили, з якими тіла, що взаємодіють, діють одне на одне, рівні за модулем і протилежні за напрямом:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Цей закон відображає той факт, що в природі немає і не може бути тільки однобічної дії одного тіла на друге, а існує лише їх взаємодія. Сили дії і протидії виникають тільки одночасно, парами. Інколи цю думку виражають так: дія дорівнює протидії. При цьому слід мати на увазі, що терміни «дія» і «протидія» умовні: їх можна поміняти місцями.

Також важливо наголосити на тому, що сили взаємодії хоча й рівні і протилежно напрямлені, проте не зрівноважують одна одну, бо прикладені до різних тіл.

Отже, можна зробити такий висновок.

Сили, з якими взаємодіють два тіла:

- 1) мають ту саму фізичну природу, оскільки обумовлені тією самою дією;
- 2) рівні за модулем і напрямлені уздовж однієї прямої протилежно одна одній;
- 3) прикладені до різних тіл і тому не можуть скомпенсувати одна одну.

Інколи постає питання, чому під час взаємодії рух або деформація одного тіла помітні, а другого — ні. Наприклад, сила, з якою людина штовхає Землю під час ходьби, дорівнює тій силі, з якою Земля штовхає людину. Але при цьому рух людини є помітним, натомість рух Землі — ні. Насправді ж сили, які було описано згідно з третім законом Ньютона, не зрівноважуються, а згідно з другим законом надають і людині, і Землі прискорень, що обернено пропорційні їхнім масам. Тому Земля завдяки дуже великій порівняно з людиною масі залишається практично нерухомою, коли людина рухається.

■ 2. Межі застосування законів Ньютона

- 1) Перший закон Ньютона відповідає на питання, чому та за яких умов тіло рухається прямолінійно рівномірно. Якщо тіло рухається рівномірно прямолінійно чи перебуває в спокої, то це відбувається за умови скомпенсованості сил, які на

нього діють (геометрична сила дорівнює нулю), або відсутності дії на це тіло взагалі.

- 2) Другий закон Ньютона відповідає на питання, чому та за яких умов тіло рухається прямолінійно рівноприскорено. Якщо тіло рухається прямолінійно рівноприскорено, то це відбувається за умови сталості за модулем і напрямом сили або рівнодійної сил, які діють на тіло.
- 3) Численні дослідження показали, що другий закон Ньютона справедливий для всіх сил. Це один з проявів єдинства природи: сили і тіла можуть бути різними, а закони одні для всіх сил і всіх тіл.
- 4) Третій закон Ньютона пояснює шляхи виникнення сили. Сила виникає під час взаємодії тіл, при цьому на кожну з сил, що взаємодіють, діє сила, і тіло отримує прискорення.

Важливо розуміти, що згідно із законами Ньютона сила означає прискорення, а не швидкість. А це означає, що сила є причиною не руху, а зміни руху. Сам рух жодної причини не потребує, але може змінитися під дією сили.

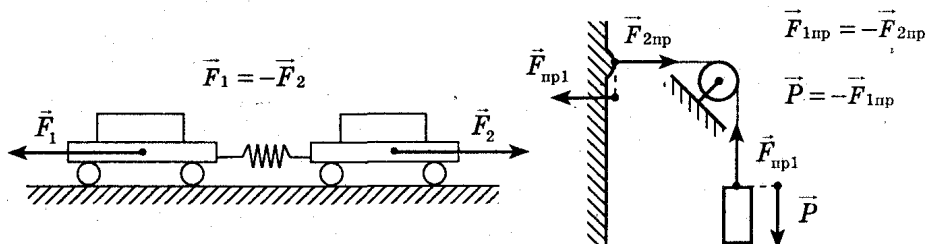
Межі застосування законів Ньютона:

- 1) Закони механічного руху — закони Ньютона — однакові для всіх інерціальних систем руху. Тобто всі механічні процеси відбуваються однаково, яку б інерціальну систему ми не вибрали.
- 2) Закони Ньютона справедливі для матеріальних точок.
- 3) Закони Ньютона справедливі для рухів зі швидкостями, що є набагато меншими за швидкість світла.

V. Закріплення нового матеріалу

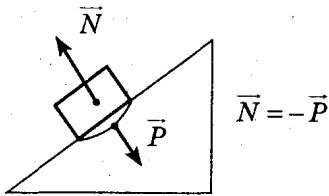
Завдання класу

За рис. 4 прокоментувати, як проявляється в кожному випадку третій закон Ньютона. При цьому доцільно застосувати метод «Ланцюжок» (див. додаток 8).

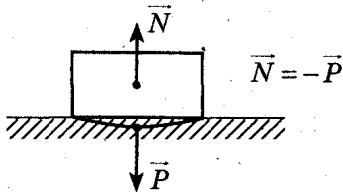


1. Взаємодія візків

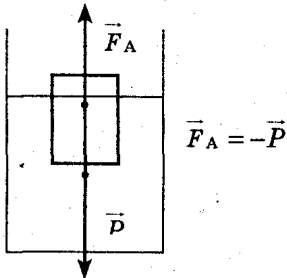
2. Вантаж підвішено на балці



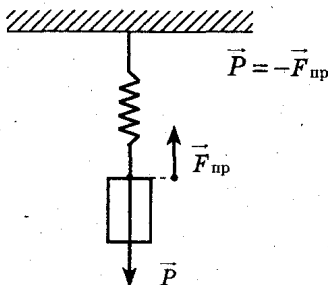
3. Тіло лежить на похилій площині



4. Брусок покладено на стіл

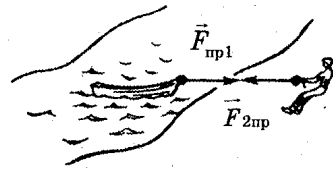


5. Плавання тіла

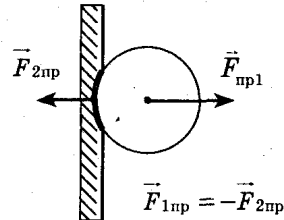


6. Тіло підвішено на пружині

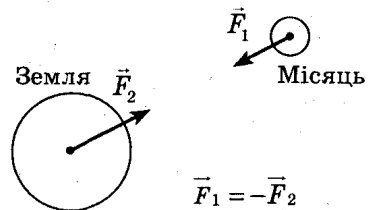
$$\vec{F}_{1\text{пр}} = -\vec{F}_{2\text{пр}}$$



7. Людина підтягує човен

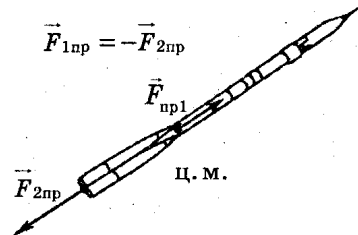


8. Удар м'яча



9. Земне тяжіння

$$\vec{F}_{1\text{пр}} = -\vec{F}_{2\text{пр}}$$



10. Рух ракети

Рис. 4

Розв'язування задач (усно)

1. Нитка витримує вантаж масою 4 кг. Чи порветься нитка, якщо до її кінців прикласти сили по 35 Н? (Ні)
2. Чому дорівнює векторна сума двох сил, про які йдеться в третьому законі Ньютона? Чи зрівноважують вони одна одну?

(Векторна сума цих сил дорівнює нулю; сили одна одну не зрівноважують, бо прикладені до різних тіл.)

3. На кінцях каната, перекинутого через блок, висять у повітрі два спортсмени, маси яких однакові. Один розпочав підніматися по канату вгору. Чи рухатиметься другий? Як? (Другий спортсмен також рухатиметься вгору і досягне блока одночасно з першим.)
4. Барон Мюнхгаузен стверджував, що витягнув себе за волосся з болота. Чи можливо це? (За третім законом Ньютона сила, яка прикладена до голови і напрямлена вгору, дорівнює силі, що діє вниз в плече. Ці сили однакові за модулем, напрямлені протилежно, і прикладені до одного тіла. Тому витягнути себе за волосся Мюнхгаузен не зможе.)

Розв'язування задач (письмово)

На гладенькому столі лежать два бруски, зв'язані між собою міцною ниткою. Маса першого бруска — 0,5 кг, маса другого — 0,1 кг. Перший брусок тягнуть з горизонтально напрямленою силою 3 Н. З яким прискоренням він рухається? Яка сила діє на другий брусок?

Дано:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$m_1 = 0,1 \text{ кг}$$

$$F_{\text{тяги}} = 3 \text{ Н}$$

$$F_1 - ?$$

$$a - ?$$

Розв'язання

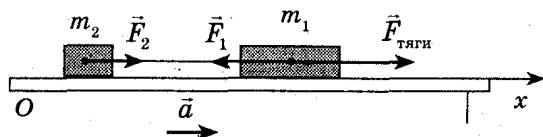


Рис. 5

Оскільки нитка міцна, то бруски рухаються як одне ціле з прискоренням $\vec{a}$ (рис. 5).

За третім законом Ньютона бруски взаємодіють із силами, рівними за модулем: $F_1 = F_2$. На перший брусок діє сила тяги $\vec{F}_{\text{тяги}}$ і другий брусок із силою $\vec{F}_1$. Рівнодійна цих сил $F = F_{\text{тяги}} - F_1$ і напрямлена так само, як і прискорення. За другим законом Ньютона, $F = F_{\text{тяги}} - F_1 = m_1 a$.

На другий брусок діє сила F_2 , яка, за другим законом Ньютона, дорівнює $F_2 = m_2 a$.

$$\text{Отже, } F_{\text{тяги}} - m_2 a = m_1 a. \quad F_{\text{тяги}} = (m_2 + m_1) a, \quad a = \frac{F_{\text{тяги}}}{m_2 + m_1},$$

$$[a] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \quad a = \frac{3}{0,5 + 0,1} = 5 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

$$F_2 = m_2 \cdot a, [F_2] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}, F_2 = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $a = 5 \text{ м/с}^2$, $F_2 = 0,5 \text{ Н}$.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Кінь тягне навантажений візок. За третім законом Ньютона сила, з якою кінь тягне візок, дорівнює силі, з якою візок тягне коня. Чому все-таки візок рухається за конем?
 - 2) Людина масою 50 кг, стоячи на ковзанах, відштовхує із силою 20 Н кулю масою 2 кг. Якого прискорення набудують при цьому людина і куля?
 - 3) Два тіла зв'язані міцною ниткою, перекинутою через блок. Маса першого тіла 1 кг, другого — 5 кг. Земля притягує до себе перше тіло з силою 10 Н, а друге — із силою 50 Н. З яким прискоренням рухатиметься система тіл і з якою силою діятиме перше тіло на друге?
3. Виконати творче завдання.
Описати третій закон Ньютона за узагальненим планом характеристики фізичного закону (див. додаток 14).

УРОК № 19/7

Тема. Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння.

Мета: усвідомлення учнями поняття гравітаційної взаємодії, змісту закону всесвітнього тяжіння, фізичного змісту гравітаційної сталої.

Тип уроку: комбінований.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Письмова самостійна робота

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Метод «Прес»
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	15	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку	3	Метод «Ключові слова»
VIII. Домашнє завдання	1	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Самостійна робота

За узагальненим планом характеристики фізичного закону дати характеристику:

(варіант 1) першого закону Ньютона;

(варіант 2) другого закону Ньютона;

(варіант 3) третього закону Ньютона.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у відповіді.

План вивчення теми

1. Гравітаційні сили. Закон всесвітнього тяжіння.
2. Гравітаційна стала.
3. Маса — міра гравітації.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Учитель нагадує учням, що з курсу фізики 8-го класу їм уже знайомі поняття гравітаційної взаємодії і гравітаційних сил, з якими взаємодіють всі тіла із Землею та між собою.

Завдання класу

Застосовуючи метод «Прес» (див. додаток 5), обґрунтувати відповідь на запитання, чому є важливим вивчення і вдосконалення знань про гравітаційну взаємодію тіл.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Гравітаційні сили. Закон всесвітнього тяжіння

Як усім відомо, м'яч, кинутий вгору, падає на землю; яблуко, відірвавшись від гілки, також падає на землю. Місяць наче «прив'язаний» обертається навколо Землі, а Земля — навколо Сонця. Пояснення цим фактам було дано І. Ньютоном.

Коли у 1665 р. в Англії спалахнула епідемія чуми, двадцятирічний Ньютон, який щойно закінчив Кембріджський університет, змушений був два роки рятуватися у рідному селі. «У той час я був у розквіті своїх винахідницьких сил», — писав про себе вчений. Думка про єдиний закон тяжіння прийшла йому в голову, коли він побачив падаюче яблуко. «Чому падає яблуко? І не тільки яблуко — усі тіла падають на Землю, тому що Земля їх притягує. Може, притягання Землі простирається і до Місяця та втримує його на орбіті? А сила притягання до Сонця утримує планети на орбітах при їхньому русі навколо Сонця?»

У 1667 р., аналізуючи матеріали астрономічних спостережень, Ньютон застосував сформульовані ним закони динаміки до руху Місяця. Йому було відомо, що Місяць обертається навколо Землі фактично по коловій орбіті. Але це можливо тільки в тому випадку, якщо на тіло діє певна сила, яка надає йому доцентрового прискорення. Якщо б такої сили не було, то Місяць за законом інерції рухався б прямолінійно рівномірно. Ньютон припустив, що такою силою є сила взаємного притягання між Землею й Місяцем. Після проведення певних розрахунків, він дійшов висновку, що силу взаємного притягання між Землею та Місяцем можна обчислити за формулою:

$$F = G \cdot \frac{M_3 \cdot M_m}{R^2},$$

де M_m , M_3 — маса Місяця і Землі, R — відстань від Місяця до Землі, а G — коефіцієнт, який називають гравітаційною сталою.

У результаті досліджень Ньютоном було встановлено, що всі тіла у Всесвіті притягаються одне до одного. Це взаємне притягання називається **всесвітнім тяжінням**.

Сили, з якими будь-які два тіла притягуються одне до одного, називаються **силами всесвітнього тяготіння, або гравітаційними силами** (від латин. «гравітас» — тяготіння, тяжіння).

Закон всесвітнього тяжіння: два тіла притягуються одне до одного по прямій, яка з'єднує їх, із силою, прямо пропорційною добутку їх мас та обернено пропорційною квадрату відстані між ними:

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}.$$

Завдання класу. Визначте правильне твердження.

Формулу $F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$ можна застосовувати, якщо:

- 1) два тіла можна вважати матеріальними точками;
- 2) два тіла являють собою однорідні сфери чи кулі, навіть у тому випадку, коли відстань між центрами сфер або куль порівняна з їхніми радіусами (у цьому випадку R — відстань між центрами сфер чи куль);
- 3) одне тіло є матеріальною точкою, а друге — однорідною сферою або кулею.

2. Гравітаційна стала

До складу формули закону всесвітнього тяжіння входить гравітаційна стала, або стала тяжіння. З'ясуємо її фізичний зміст.

Із формули $F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$ маємо:

$$G = \frac{F \cdot R^2}{M_1 \cdot M_2}.$$

Фізичний зміст гравітаційної сталої: гравітаційна стала чисельно дорівнює силі притягання між двома матеріальними точками масою 1 кг кожна, які знаходяться на відстанях 1 м одна від одної, і обчислюється за формулою:

$$[G] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Щоб знайти числове значення G , треба виміряти силу притягання двох тіл відомої маси, що перебувають на відомій відстані одне від одного.

Такий дослід уперше поставив англійський фізик Кавендиш: за допомогою винайденого ним приладу зміг виміряти силу притягання масивних металевих куль. Вимірювання показали, що

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

3. Маса — міра гравітації

Поняття маси було початково отримано під час вивчення інертних властивостей тіл як міри цих властивостей. У законі всесвітнього тяжіння маса виступає в новій ролі — як міра тяжіння.

Гравітаційною масою називають масу тіл, знайдену за силою притягання між тілами.

Таким чином, маса одночасно виступає і як міра інертності тіл, і як міра їх гравітації (притягання).

Численні досліди, поставлені в кращих фізичних лабораторіях світу, показали рівність гравітаційної й інертної маси тіла.

Маса — це скалярна величини, яка характеризує інертні й гравітаційні властивості тіл і є мірою цих властивостей.

VI. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач (усно)

Як зміниться сила всесвітнього тяжіння між двома тілами, якщо: а) масу одного з них збільшити в 2 рази; б) відстань між тілами збільшити в 2 рази?

Розв'язування задач (письмово)

1. На якій відстані від поверхні Землі сила притягання космічного корабля до Землі в 100 разів менша, ніж на його поверхні?

Дано:

$$\frac{F_1}{F_2} = 100$$

$n = ?$

Розв'язання

$$F_1 = G \cdot \frac{M \cdot M_3}{R_3^2}, \quad F_2 = G \cdot \frac{M \cdot M_3}{(R_3 + h)^2}, \quad \frac{F_1}{F_2} = 100,$$

$$\frac{G \cdot M \cdot M_3}{R_3^2} \cdot \frac{(R_3 + h)^2}{G \cdot M \cdot M_3} = 100, \quad \frac{(R_3 + h)^2}{R_3^2} = 100,$$

$$\frac{R_3 + h}{R_3} = 10,$$

$$1 + \frac{h}{R_3} = 10, \quad \frac{h}{R_3} = 10 - 1, \quad h = 9R_3.$$

Відповідь: $h = 9R_3$.

2. Визначте масу Сонця, вважаючи орбіту Землі коловою, якщо швидкість обертання Землі навколо Сонця 30 км/с, а радіус земної орбіти $1,5 \cdot 10^8$ км. (Розв'язання задачі записано на дошці, учитель його коментує.)

Дано:	СИ	Розв'язання
$v = 30 \text{ км/с}$	$v = 3 \cdot 10^4 \text{ м/с}$	На Землю діє сила
$R = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$	$R = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$	притягання Сонця:
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$		$F = G \cdot \frac{M_c \cdot M_3}{R^2}$
(з таблиці)		Цю силу можна також
$M_c = ?$		знайти з другого закону
		Ньютона:

$$F = M_3 \cdot a_d = \frac{M_3 \cdot v^2}{R}, \quad G \cdot \frac{M_c \cdot M_3}{R^2} = \frac{M_3 \cdot v^2}{R}, \quad G \cdot \frac{M_c}{R} = v^2,$$

$$M_c = \frac{R \cdot v^2}{G}, \quad [M_c] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{Н}} = \text{кг}.$$

$$M_c = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \cdot (3 \cdot 10^4)^2}{6,67 \cdot 10^{-11}} \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $M_c = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$.

VII. Підбиття підсумків уроку

Завдання класу

Учитель пропонує учням визначити ключові слова уроку, мотивуючи свій вибір за методом «Ключові слова» (див. додаток 4).

Далі учитель акцентує увагу учнів на запитанні про те, чому ми не помічаємо взаємодії тіл між собою; наголошує, що вивчення цієї теми допомагає знайти відповідь на це запитання.

Виходячи із закону всесвітнього тяжіння $F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$, бачимо, що числове значення G дуже мале, тому гравітаційні сили між тілами невеликої маси так само малі і ми часто їх не помічаємо. Для тіл, які мають великі маси, ці сили досягають великих значень.

Слід також зазначити, що закон всесвітнього тяжіння дозволив Ньютону пояснити рух планет, припливи та відпливи, допоміг відкрити астрономам найвіддаленіші планети нашої системи — Нептун і Плутон. (Тільки обчисливши їх координати, вчені змогли знайти їх на небі.) На основі цього закону на багато років уперед були передбачені сонячні і місячні затемнення, обчислюється рух космічних кораблів.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.

- 1) У скільки разів сила притягання Землею штучного супутника більша на її поверхні, ніж на висоті трьох земних радіусів?
 - 2) З якою силою притягуються два тіла масою 80 т кожне, якщо відстань між ними 1000 м?
 - 3) Місяць рухається навколо Землі зі швидкістю 1 км/с. Середній радіус орбіти Місяця 384 000 км. Визначити масу Землі.
3. Виконати творче завдання.

Охарактеризувати закон всесвітнього тяжіння за планом характеристики фізичного закону (див. додаток 14).

УРОК № 20/8

Тема. Сила тяжіння. Вага і невагомість.

Мета: формування в учнів поняття сили тяжіння і ваги як фізичних величин, усвідомлення понять невагомості й перевантаження.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: динамометр, набір тіл.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Фронтальне опитування. Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Постановка проблемного запитання. Метод «Обери позицію»
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	14	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач. Метод «Діаграма Ейлера—Вена»
VII. Підбиття підсумків уроку	3	Метод «Сенкан»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
VIII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Учитель збирає зошити учнів (п'ять-шість зошитів вибірково) для перевірки домашнього завдання.

Фронтальне опитування

1. Охарактеризувати закон всесвітнього тяжіння за планом характеристики фізичного закону, за методом «Ланцюжок» (див. додаток 14).
2. Який фізичний зміст гравітаційної сталої?
3. Чому масу називають мірою гравітації?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Сила тяжіння як фізична величина.
2. Прискорення вільного падіння.
3. Вага.
4. Поняття перевантаження та невагомості.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Перш ніж поставити проблемне запитання, учитель пропонує учням таке твердження: «Я належу до числа тих людей, які можуть змінювати свою вагу практично миттєво: для цього мені достатньо зайти у кабінку ліфта і натиснути кнопку...»

Чи є правдивими ці слова? Зазначте свою відповідь на шкалі за методом «Обери позицію» (див. додаток 3).

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Сила тяжіння як фізична величина

Учитель наголошує на тому, що з поняттям сили тяжіння учні вже знайомі. Отже, використовуючи попередні знання, а також знання, набуті в курсі 10-го класу, за узагальненим планом характеристики фізичної величини охарактеризуємо силу

тяжіння як фізичну величину й водночас поглибимо та систематизуємо знання про неї.

Сила тяжіння як фізична величина

1. Сила тяжіння характеризує взаємодію Землі з тілом.
2. Сила тяжіння — це сила, з якою Земля притягує до себе тіла. Сила тяжіння — векторна фізична величина, яка чисельно визначається добутком маси тіла і прискорення вільного падіння.
3. $\vec{F}_T = m\vec{g}$.
4. $[F_T] = \text{Н (СИ)}$.
5. Визначається двома способами: прямим вимірюванням (за допомогою динамометра) та шляхом непрямих вимірювань (за формулою).
6. Зображення сили тяжіння (рис. 1).

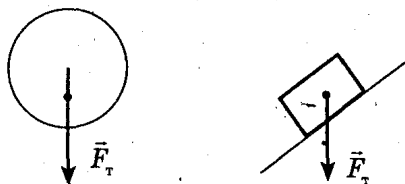


Рис. 1

Сила тяжіння завжди напрямлена до центра Землі так, як напрямлене прискорення вільного падіння.

Але кожна сила характеризується також і точкою прикладання. Будь-яке тіло можна розподілити на велику кількість частинок, на кожную з яких діятиме сила тяжіння, напрямлена вертикально вниз. Рівнодійна всіх цих сил тяжіння і є силою тяжіння, яка діє на тіло в цілому. Рівнодійну необхідно прикласти в такій точці, щоб вона чинила таку саму дію, як і всі малі сили тяжіння разом. Тоді можна розглядати рух тільки цієї точки.

Центром тяжіння тіла називають точку прикладання сили тяжіння, що діє на тіло.

Для однорідного симетричного тіла центр тяжіння знаходиться в центрі симетрії.

2. Прискорення вільного падіння

Знаючи закон всесвітнього тяжіння і формулу сили тяжіння, можна отримати вираз для знаходження прискорення вільного падіння.

Отже, Земля притягує тіло масою m , яке знаходиться на її поверхні, із силою $F = G \cdot \frac{m \cdot M_3}{R_3^2}$. Але цю саму силу можна вира-

зити і за допомогою формули сили тяжіння $F = mg$. Прирівнявши ці два вирази, отримаємо:

$$g = G \cdot \frac{M_3}{R_3^2}.$$

З цієї формули видно, що прискорення вільного падіння визначається тільки масою Землі і відстанню від центра Землі до тіла, тому є однаковим для всіх тіл незалежно від їх маси. Саме це і було встановлено Галілеєм.

Якщо тіло перебуває на висоті h над поверхнею Землі, то

$$g = G \cdot \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}.$$

3. Вага

Як вже відомо, вага — це сила, з якою тіло, внаслідок його притягання до Землі діє на опору або підвіс.

Чому ця сила виникає, як напрямлена і чому дорівнює? Наприклад, на столі лежить книжка (рис. 2). На неї, крім сили тяжіння $\vec{F}_r$, діє сила пружності з боку столу $\vec{N}$, напрямлена вгору. За третім законом Ньютона з боку книжки на стіл діє також сила пружності $\vec{P}$, яка напрямлена вниз. Це і є вага книжки.

Оскільки $\vec{P} = -\vec{N}$ і $\vec{N} + m\vec{g} = 0$ ($Oy: mg - N = 0$), то $N = mg$. Отже, $P = mg$.

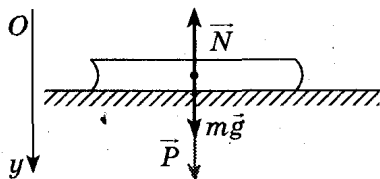


Рис. 2

Вага тіла, яке перебуває в спокої, дорівнює силі тяжіння, що діє на нього. Це справедливо і для тіла, що рухається зі сталою швидкістю, бо рівнодійна всіх сил дорівнює нулю.

4. Поняття перевантаження та невагомості

Запитання до класу

Чому дорівнює вага, якщо тіло рухається з прискоренням?

Демонстрація 1. Підвісити тіло до динамометра і зафіксувати його покази. Різко підняти динамометр з підвішеним до нього тілом. Покази динамометра збільшаться (рис. 3).

Отже, виникло так зване перевантаження, або збільшення ваги. Оскільки $P = F_{\text{пр}}$ і проекція другого закону Ньютона на Oy $P - mg = ma$, то $P = ma + mg$, $P = m(a + g)$.

Вага тіла, яке рухається з прискоренням вгору, обчислюється за формулою $P = m(a + g)$.

Ми знаємо, що перевантажень зазнають пасажирів ліфта, який починає підніматися; космонавти в ракеті, що злітає у космос; льотчики, що виходять з пікірування чи в нижній частині «мертвої петлі». Які перевантаження може витримати людина?

Під час перевантажування збільшується не тільки вага людини в цілому, а й кожного органа, кістки в її організмі; вони сильніше діють одне на одного, спричиняючи больові відчуття і можуть загрожувати здоров'ю або навіть життю. Здорова людина може без шкоди для себе витримувати короточасні триразові перевантаження. Космонавтам же доводиться витримувати перевантаження у 8—9 разів, тому вони перед польотом тривалий час тренуються за допомогою спеціальних апаратів. Свої межі на перевантаження мають і машини, механізми, прилади.

Демонстрація 2. Підвісити тіло до динамометра і зафіксувати його показання. Різно опустити динамометр з підвішеним до нього тілом. Показання динамометра зменшаться (рис. 4).

Отже, виникло зменшення ваги ($P = F_{\text{пр}}$, $Oy: mg - P = ma$, $P = mg - ma$, $P = m(g - a)$).

Вага тіла, яке рухається з прискоренням вниз, обчислюється за формулою $P = m(g - a)$.

Часткову втрату ваги відчувають люди в ліфті, що рухається вниз, пасажирів автомобіля у верхній точці випуклого мосту.

Демонстрація 3. Підвісити тіло до динамометра і за шкалою визначити його вагу. Тепер випустити динамометр з рук. Можна помітити, що стрілка динамометра показує нуль, тобто вага тіла дорівнює нулю (рис. 5). У такому випадку говорять, що тіло стало невагомим.

З формули $P = m(g - a)$ видно, що вага дорівнює нулю, якщо $g = a$. А це можливо, якщо на тіло діє тільки сила тяжіння.

Станом невагомості називається стан, за якого вага тіла дорівнює нулю. Тіло перебуває у стані невагомості, якщо на нього діє тільки сила тяжіння.

Невагомі, наприклад, штучні супутники Землі на своїй орбіті, космонавти і всі предмети всередині космічного корабля. Невагомість відчувають плавці, стрибнувши з вишки, парашутисти в перші хвилини падіння. Характерною властивістю стану невагомості є відсутність «внутрішніх напружень» у тілі, наприклад тиснення одних органів на інші.

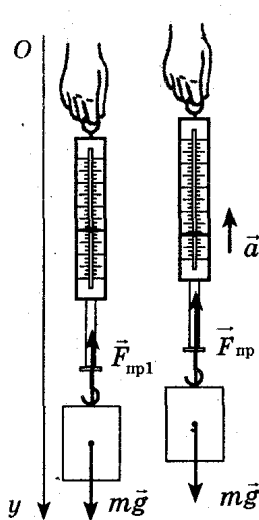


Рис. 3

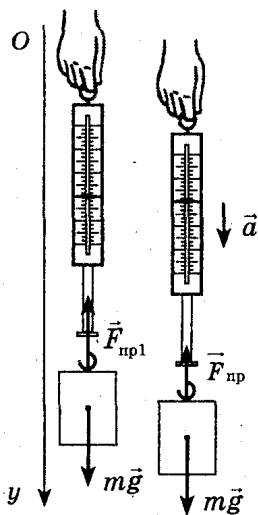


Рис. 4

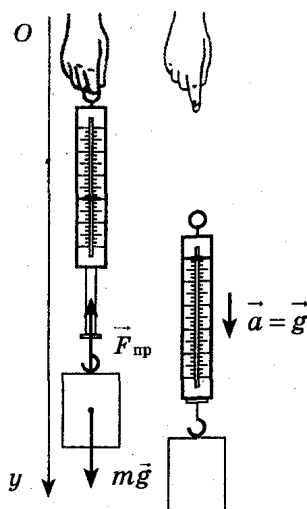


Рис. 5

VI. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач (усно)

1. Чому сила тяжіння на екваторі Землі менша, ніж на полюсах?
2. Чи може камінь під час падіння ударитися об землю із силою, яка перевищує вагу?
3. Чи діє сила тяжіння на птаха, що летить?
4. Сталеву кулю переклали з поверхні стола в стакан із водою. Чи змінилася при цьому сила тяжіння, що діє на кулю?
5. Чи є вага у дерева, що росте у дворі?
6. До якого тіла прикладена вага мухи, що повзе по стелі?
7. У яких місцях Землі найлегше встановити рекорд у стрибках і в метанні на відстань?

Завдання класу

Порівняйте силу тяжіння і вагу, користуючись порівняльною діаграмою за методом «Діаграма Ейлера—Вена» (див. додаток 12).

Для перевірки діаграми один учень зачитує спільні властивості, другий — притаманні тільки вазі, третій — притаманні тільки силі тяжіння; решта учнів доповнюють відповіді.

Відмінності ваги тіла та сили тяжіння:

- 1) вага тіла і сила тяжіння, що діє на нього, прикладені до різних тіл: сила тяжіння — до самого тіла, а вага — до опору або підвісу;
- 2) вага тіла і сила тяжіння мають різну фізичну природу;

- 3) вага тіла дорівнює силі тяжіння лише для тіла, яке перебуває у спокої або рухається зі сталою швидкістю.

VII. Підбиття підсумків уроку

Завдання класу

Напишіть сенкан на тему «Вага» (див. додаток 10).

П'ять-шість учнів зачитують складені сенкани, а потім усі разом обговорюють проблемне запитання, поставлене на початку уроку.

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Знайти вагу космонавта масою 80 кг під час стартування ракети з поверхні Землі вертикально вгору з прискоренням 15 м/с^2 .
 - 2) У ліфті спускається пасажир масою 60 кг. Знайти його вагу на початку і в кінці спуску, якщо прискорення ліфта 2 м/с^2 .
 - 3) Спортсмен штовхнув ядро горизонтально. Чи можна сказати, що воно перебуває в стані невагомості. Відповідь обґрунтувати.
3. Виконати творче завдання (за бажанням).

Написати есе «Я належу до числа тих людей, які можуть змінювати свою вагу декілька разів на добу...» (пояснити зміну ваги протягом дня за різних умов).

УРОК № 21/9

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про силу тяжіння і вагу як фізичні величини, про поняття перевантаження та невагомості; обчислення ваги у стані спокою і при рівноприскореному русі вгору і вниз; продовження формування навичок і вмінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	15	Фізичний диктант
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення вчителя, бесіда
IV. Застосування набутих знань	23	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель збирає есе учнів.

Фізичний диктант

Закінчіть речення так, щоб отримати правильне твердження.

1. Сила, з якою Земля притягує до себе тіла; векторна фізична величина, яка чисельно визначається добутком маси тіла і прискорення вільного падіння, — сила... (тяжіння).
2. Сила, з якою тіло внаслідок його притягання до Землі діє на опору чи підвіс, називається... (вагою).
3. Збільшення ваги внаслідок рівноприскореного руху тіла вгору називається... (перевантаженням).
4. Зникнення ваги тіла під час його руху тільки під дією сили тяжіння називається... (невагомістю).
5. Сила тяжіння обчислюється за формулою... ($F_T = mg$).
6. Вага нерухомого тіла обчислюється за формулою... ($P = mg$).
7. Вага тіла під час рівноприскореного руху вгору обчислюється за формулою... ($P = m(a + g)$).
8. Вага тіла під час рівноприскореного руху вниз обчислюється за формулою... ($P = m(g - a)$).
9. Прискорення вільного падіння з масою та радіусом Землі пов'язує формула...
$$\left(g = G \cdot \frac{M_3}{R_3^2} \right).$$

Перевірка диктанту здійснюється способом взаємоперевірки в парах (правильні відповіді записані на дошці).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему, мету уроку. Характеризує типи завдань, які будуть розв'язані.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

У всіх задачах вважати, що $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1. Чи може камінь вдаритися об Землю із силою, що перевищує його вагу?
2. Знайдіть масу тіла, на яке поблизу поверхні Землі діє сила 250 Н.
3. Брусок діє на поверхню столу із силою 50 Н. Як називається ця сила? Вона більша чи менша, ніж сила тяжіння бруска? Яка маса бруска?
4. Чи відчуває людина, яка біжить, стани невагомості і перевантаження?
5. Чи перебуває в стані невагомості космонавт: а) у кабіні космічного корабля під час польоту по орбіті; б) під час виходу у відкритий космос?
6. Чим характеризується стан перевантаження? В який момент космонавт відчуває перевантаження?

Розв'язування задач (письмово)

1. На мідну кулю об'ємом 120 см^3 діє сила 8,5 Н. Куля суцільна чи порожниста?

Дано:	СІ	Розв'язання
$V = 120 \text{ см}^3$	$V = 120 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$	$F_T = mg, F_T = \rho Vg, \rho = \frac{F_T}{Vg},$
$F_T = 8,5 \text{ Н}$	$F_T = 8,5 \text{ Н}$	$[\rho] = \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{м}^3 \cdot \text{Н}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$
$\rho - ?$		$\rho = \frac{8,5}{120 \cdot 10^{-6} \cdot 9,8} \approx 7228 \text{ (кг/м}^3\text{)},$
		$\rho_m = 8900 \text{ кг/м}^3.$

Відповідь: $\rho < \rho_m$, отже, куля порожниста.

2. Чому дорівнює вага вантажу масою 100 кг під час його рівноприскореного підйому ліфтом, якщо ліфт досяг швидкості 3 м/с, пройшовши шлях 18 м?

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Яке прискорення має рухомий ліфт, якщо вага тіла, яке знаходиться в ліфті, стане рівною 490 Н? Маса тіла 70 кг.
 - 2) З якою швидкістю буде тиснути на сидіння льотчик масою 75 кг, виводячи літак з пікірування зі швидкістю 540 км/год, якщо радіус траєкторії при цьому 450 м?
3. Виконати творче завдання.

Підготувати повідомлення (на 3–4 хв) на одну з тем:

 - 1) «Значення робіт К. Ціолковського для космонавтики».
 - 2) «Успіхи в освоєнні космосу (історія космонавтики)».
 - 3) «Розвиток космонавтики в Україні».
 - 4) «Наукове і практичне значення космонавтики».

УРОК № 22/10

Тема. Штучні супутники Землі. Розвиток космонавтики.

Мета: ознайомлення учнів із поняттям штучного супутника Землі, космічних швидкостей та їх змісту; формування вмінь розраховувати першу космічну швидкість; розглядання історію космонавтики, її наукового і практичного значень.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	5	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Метод «Асоціативний куц»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Сприймання й пер- винне осмислення нового матеріалу	24	Пояснення вчителя з еле- ментами евристичної бесіди, повідомлення учнів
VI. Закріплення нового матеріалу	5	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку	3	Метод «Ключові слова»
VIII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фронтальне опитування

1. Що називається гравітаційною взаємодією?
2. Сформулюйте закон всесвітнього тяжіння, наведіть його математичний запис.
3. Яку силу називають силою тяжіння?
4. Поясніть фізичний зміст прискорення вільного падіння.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття штучного супутника Землі.
2. Перша космічна швидкість.
3. Розвиток космонавтики, її наукове і практичне значення.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням прокоментувати слова К. Ціолковського: «Людство не залишиться назавжди на Землі, але в гонитві за простором спочатку несміливо проникне за межі атмосфери, а потім підпорядкує собі весь навколосонячний простір».

Запитання до класу

1. Чи здійснилася мрія людства про освоєння космосу повною мірою?

2. Чи є актуальною, на ваш погляд, проблема вдосконалення космічної техніки?
3. Навіщо в шкільному курсі вивчати штучні супутники Землі, будову і фізичні основи руху космічних ракет?

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Поняття штучного супутника Землі

Цікавим і важливим випадком руху тіла під дією сили тяжіння є рух штучних супутників Землі. І. Ньютон писав в одній із своїх праць: «Уявімо собі, що на дуже високій горі встановили величезну гармату і стріляють з неї в горизонтальному напрямі. Чим більша швидкість снаряда, тим далі він полетить. І якщо швидкість снаряда буде достатньо великою, то він облетить всю Землю по коловій орбіті, тобто стане штучним супутником Землі». Дійсно, така ситуація можлива, якщо тіло, кинуте горизонтально, буде падати на Землю, а Земля нібито «відходить» з-під тіла на таку саму відстань. У результаті тіло буде рухатись на висоті h над поверхнею Землі.

Штучний супутник Землі — це тіло, яке рухається на певній висоті над поверхнею Землі по коловій орбіті.

2. Перша космічна швидкість

Швидкість, за якої тіло, що кинуте горизонтально, починає обертатися по колу навколо Землі поблизу її поверхні, називається першою космічною швидкістю.

Обчислимо першу космічну швидкість для супутника, який обертається навколо Землі по коловій орбіті на невеликій висоті h ($h \ll R$). У цьому випадку доцентрове прискорення супутника дорівнює прискоренню вільного падіння: $a = g$. Але доцентрове прискорення $a = \frac{v^2}{R}$, де R — радіус Землі, $\frac{v^2}{R} = g$, $v = \sqrt{gR}$.

Якщо підставити в цю формулу $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ і $R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$, то $v \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

Надати такої швидкості тілу не просто. Тільки 4 жовтня 1957 р. вперше в історії людства вченим і інженерам колишнього СРСР вдалося за допомогою потужної ракети надати першої космічної швидкості тілу масою 83 кг, яке й стало першим штучним супутником Землі.

Завдання класу

1. Проаналізуйте формулу першої космічної швидкості.
2. Чи залежить вона від характеристик тіла? Який з цього можна зробити висновок?

Як запускають штучні супутники? Для того щоб це зробити, супутник за допомогою ракети-носія виводять у верхні шари атмосфери, а потім одночасно розганяють до першої космічної швидкості і піднімають до обчисленої висоти. При цьому на цій висоті вектор швидкості направлений перпендикулярно до радіуса кола, по якому супутник рухається.

Мінімальна швидкість, яка необхідна для того, аби супутник вийшов зі сфери земного тяжіння і став штучним супутником Землі і супутником Сонця, називається другою космічною швидкістю. Вона дорівнює $v \approx 11,2 \cdot 10^3$ м/с. Вперше друга космічна швидкість була досягнута в СРСР 2 січня 1959 р.

Мінімальна швидкість, яка необхідна для того, аби космічний корабель подолав притягання Сонця і віддалився в простори Галактики, називається третьою космічною швидкістю. Її величина залежить від напрямку запуску космічного корабля. Якщо запускати у напрямі орбітального руху Землі навколо Сонця, тоді вона дорівнюватиме 17 км/с. Якщо ж запускати корабель в бік, протилежний руху Землі, то третя космічна швидкість зростає до 73 км/с.

3. Розвиток космонавтики, її наукове і практичне значення

Учні виступають з повідомленнями, підготовленими вдома.

VI. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач

Учитель коментує задачу за розв'язанням, записаним на дошці.

Задача. Яку швидкість має супутник Землі, який рухається по коловій орбіті на висоті $3,6 \cdot 10^6$ м над поверхнею Землі? Радіус Землі $6,4 \cdot 10^6$ м, прискорення вільного падіння 10 м/с².

Дано:

$$h = 3,6 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$g_{01} = 10 \text{ м/с}^2$$

$v = ?$

Розв'язання

Швидкість супутника і радіус орбіти обчислюють за формулами $v = \sqrt{gr}$, $r = R + h$ відповідно.

Прискорення вільного падіння на висоті h і на поверхні відповідно дорівнюють:

$$g = G \frac{M}{r^2} \text{ і } g_0 = G \frac{M}{R^2}, \quad \frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{r^2} \Rightarrow g = g_0 \frac{R^2}{r^2}.$$

Тоді перша космічна швидкість дорівнює:

$$v = \sqrt{\frac{R^2 g_0 r}{r^2}} = R \sqrt{\frac{g_0}{r}}, \quad [v] = \text{м} \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$v = 6,4 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{10}{(3,6 + 6,4) \cdot 10^6}} = 6,4 \cdot 10^3 \text{ (м/с)}.$$

Відповідь: $v = 6,4 \cdot 10^3 \text{ м/с}$.

VII. Підбиття підсумків уроку

Завдання класу

Учитель підбиває підсумок уроку, використовуючи метод «Ключові слова» (див. додаток 4). Учні пропонується назвати три «ключових слова», які вони вважають головними, та прокоментувати свій вибір.

Учитель оцінює діяльність учнів на уроці.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за конспектом.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Довести, що коли супутник рухається по коловій орбіті на висоті h над поверхнею Землі, його швидкість становить

$$v = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}.$$
 - 2) Обчислити першу космічну швидкість на висоті трьох земних радіусів.
 - 3) Перша космічна швидкість поблизу якоїсь планети радіуса 4000 км дорівнює 4 км/с. Яке прискорення вільного падіння на поверхні цієї планети?

УРОК № 23/11

Тема. Контрольна робота № 1.

Мета: оцінка знань і умінь учнів з теми «Динаміка», виявлення прогалин в знаннях для подальшого їх усунення.

Тип уроку: контроль і корекція навчальних досягнень.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар учителя, інструктаж щодо виконання контрольної роботи

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота учнів за посібником [3]
III. Домашнє завдання	2	Коментар учителя, інструктаж

УРОК № 24/12

Тема. Рух тіла під дією кількох сил.

Мета: систематизація й узагальнення знань про закони руху, сили в механіці, способи розв'язування задач з динаміки; формування вміння класифікувати задачі на рух тіла під дією декількох сил.

Тип уроку: урок узагальнення й систематизації знань.

Наочність: схема «Закони Ньютона», табл. 1 і 2, алгоритм розв'язування задач — для кожного учня.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
III. Повторення і аналіз фактів	6	Фронтальне опитування
IV. Встановлення загальних закономірностей	30	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Запитання до класу

1. Чи часто в житті трапляються випадки, коли наше тіло рухається тільки під дією однієї сили?

2. Чому важливо вміти вивчати рух тіла під дією декількох сил? Яке практичне значення це має?

Учитель повідомляє тему й мету уроку.

III. Повторення і аналіз фактів

Фронтальне опитування

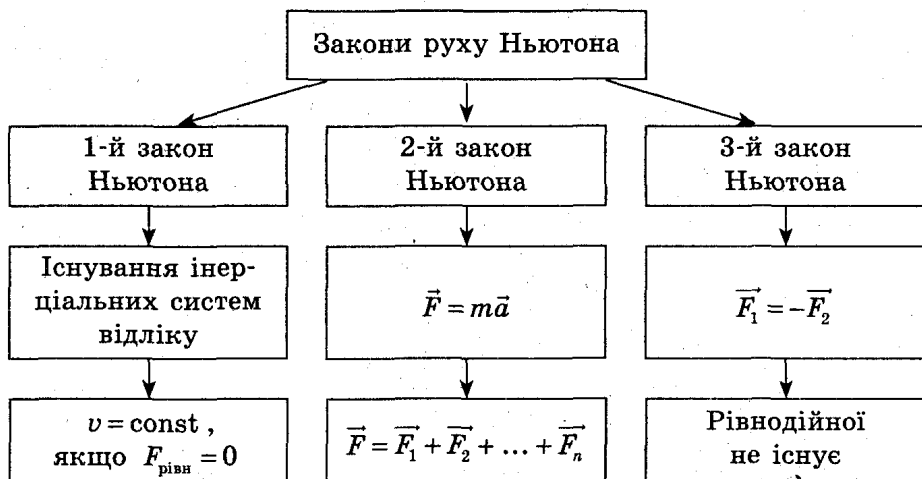
1. Які сили розглядаються в механіці?
2. Дати означення сили всесвітнього тяжіння.
3. Дати означення сили тяжіння.
4. Дати означення сили пружності.
5. Дати означення сили тертя.

IV. Встановлення загальних закономірностей

Роздруковані табл. 1 і 2 мають бути у кожного учня на парті та відображені на дошці.

Наведену далі схему і табл. 1 доцільно роздати кожному учневі та навести на дошці, щоби учні мали можливість коментувати під керівництвом учителя.

Можна застосувати метод «Ланцюжок» або фронтальне опитування для систематизації знань із тем «Закони Ньютона» та «Сили в механіці».



Закон Ньютона застосовується:

- 1) для інерціальних систем відліку;
- 2) для матеріальних точок;
- 3) для $v \ll c$ (c — швидкість світла).

Учитель наголошує, що задачі з динаміки, в яких розглядається рух тіла під дією декількох сил, можна поділити на певні групи (див. табл. 2, с. 130) та розв'язується за певним алгоритмом.

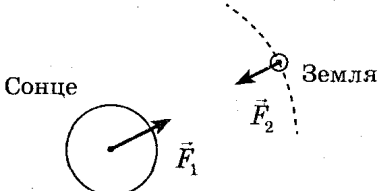
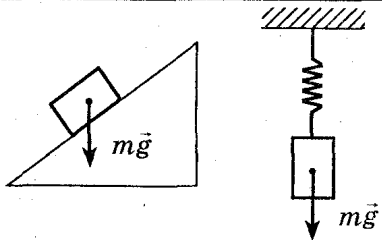
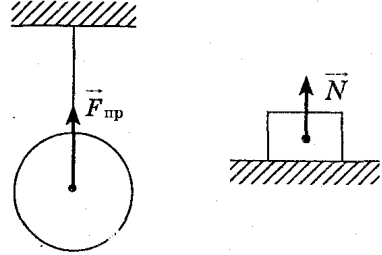
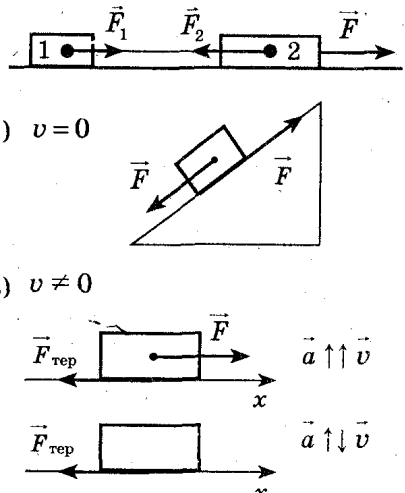
Алгоритм розв'язування задач з динаміки,
якщо тіло рухається під дією кількох сил

1. Проаналізувати задачу і з'ясувати, скільки сил входить у рухому систему.
2. Записати стислу умову задачі, перевести всі дані в СІ.
3. Зобразити на схемі рухомі тіла та сили, які діють на кожне тіло.
4. Визначити характер руху тіла (рівномірний чи рівноприскорений).
5. Записати рівняння руху тіла у векторній формі для кожного тіла (рівняння другого закону Ньютона у векторному вигляді $\vec{F} = m\vec{a}$, де $\vec{F}$ — рівнодійна всіх сил, які діють на тіло).
6. Вибрати для кожного рухомого тіла напрям розкладання сил:
 - 1) якщо тіло рухається рівномірно (або перебуває у спокої), напрям вибирається у вільний спосіб;
 - 2) якщо тіло рухається з прискоренням, то вісь Ox спрямовується вздовж напрямку прискорення, а вісь Oy — перпендикулярно.
7. Розкласти по цих осях сили, що діють на тіло.
8. Записати рівняння другого закону Ньютона у проекціях на осі координат (проекція сили додатна, якщо її напрям збігається з напрямом осі, і від'ємна, якщо вони напрямлені протилежно).
9. Визначити число невідомих в рівняннях; якщо число невідомих більше від числа рівнянь, доповнити систему рівняннями кінематики.
10. Розв'язати систему рівнянь у загальному вигляді.
11. Перевірити правильність отриманої формули методом перевірки одиниць фізичних величин.
12. Знайти числові значення шуканих величин.
13. Провести аналіз отриманих результатів.

Сили

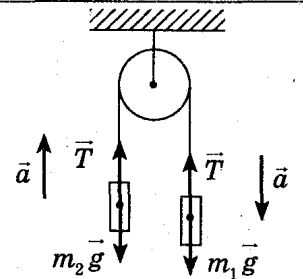
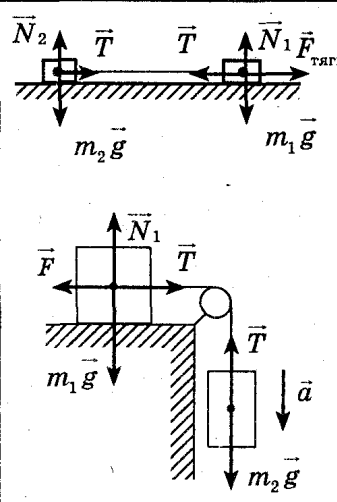
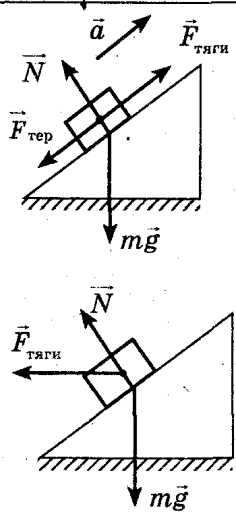
Вид сили	Природа	Умови виникнення	Від чого залежить сила
Сила всесвітнього тяжіння	Гравітаційна	Гравітаційна взаємодія	Від мас взаємодіючих тіл і відстані між ними
Сила тяжіння			Від маси тіла
Сила пружності	Електромагнітна	Деформація	Від координати
Сила тертя	Електромагнітна	Безпосереднє дотикання	Від відносної швидкості руху тіл

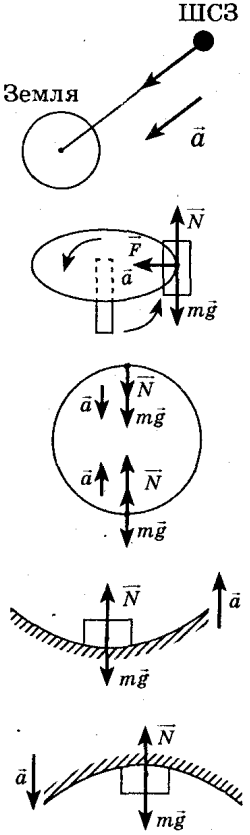
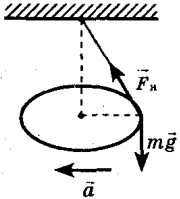
в механіці

Формула	Напрямок дії сили	Приклади
$F = G \frac{mM}{R^2}$	Уздовж лінії, яка сполучає центри мас	 Сонце Земля $\vec{F}_1$ $\vec{F}_2$
$F = mg$	До центра Землі	 $m\vec{g}$ $m\vec{g}$
$F_{\text{пр}x} = -kx$	Перпендикулярно до поверхні стикання тіл і протилежно до напрямку зміщення частин тіла при деформації	 $\vec{F}_{\text{пр}}$ $\vec{N}$
$F_{\text{тер}} = \mu N$	Уздовж поверхні дотикання тіл, протилежно до напрямку швидкості	 1) $v = 0$ 2) $v \neq 0$ $\vec{F}_{\text{тер}}$ $\vec{F}$ $\vec{a} \uparrow \vec{v}$ $\vec{F}_{\text{тер}}$ $\vec{F}$ $\vec{a} \uparrow \vec{v}$ x x

**Типи задач для випадків, коли тіло
рухається під дією декількох сил**

Типи задач	Рисунки	Рівняння руху для загального випадку
Рух тіла у вертикаль- ному напрямі		$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{пр}$
Рух тіла у горизон- тальному на- прямі		$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тер} + \vec{F}_{тяги}$

Типи задач	Рисунки	Рівняння руху для загального випадку
Рух системи тіл у вертикальному напрямі		$\begin{cases} m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} \\ m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{T} \end{cases}$
Рух системи тіл у горизонтальному напрямі		$\begin{cases} m_1 \vec{a} = m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{T} \\ m_2 \vec{a} = m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{T} \end{cases}$
Рух тіла по похилій площині		$m \vec{a} = m \vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тер}} + \vec{F}_{\text{тяги}}$

Типи задач	Рисунки	Рівняння руху для загального випадку
Рух тіла по колу, дузі кола		$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N}$
Рух тіла на повороті		$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_n$

Розв'язування задач (усно)

Розглядається зразок розв'язування задачі із застосуванням наведеного алгоритму. Розв'язування задачі записано на дошці, учитель коментує його, організовуючи бесіду з учнями.

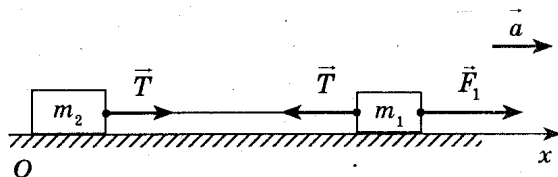
Задача. На гладкій поверхні столу лежать два зв'язані ниткою тіла масами 200 і 300 г. З яким прискоренням будуть ру-

хатись тіла, якщо до тіла меншої маси прикладають силу 1,5 Н, напрямлену паралельно площині столу? Якою при цьому буде сила натягу нитки?

Дано:	СІ
$m_1 = 200 \text{ г}$	$m_1 = 0,2 \text{ кг}$
$m_2 = 300 \text{ г}$	$m_2 = 0,3 \text{ кг}$
$F_{1x} = 1,5 \text{ Н}$	$F_{1x} = 1,5 \text{ Н}$
$a_x = ?$	
$T_x = ?$	

Розв'язання

До системи входять два зв'язані тіла. Система рухається з прискоренням уздовж осі Ox (див. рисунок).



$$\vec{F}_1 + \vec{T} = m_1 \vec{a}, \quad \vec{T} = m_2 \vec{a}.$$

Проектуємо сили на вибрану вісь Ox :

$$F_{1x} - T_x = m_1 a_x, \quad T_x = m_2 a_x, \quad F_{1x} - m_2 a_x = m_1 a_x, \quad F_{1x} = m_1 a_x + m_2 a_x.$$

$$F_{1x} = (m_1 + m_2) a_x, \quad a_x = \frac{F_{1x}}{m_1 + m_2}, \quad [a_x] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

$$a_x = \frac{1,5}{0,2 + 0,3} = 3 \text{ (м/с}^2\text{)}, \quad [T] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}, \quad T = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $a_x = 3 \text{ м/с}^2$, $T_x = 0,9 \text{ Н}$.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Опрацювати матеріал за табл. 1 і 2 та схемою.
2. Проаналізувати алгоритм розв'язування задачі.
3. Повторити розкладання сил, дії над векторами, тригонометричні функції $\cos$, $\sin$.
4. Розв'язати задачу за алгоритмом (учитель інструктує учнів щодо її розв'язання).

На столі лежать два бруски масами 400 і 600 г, зв'язані ниткою. До одного з тіл прикладена горизонтально напрямлена сила 2 Н. Визначити силу натягу нитки, якщо стіл шорсткий, коефіцієнт тертя $\mu = 0,04$, сила прикладена до більшого за масою бруска, рух рівноприскорений.

УРОК № 25/13

Тема. Розв'язування задач.

Мета: продовження формування навичок і вмінь учнів розв'язувати задачі з динаміки, вивчаючи рух тіла під дією декількох сил і застосовуючи набуті теоретичні знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Наочність: картка з алгоритмом розв'язування задачі з динаміки, коли тіло рухається під дією кількох сил, табл. 2 — для кожного учня.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	12	Бесіда, розв'язування задач
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення вчителя, бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис до учнівських зошитів
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Запитання для організації бесіди

1. Під дією яких сил тіло може здійснювати рух?
2. Які закони механіки ураховуються під час розгляду фізичних задач, коли тіло рухається під дією декількох сил?
3. Наведіть алгоритм розв'язування задачі з динаміки, коли тіло рухається під дією кількох сил.
4. Як знайти косинус та синус кута α прямокутного трикутника (рис. 1)? ($\cos \alpha = \frac{a}{c}$; $\sin \alpha = \frac{b}{c}$.)

5. Виконати розкладання сил на прикладі сили тяжіння, яка діє на тіло, що знаходиться на похилій площині (рис. 2).

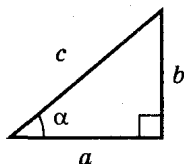


Рис. 1

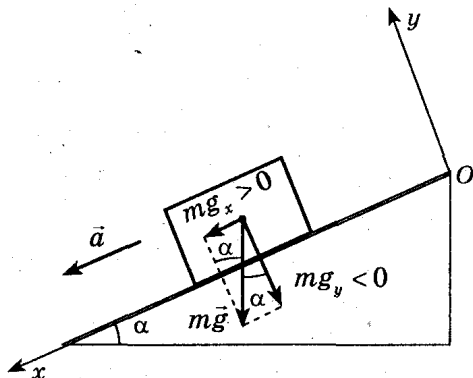


Рис. 2

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему і мету уроку. Наголошує на тому, що під час виконання домашнього завдання учні розв'язували задачу типу «рух системи тіл у горизонтальному напрямі». На уроці будуть розглянуті задачі типу «рух тіла у вертикальному напрямі», «рух системи тіл у горизонтальному (вертикальному) напрямі», «рух тіла по похилій площині» (див. табл. 2).

IV. Застосування набутих знань

1. (З домашнього завдання за попередній урок.)

Задача записана на дошці. Учні перевіряють її розв'язання, в ході перевірки учитель може ставити запитання.

Дано:	СИ	Розв'язання
$m_1 = 400 \text{ г}$	$m_1 = 0,4 \text{ кг}$	До системи входять два зв'язані ниткою тіла. Система рухається з прискоренням уздовж осі Ox (рис. 3).
$m_2 = 600 \text{ г}$	$m_2 = 0,6 \text{ кг}$	
$F_x = 2 \text{ Н}$	$F_x = 2 \text{ Н}$	
$\mu = 0,04$		
$T_x - ?$		

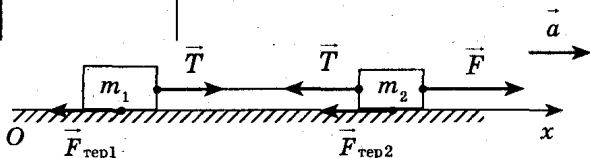


Рис. 3

$$\vec{F} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тер}_2} = m_2 \vec{a}, \quad \vec{T} + \vec{F}_{\text{тер}_2} = m_1 \vec{a}.$$

Проектуємо сили на вибрану вісь Ox :

$$F - T - F_{\text{тер}_2} = m_2 a, \quad T - F_{\text{тер}_1} = m_1 a, \quad F - T - \mu m_2 g = m_2 a,$$

$$T - \mu m_1 g = m_1 a \Rightarrow T = m_1 a + \mu m_1 g, \quad F - m_1 a - \mu m_1 g - \mu m_2 g = m_2 a,$$

$$F - \mu g(m_1 + m_2) = a(m_1 + m_2), \quad a = \frac{F - \mu g(m_1 + m_2)}{m_1 + m_2},$$

$$[a] = \frac{\text{Н} - \frac{\text{М}(\text{кг} + \text{кг})}{\text{с}^2}}{\text{кг} + \text{кг}} = \frac{\frac{\text{М} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2} - \frac{\text{М} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2}}{\text{кг}} = \frac{\text{М} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2},$$

$$a = \frac{2 - 0,04 \cdot 10(0,4 + 0,6)}{0,4 + 0,6} = 1,6 \text{ (М/с}^2\text{)}, \quad [T] = \text{кг} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \text{Н},$$

$$T = 0,4 \cdot 1,6 + 0,04 \cdot 0,4 \cdot 10 = 0,8 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $T = 0,8 \text{ Н}$.

2. За якого прискорення розірветься трос під час піднімання вантажу масою 500 кг, якщо максимальна сила натягу тросу 15 кН (рис. 4)?

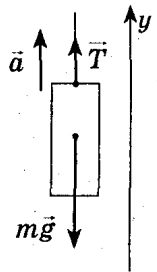
Дано:	Сі	Розв'язання
$m = 500 \text{ кг}$	$m = 500 \text{ кг}$	
$T = 15 \text{ кН}$	$T = 15\,000 \text{ Н}$	
$a = ?$		
$g = 10 \text{ М/с}^2$		

Рис. 4

$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}.$$

Проектуємо сили на вісь Oy : $T - mg = ma$, $T = m(a + g)$.

$$a = \frac{T}{m} - g, \quad [a] = \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \frac{\frac{\text{кг} \cdot \text{М}}{\text{с}^2}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} - \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \frac{\text{М}}{\text{с}^2}, \quad a = \frac{15\,000}{500} - 10 = 20 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right).$$

$$\text{Відповідь: } a = 20 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}.$$

3. Визначте прискорення під час руху системи тіл (рис. 5), якщо $m_1 = 180$ г, $m_2 = 120$ г. Коефіцієнт тертя $\mu = 0,3$.

Дано:	СИ
$m_1 = 180$ г	$m_1 = 0,18$ кг
$m_2 = 120$ г	$m_2 = 0,12$ кг
$\mu = 0,3$	
$a = ?$	
$g = 10$ м/с ²	

Розв'язання

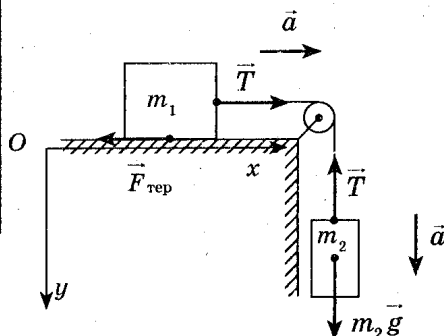


Рис. 5

До системи входять два тіла, пов'язані між собою. Система рухається з прискоренням $\vec{a}$: перше тіло вздовж осі Ox , друге — вздовж осі Oy :

$$1) \vec{F}_{\text{тер}} + \vec{T} = m_1 \vec{a}; \quad 2) \vec{T} + m_2 \vec{g} = m_2 \vec{a}.$$

Спроектуємо сили на відповідні координатні осі:

$$\text{вісь } Ox: -F_{\text{тер}} + T = m_1 a;$$

$$\text{вісь } Oy: -T + m_2 g = m_2 a, \quad T = m_2 g - m_2 a, \quad F_{\text{тер}} = \mu m_1 g,$$

$$-\mu m_1 g + m_2 g - m_2 a = m_1 a, \quad g(m_2 - \mu m_1) = (m_1 + m_2) a, \quad a = \frac{g(m_2 - \mu m_1)}{m_1 + m_2},$$

$$[a] = \frac{\text{м/с}^2 (\text{кг} - \text{кг})}{(\text{кг} + \text{кг})} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \quad a = \frac{10(0,12 - 0,3 \cdot 0,18)}{(0,12 + 0,18)} \approx 2,2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right).$$

Відповідь: $a = 2,2$ м/с².

4. Автомобіль масою 5 т рухається рівномірно вгору. Визначте силу тяги, яку розвиває двигун, якщо коефіцієнт тертя дорівнює 0,7, а кут підйому 30° , $g = 10$ м/с².

Дано:	СИ
$m = 5$ т	$m = 5000$ кг
$\alpha = 30$	$\alpha = 30^\circ$
$\mu = 0,3$	$\mu = 0,3$
$g = 10$ м/с ²	
$F = ?$	

Розв'язання

Тіло рухається по похилій площині вгору без прискорення (за умовою). Отже, тіло рухається одночасно вздовж осей Ox і Oy (рис. 6).

F — сила тяги.

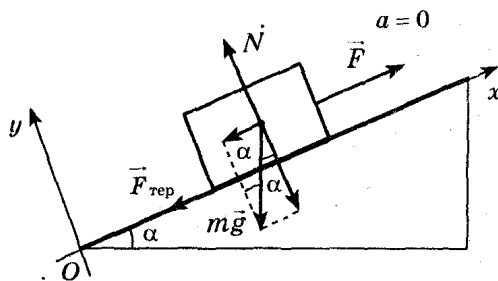


Рис. 6

$$\vec{F}_{\text{тер}} + \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} = 0$$

Спроектуємо сили на відповідні координатні осі:

вісь Ox : $-F_{\text{тер}} + F - mg \sin \alpha = 0$;

вісь Oy : $N - mg \cos \alpha = 0$, $F_{\text{тер}} = \mu N$, $N = mg \cos \alpha$,

$-\mu mg \cos \alpha + F - mg \sin \alpha = 0$, $F = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$,

$[F] = \text{кг} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \text{Н}$, $F = 5000 \cdot 10(0,7 \cdot 0,9 + 0,5) \approx 56\,500 \text{ (Н)}$.

Відповідь: $F \approx 56,5 \text{ Н}$.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

Розв'язати задачі.

(Учитель разом з учнями аналізує задачі, розглядає шляхи їх розв'язування. Учнім слід вибрати дві будь-які задачі з трьох.)

1. За рис. 7 знайти коефіцієнт тертя, якщо брусок масою 400 г під дією сили бруска масою 100 г проходить 80 см за 2 с.
2. З яким прискоренням ковзає брусок вниз по похилій площині з кутом нахилу 30° ? Коефіцієнт тертя 0,2.
3. Визначити прискорення системи вантажів та силу натягу нитки (рис. 8), якщо $\alpha = 30^\circ$, $m_1 = 2 \text{ кг}$, $m_2 = 1 \text{ кг}$. Коефіцієнт тертя 0,1.

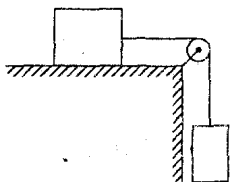


Рис. 7

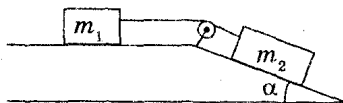


Рис. 8

Тема. Рівновага тіл. Момент сили. Умова рівноваги тіл.

Мета: ознайомлення учнів із поняттям статики як розділу фізики; формування знань про умови рівноваги та види рівноваги тіл, які знаходяться на поверхні та які мають вісь обертання.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: важіль, набір тягарців, картоплина, розрізана навпіл, дротина, табл. 1-3 — на кожного учня.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	6	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель акцентує увагу учнів на тому, що на уроці будуть розглянуті елементи такого розділу фізики, як статика, та нагадує, що у 8-му класі вони вже ознайомились із простими механізмами — важелем та блоком, з поняттям моменту сили та правилами рівноваги важеля. Ці поняття також розглядає і статика. Учитель пропонує учням після розгляду демонстрації відповісти на запитання, спираючись на вже отримані знання.

Демонстрація 1. Продемонструвати важіль демонстраційний. Рівновага важеля під дією двох сил.

Запитання до класу

1. Що таке важіль? Чим він характеризується?
2. Дати означення моменту сили.
3. За якої умови важіль як тіло, що має вісь обертання, перебуває в рівновазі?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім учитель просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Статика як розділ механіки.
2. Перша умова рівноваги.
3. Момент сили. Друга умова рівноваги.
4. Види рівноваги.

Спираючись на знання, отримані з історії, та власний досвід, учні дають відповідь на запитання, чому вивчення рівноваги є важливим.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Статика як розділ механіки

Статика (від грец. «статіке» — вчення про вагу, рівновагу) — розділ механіки, у якому вивчаються умови рівноваги тіл, тобто умови, за яких тіло може перебувати в спокої відносно певної інерціальної системи відліку.

У найдавніших працях з механіки вчені Єгипту та Греції переважно розглядали запитання статички, адже розуміли те, що повністю підтвердилось подальшим розвитком науки і особливо техніки: дія величезної кількості машин і механізмів ґрунтується на вченні про рівновагу тіл. Знаннями про рівновагу керуються і в архітектурі та будівництві. Так, будуючи будь-яку споруду, що має бути у спокої, треба переконатися, що вона дійсно перебуває саме в цьому стані.

2. Перша умова рівноваги

Згідно з другим законом Ньютона, якщо рівнодійна сил дорівнює нулю, то тіло перебуває в стані спокою:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0.$$

Перша умова рівноваги: для того щоб тіло залишалось в спокої (відносно інерціальної системи відліку), необхідно, щоб векторна сума всіх прикладених сил дорівнювала нулю.

Перша умова рівноваги розглядається для тіл, які можна вважати матеріальними точками. Використовуючи її, можна обчислити сили, які діють з боку тіла, що перебуває в спокої, на декілька опор або підвісів.

3. Момент сили. Друга умова рівноваги

Якщо тіло не можна розглядати як матеріальну точку, то виконання першої умови рівноваги може бути недостатньою для того, щоб тіло залишалося в спокої. Якщо сили прикладені не в одній точці, то тіло може почати обертатися.

Як відомо, прикладом тіла, що здатне до обертання, є важіль.

Демонстрація 1. Прикласти до важеля дві однакові сили, направлені в протилежні боки, в довільних точках. Це призводить до порушення його рівноваги, і важіль починає обертатися.

Отже, правило рівноваги в таких випадках є складнішим. Тому пригадаємо такі характеристики, як плече сили і момент сили.

Відстань від осі обертання до лінії дії сили називається **плечем сили**, відстань від точки до прямої — це перпендикуляр, опущений з цієї точки на дану пряму (рис. 1).

Добуток модуля на плече сили називається **моментом сили**.

Момент сили позначається символом M і визначається за формулою $M = F \cdot l$, $[M] = \text{Н} \cdot \text{м}$ (СІ).

Момент сили — величина скалярна. Щоб позначити напрям осі обертання тіла під дією певної сили, моменту приписується знак «-» чи «+».

Момент вважається від'ємним, якщо сила зумовлює обертання тіла за годинниковою стрілкою, і додатним — якщо проти годинникової стрілки.

Друга умова рівноваги (правило моментів): щоб тіло, закріплене на нерухомій осі, перебувало в рівновазі, необхідно, щоб алгебраїчна сума моментів прикладених сил відносно даної осі дорівнювала нулю:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0.$$

Точку прикладання сили можна переносити вздовж лінії дії цієї сили, не порушуючи умову рівноваги, бо момент сили не зміниться (рис. 2).

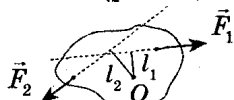


Рис. 1



Рис. 2

4. Види рівноваги

Демонстрація 2. Розрізати картоплину й насадити на дрiт. Розташовувати картоплину у трьох положеннях (рис. 3).

Види рівноваги:

- стійка** (рис. 3, а) — у разі відхилення тіло повертається в початкове положення;
- нестійка** (рис. 3, б) — у разі відхилення тіло ще більше віддаляється від положення рівноваги;
- байдужа** (рис. 3, в) — за будь-яких відхилень тіло залишається в положенні рівноваги.



а



б

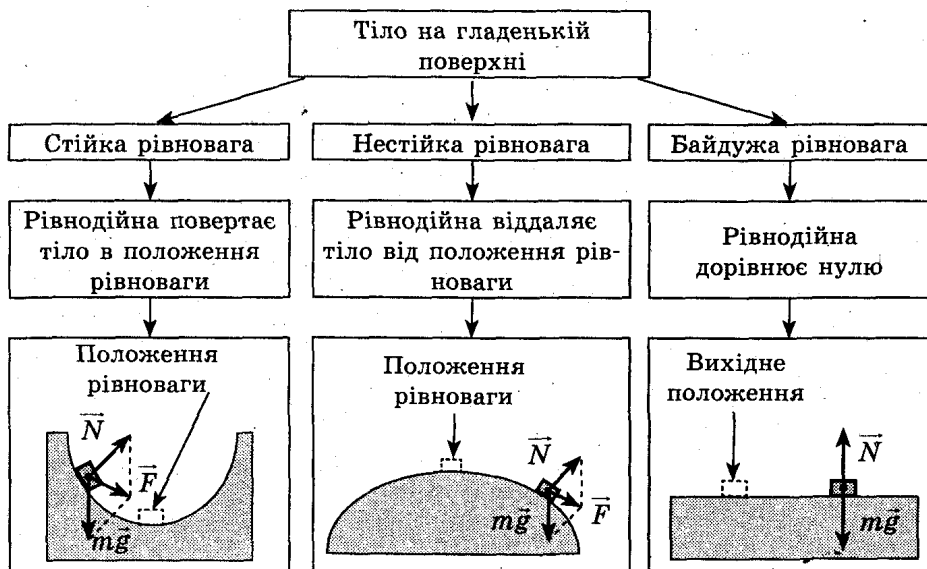


в

Рис. 3

Учитель пропонує учням розглянути схеми 1—3 та коментує їх, організуючи бесіду.

Схема 1



Характер рівноваги тіла, яке має горизонтальну вісь обертання, визначається моментом сили тяжіння. Для визначення умов рівноваги, необхідно повторити поняття центра тяжіння.

Центр тяжіння — це точка прикладання сили тяжіння.

Схема 2

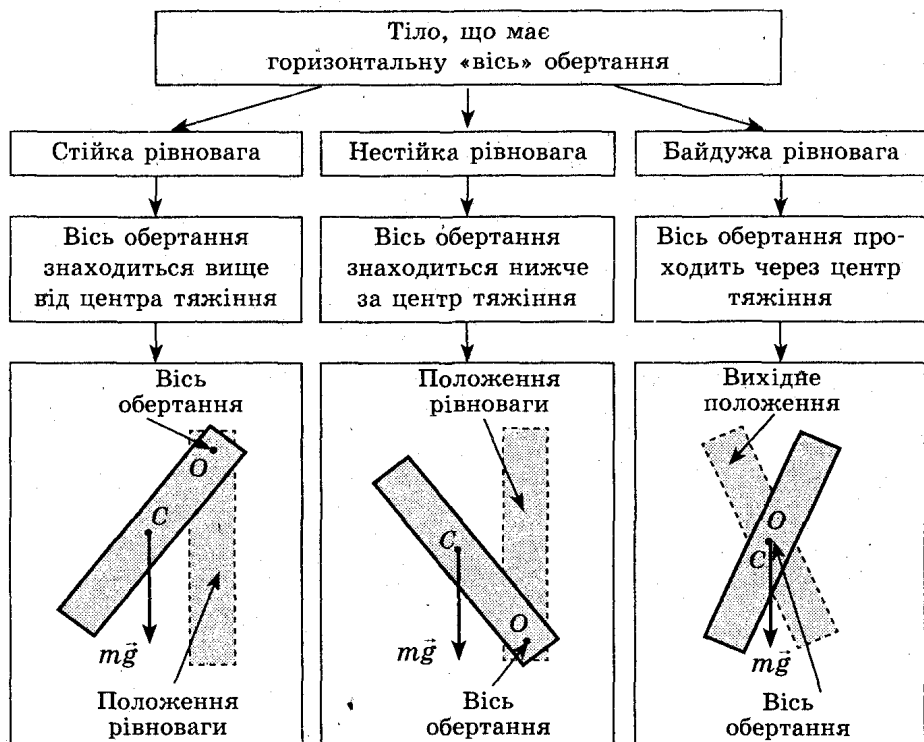
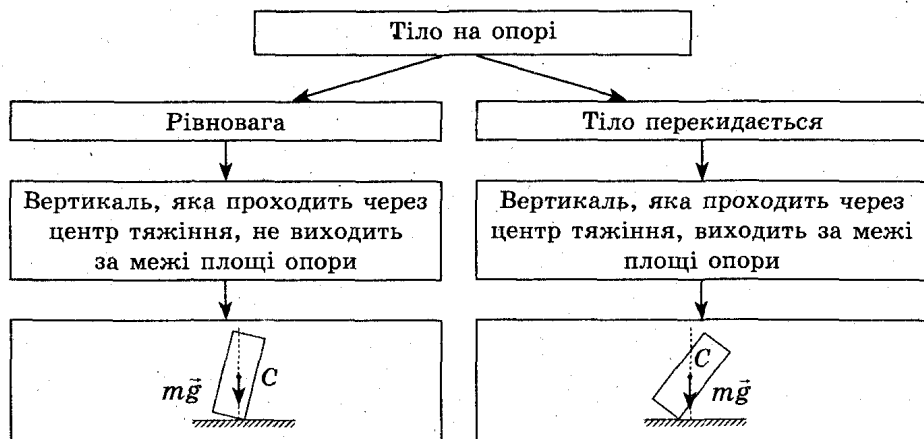


Схема 3



V. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач

Ліхтар масою 20 кг підвішений на двох однакових тросах, які утворюють кут 120° . Знайдіть силу натягу тросів.

Дано:

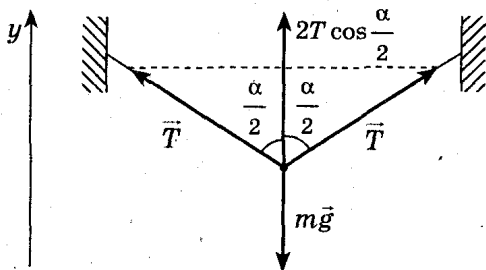
$$m = 20 \text{ кг}$$

$$\alpha = 120^\circ$$

$$T = ?$$

Розв'язання

Користуючись умовою задачі, виконуємо рисунок.



Згідно з першою умовою рівноваги $2\vec{T} + m\vec{g} = 0$ необхідно, щоб сума проєкцій сил на вертикальний напрям дорівнювала нулю:

$$2T \cos \frac{\alpha}{2} - mg = 0, \quad 2T \cos \frac{\alpha}{2} = mg, \quad T = \frac{mg}{2 \cos \frac{\alpha}{2}},$$

$$[T] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}, \quad T = \frac{20 \cdot 10}{2 \cos 60^\circ} = 196 \text{ (Н)}.$$

Відповідь: $T = 196 \text{ Н}$.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Підготуватися до лабораторної роботи за посібником [2].
3. Розв'язати задачу на повторення.

До кінця важеля завдовжки 1 м підвішені вантажі масами 7 і 13 кг. На якій відстані від середини важеля необхідно розмістити опору, щоб він зрівноважувався?

4. Вконтати експериментальне завдання (обов'язкове).

Знайти положення центра тяжіння плоскої фігури неправильної форми. Вирізати з картону фігуру неправильної форми й підвісити на нитці. Провести продовження нитки — це буде лінія дії сили тяжіння й сили реакції нитки. Повторити дослід, підвішуючи фігуру в іншій точці. Перетин цих двох ліній і є точкою, яка є центром тяжіння.

Тема. Лабораторна робота № 4 «Дослідження рівноваги тіла під дією кількох сил».

Мета: закріплення знань про умови рівноваги тіла; з'ясування умов, за яких тіло, що має вісь обертання, перебуває в стані рівноваги під дією декількох сил.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

Обладнання: штатив з муфтою, важіль, динамометр, набір важків, лінійка (набори обладнання з урахуванням кількості груп учнів).

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація і коригування опорних знань	10	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	4	Метод «Гірлянда питань»
IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групах
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	15	
VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи	7	Метод «Гірлянда питань»
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Евристична бесіда

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація і коригування опорних знань

Учитель оголошує тему лабораторної роботи та пропонує учням самостійно визначити, які теоретичні запитання необхідно повторити до проведення лабораторної роботи, і за необхідності вносить корективи у відповіді учнів.

Запитання до класу

1. Що називається важелем?
2. Що таке плече сили?
3. Що називається моментом сили?
4. Сформулювати правило рівноваги — правило моментів.

Розв'язування задач

Здійснюється перевірка розв'язання задачі з домашнього завдання. Один з учнів заздалегідь пише розв'язання на дошці і коментує його.

Дано:

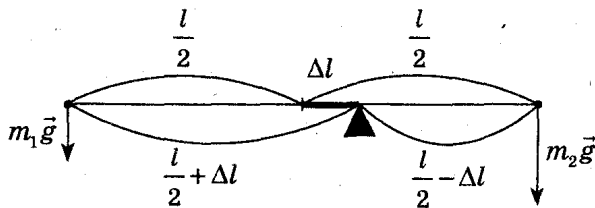
$$m_1 = 7 \text{ кг}$$

$$m_2 = 13 \text{ кг}$$

$$l = 1 \text{ м}$$

$$\Delta l = ?$$

Розв'язання



За умовою рівноваги важеля:

$$\left(\frac{l}{2} + \Delta l\right) m_1 g = \left(\frac{l}{2} - \Delta l\right) m_2 g.$$

$$\frac{m_1 l}{2} + m_1 \Delta l = \frac{m_2 l}{2} - m_2 \Delta l, \quad m_1 \Delta l + m_2 \Delta l = \frac{m_2 l}{2} - \frac{m_1 l}{2},$$

$$\Delta l (m_1 + m_2) = \frac{l}{2} (m_2 - m_1), \quad \Delta l = \frac{(m_2 - m_1) l}{2(m_1 + m_2)},$$

$$[\Delta l] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{кг}} = \text{м}, \quad \Delta l = \frac{(13 - 7) 1}{2(13 + 7)} = 0,15 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $\Delta l = 15 \text{ см}$.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням самостійно визначити мету роботи.

Мотивацію навчальної діяльності можна здійснити за методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Чи вплине на досягнення результату робота кожного учасника групи?
4. Що в цій роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

IV. Осмислення змісту й послідовності

застосування практичних дій

Лабораторна робота рекомендовано проводитися в групі з чотирьох учнів. Групування проводиться за методом «Утворюємо групу» (див. додаток 15) попередньо або на уроці.

Учитель інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

Робота в групах

1. За наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання лабораторної роботи слід визначити мету роботи, з'ясувати призначення обладнання, вивчити хід проведення лабораторної роботи, способи обчислення похибок у лабораторній роботі.
2. Після завершення роботи з текстом учні обговорюють незрозумілі операції чи дії під час виконання лабораторної в групі.
3. Розподіл функцій у групі:
 - 1-й учень — спікер; читає і пояснює за необхідності інструктаж щодо виконання роботи;
 - 2-й учень — дослідник; виконує експеримент (працює з обладнанням);
 - 3-й учень — секретар; веде протокол досліджу (записує всі отримані результати);
 - 4-й учень — аналітик; обчислює шукані величини, аналізує їх імовірність та обчислює похибки.

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують лабораторну роботу. Під час проведення експериментів (дослід рекомендовано повторити 4 рази) учні змінюють свої функції.

Учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи

Обговорення питань з учнями на даному етапі рекомендовано здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Яких результатів досягли після виконання лабораторної роботи?
2. Чи є ці результати передбачуваними і реальними?
3. Чи виникли труднощі при виконанні даної роботи? Як вдалося їх подолати?
4. З яких причин в лабораторній роботі могли виникнути похибки? Як можна було б їх зменшити?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) До лівого плеча важеля завдовжки 20 см прикладена вертикально напрямлена сила 60 Н. Яку силу прикладено вертикально вниз до правого плеча завдовжки 30 см, якщо важіль зрівноважено?
 - 2) До кінців стрижня завдовжки 40 см і масою 10 кг підвішено вантажі 40 і 10 кг. Де необхідно встановити стрижень, щоб він перебував у рівновазі?

УРОК № 28/16

Тема. Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.

Мета: формування знань учнів про фізичні величини — імпульс тіла, та імпульс сили та зв'язок між ними; усвідомлення закону збереження імпульсу; формування знань про реактивний рух.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність: сталева кулька, магніт, склянка з водою, аркуш паперу, однакові кульки на нитках (2 або 4), повітряна кулька, піддон, дитяча машинка, склянка з водою з краном.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	5	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Аргументоване пояснення

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Тест для самоперевірки
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель наголошує, що ті поняття і фізичні величини, з якими учні ознайомляться на уроці, є для них новими. Щоб створити певне підґрунтя для вивчення теми, пропонує учням повторити попередній матеріал.

Запитання до класу

1. Сформулюйте перший закон динаміки Ньютона.
2. Сформулюйте другий закон динаміки Ньютона.
3. Сформулюйте третій закон динаміки Ньютона.
4. Яка система тіл називається ізольованою, або замкненою?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Імпульс сили.
2. Імпульс тіла.
3. Ізольована система тіл. Закон збереження імпульсу.
4. Реактивний рух. Рух ракети як реактивний рух.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Закони Ньютона в принципі дозволяють розв'язати всі задачі, пов'язані із взаємодією тіл. Але знайти сили, що взаємодіють, нерідко досить складно, а без цього неможливо знайти прискорення, якого набувають тіла, та, відповідно, їхні швидкості й пе-

реміщення. Для розв'язання подібних задач в механіці введено спеціальні поняття та величини, за їхньої допомоги встановлено співвідношення між ними. При цьому виявилось, що числові значення введених величин не змінюються в процесі взаємодії тіл, тому найважливіші співвідношення між величинами, що зберігаються, отримали назву законів збереження. Закон збереження енергії вже розглядався в попередніх курсах у різних інтерпретаціях. Зараз ми ознайомимось також із законом збереження імпульсу.

Закони збереження, як і закони Ньютона, є результатом теоретичного узагальнення дослідних фактів. Закони збереження — фундаментальні закони фізики. Вони мають винятково велике значення, бо застосовуються не тільки в механіці, а й в інших розділах фізики.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Імпульс сили

Під терміном «імпульс» (від латин. *impulsus* — поштовх) в механіці розуміють імпульс сили й імпульс тіла.

Запитання до класу. Як ви вважаєте, чи залежить результат взаємодії від часу, чи він визначається лише силою взаємодії?

Демонстрація 1. На горизонтальну поверхню покласти сталеву кульку. Швидко пронести над нею магніт. Кулька ледве зрушить з місця (рис. 1, а). Повторити дослід, проносячи магніт уже повільно. Кулька почне рухатись за магнітом (рис. 1, б).

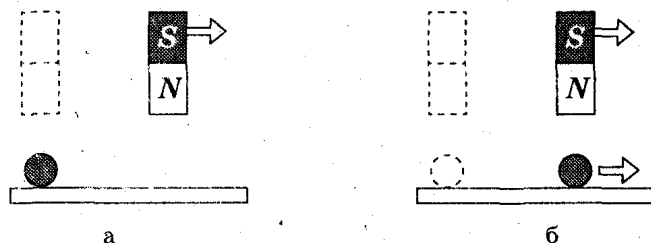


Рис. 1

Демонстрація 2. На край стола покласти аркуш паперу і поставити, на нього склянку з водою. Якщо повільно тягти папір, то склянка рухається разом з ним (рис. 2, а). Якщо ж аркуш смикнути різко, він висмикнеться з-під склянки, а склянка залишиться на місці (рис. 2, б).

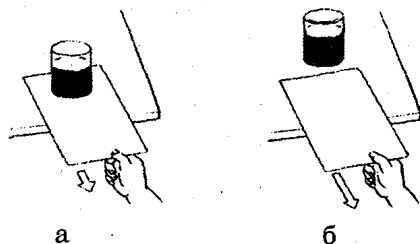


Рис. 2.

Запитання до класу. Про що свідчать ці досліди?

Взаємодія тіл залежить не тільки від сили, але й від часу її дії, тому для характеристики дії сили ввели спеціальну характеристику — імпульс сили.

Імпульс сили — фізична величина, яка є мірою дії сили за деякий інтервал часу і чисельно визначається добутком сили на час її дії: $\vec{I} = \vec{F}t$.

Одиницею в СІ є ньютон-секунда (Н·с). Імпульс сили є векторною величиною: напрям імпульсу сили збігається з напрямом сили, що діє на тіло.

2. Імпульс тіла

Уявимо собі, що кулю масою 10 г кинули зі швидкістю 5 м/с. Таку кулю можна зупинити аркушем цупкого картону чи товстою тканиною, але якщо її випустити з гвинтівки зі швидкістю 800 м/с, то навіть за допомогою трьох товстих дошок майже неможливо зупинити.

Запитання до класу. Який висновок можна зробити з цього прикладу?

Отже, для характеристики руху недостатньо знати тільки масу тіла і швидкість. Тому як одну з мір механічного руху введено імпульс тіла (або кількість руху).

Імпульс тіла — фізична величина, яка є мірою механічного руху і чисельно визначається добутком маси тіла на швидкість його руху: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Імпульс тіла — векторна величина, її напрям збігається з напрямом швидкості руху тіла. Одиницею в СІ є кілограм-метр за секунду (кг·м/с).

Якщо тіло масою m рухається зі швидкістю $\vec{v}$, а потім протягом часу взаємодії з іншим тілом із силою $\vec{F}$, то в процесі цієї взаємодії тіло рухалось з прискоренням $\vec{a}$:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}.$$

За другим законом Ньютона: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, $\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\vec{F}}{m}$, $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$.

Остання формула є зв'язком між імпульсом сили і зміною імпульсу тіла.

Таким чином, зміна імпульсу тіла дорівнює імпульсу сили взаємодії.

3. Ізольована система тіл. Закон збереження імпульсу

Ізольована (або замкнена) система тіл — це система тіл, які взаємодіють тільки між собою і не взаємодіють з тілами, які не входять в цю систему.

Ізольованих систем тіл у значенні сенсі цього слова не існує, це ідеалізація. Всі тіла у світі взаємодіють. Але в ряді випадків реальні системи можна розглядати як ізольовані, виключаючи з розглядання ті взаємодії, які в даному випадку є несуттєвими.

Демонстрація 3. Пружний удар двох кульок однакової маси, підвішених на нитках (рис. 3).

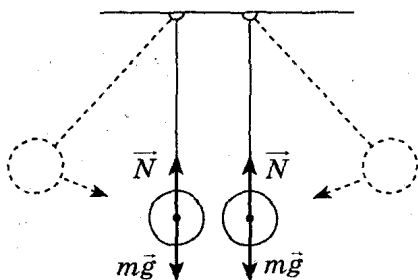


Рис. 3

Так, вивчаючи пружний удар двох однакових кульок, систему кульок можна розглядати як ізольовану, бо в момент удару сили тяжіння кульок зрівноважені силами реакції ниток, сили опору повітря кульок малі.

Завдання класу. Наведіть приклади інших систем, які можна вважати ізольованими.

Якщо знову звернутися до системи кульок масами m_1 і m_2 , які в початковий момент часу в обраній інерціальній системі відліку мають швидкості v_{01} і v_{02} , то через момент часу t їхні швидкості в результаті взаємодії змінилися до v_1 і v_2 .

Відповідно до третього закону Ньютона:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2, \quad \vec{F}_1 = m_1 \vec{a} = m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t}, \quad \vec{F}_2 = m_2 \vec{a} = m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}.$$

Оскільки $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, то $m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{0_1}}{t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{0_2}}{t}$,

$$m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{0_1} = -(m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{v}_{0_2}), \quad m_1 \vec{v}_{0_1} + m_2 \vec{v}_{0_2} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2.$$

З отриманого виразу видно, що векторна сума імпульсів тіл, які входять у замкнену систему, залишається сталою. Це і є закон збереження імпульсу.

4. Реактивний рух. Рух ракети як реактивний рух

Законом збереження імпульсу пояснюється реактивний рух.

Реактивний рух — це рух тіла, який виникає в результаті відокремлення від нього частини або викиду ним речовини з деякою швидкістю відносно тіла.

Демонстрація 4. Надути повітряну кульку, а потім відпустити. Кулька буде рухатись за рахунок газів, що з неї «витікають».

Демонстрація 5. У піддон поставити дитячу машинку і встановити на неї склянку з краном. Якщо відкрити кран, машинка поїде.

Завдання класу

Наведіть приклади реактивного руху. (Реактивний рух здійснюють літаки, які рухаються зі швидкостями в декілька тисяч кілометрів за годину, снаряди усім відомих «катюш», бойові та космічні ракети. Навіть є легкі танки для переміщення по воді. Реактивний рух притаманний деяким істотам, наприклад кальмарам, каракатицям, восьминогам.)

Розглянемо рис. 4. Будь-яка ракета складається з трубчатого корпусу 1, закритого з одного кінця. На другому кінці розташовано сопло 2. Будь-яка ракета має паливо 3.

Коли ракета стоїть нерухомо, її сумарний імпульс дорівнює нулю: паливо і корпус нерухомі. Будемо вважати, що паливо ракети згоряє миттєво і розжарені гази 4 під великим тиском вириваються назовні. При цьому корпус ракети рухається в бік, протилежний руху розжарених газів.

Нехай $m_r v_r$ — проекція імпульсу газів на вертикальну вісь Oy , а $m_k v_k$ — проекція корпусу ракети. За законом збереження імпульсу сума імпульсів корпусу ракети і газів, що витікають, дорівнює сумарному імпульсу ракети на

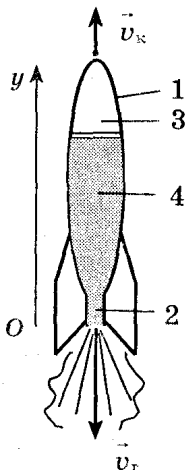


Рис. 4

старті, що, як відомо, дорівнює нулю. Відповідно $0 = m_r v_r + m_k v_k$,
 $m_k v_k = -m_r v_r$.

Звідси випливає, що корпус ракети отримує такий самий за модулем імпульс, що і гази, які вилетіли із сопла. Отже,

$$v_k = -\frac{m_r}{m_k} v_r.$$

Знак «-» вказує на те, що напрям швидкості корпусу ракети протилежний напрямку швидкості газів, що вилітають. Тому для переміщення ракети в заданому напрямі струмів газів, що викидає ракета, треба спрямувати протилежно заданому напрямку руху. Як бачимо, ракета рухається, не взаємодіючи з іншими тілами, тому вона може рухатись у космосі.

Завдання класу. Проаналізувавши останню формулу, дайте відповідь на запитання: як можна збільшити швидкість ракети?

Швидкість ракети можна збільшити, якщо:

- 1) збільшити швидкість газів, що витікають із сопла ракети;
- 2) збільшити масу палива, що згоряє.

Але другий шлях призводить до зменшення корисної маси ракети — маси корпусу та маси вантажів, які вона перевозить.

VI. Закріплення нового матеріалу

Тест для самоперевірки

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Імпульсом тіла називається:

- А добуток маси тіла і його прискорення
- Б добуток маси тіла і його швидкості
- В добуток сили, що діє на тіло, і швидкості тіла
- Г добуток сили, що діє на тіло, і часу її дії

2. Виберіть одиницю імпульсу тіла.

- А Н/с
- Б $\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- В $\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- Г Н·с

3. Виберіть імпульсу сили одиницю.

- А Н/с
- Б $\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- В $\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- Г Н·с

4. Зміна імпульсу тіла дорівнює:

- А добутку маси тіла та його швидкості
- Б різниці початкового й кінцевого імпульсів тіла
- В імпульсу сили
- Г зміні маси тіла за одиницю часу

5. Реактивний рух виникає під час:
 А відштовхування тіл
 Б руху різних частин тіла відносно центра маси тіла
 В поділу тіла на частини
 Г відокремлення від тіла частини його маси з певною швидкістю руху відносно решти частини
6. Визначте, у яких системах відліку виконується закон збереження імпульсу.
 А Інерціальних В Замкнених
 Б Неінерціальних Г Будь-яких
7. Виберіть приклад, який демонструє реактивний рух.
 А Рух кальмара
 Б Коливання маятника
 В Політ метелика
 Г Падіння листя з дерев
8. Ракета піднімається вертикально вгору рівномірно. Визначте, як і чому змінюється імпульс ракети.
 А Зменшується, оскільки зменшується маса ракети
 Б Не змінюється, тому що маса зменшується, а швидкість руху збільшується
 В Зростає, оскільки ракета піднімається дедалі вище над землею
 Г Не змінюється, тому що швидкість руху стала
9. Укажіть правильний запис закону збереження імпульсу.
 А $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$ В $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2$
 Б $m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2 = \vec{F} \Delta t$ Г $m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 - m_2 \vec{u}_2$

Відповіді до тесту

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б	В	Г	В	Г	В	А	А	А

Здійснюється самоперевірка тесту або перевірка в парах.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумки уроку, оцінює діяльність учнів.
Домашнє завдання

- Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
- Охарактеризувати реактивний рух як фізичне явище за узагальненим планом характеристики фізичного явища (див. додаток 14).
- Придумати демонстрацію реактивного руху. Описати й пояснити її.

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про імпульс тіла, реактивний рух та закон збереження імпульсу; продовження формування в учнів навичок та умінь розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	15	Фронтальне опитування. Методи «Фізичний футбол» і «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення вчителя, бесіда
IV. Застосування набутих знань	23	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фронтальне опитування

- Охарактеризувати імпульс як фізичну величину за методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).
- Сформулювати закон збереження імпульсу, навести його математичний запис.
- Який рух називається реактивним?
- Який імпульс отримує ракета порівняно з газами, що вилітають із сопла?
- Як можна збільшити швидкість ракети?

До завдань 2—5 можна застосувати метод «Фізичний футбол» (див. додаток 7).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему й мету уроку та характеризує типи задач, які будуть розв'язані на уроці.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Чи можна стверджувати, що імпульс тіла — величина відносна? Відповідь обґрунтуйте.
2. Припустімо, що літак піднімається суворо рівномірно і прямолінійно. Чи зміниться при цьому його імпульс?
3. Дві матеріальні точки рівної маси рухаються назустріч одна одній з рівними за модулем швидкостями. Чому дорівнює імпульс системи точок?
4. Два тіла однакового об'єму, сталеве і свинцеве, рухаються з однаковими швидкостями. Імпульс якого тіла більший й у скільки разів?
5. Щоб зрушити автобус з місця, достатньо зусиль декількох людей. Чому ж автобус не рухається з місця, якщо його навиліт пробиває важкий снаряд?
6. Куля масою 0,01 кг летить горизонтально зі швидкістю 200 м/с, ударяється об перешкоду і зупиняється. Чому дорівнює імпульс кулі до удару? Який імпульс кулі отримала від перешкоди?

Розв'язування задач (письмово)

1. Рух матеріальної точки описується рівнянням $x = 20 + 2t - t^2$. Знайти імпульс точки через 4 с, вважаючи, що її маса дорівнює 4 кг.

Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$t = 4 \text{ с}$$

$$x = 20 + 2t - t^2$$

$$p_x = ?$$

Розв'язання

$$p_x = mv_x$$

З рівняння $x = 20 + 2t - t^2$ маємо: $v_{0x} = 2 \text{ м/с}$,
 $a_x = -2 \text{ м/с}^2$.

$$v = v_{0x} + a_x \cdot t, \quad p_x = mv_x = m(v_{0x} + a_x t),$$

$$[p_x] = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} \right) = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

$$p_x = 4 \cdot (2 - 2 \cdot 4) = -24 \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right).$$

$$\text{Відповідь: } p_x = -24 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

2. Снаряд масою 20 кг, що летить зі швидкістю 500 м/с, потрапляє у платформу з піском масою 10 т і застрягає в піску. З якою швидкістю розпочала рухатися платформа?

Дано:	СІ	Розв'язання
$m_1 = 20 \text{ кг}$	$m_1 = 20 \text{ кг}$	Розглянемо два випадки (див. рисунок): а — до взаємодії; б — після неї.
$v_1 = 500 \text{ м/с}$	$v_1 = 500 \text{ м/с}$	
$m = 10 \text{ т}$	$m = 10\,000 \text{ кг}$	
$v = ?$		

а

б

За законом збереження імпульсу $m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m) \vec{v}$;

Ох: $m_1 v_1 = (m_1 + m) v$.

$$v = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m}, [v] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}, v = \frac{20 \cdot 500}{10\,000 + 20} \approx 1 \text{ (м/с)}.$$

Відповідь: $v = 1 \text{ м/с}$.

3. Граната, що летіла зі швидкістю 10 м/с, розірвалася на два уламки масами 12 кг і 8 кг, які розлетілися в протилежних напрямках. Швидкість руху більшого уламка 25 м/с у напрямі руху гранати. Яка швидкість руху меншого уламка?

Дано:	Розв'язання
$v = 10 \text{ м/с}$	
$m_1 = 12 \text{ кг}$	
$m_2 = 8 \text{ кг}$	
$v_1 = 25 \text{ м/с}$	
$v_2 = ?$	До розриву гранати імпульс гранати складав $\vec{p} = (m_1 + m_2) \vec{v}$. Після розриву утворились два уламки, імпульси яких $\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_1$ і $\vec{p}_2 = m_2 \vec{v}_2$. За законом збереження імпульсу $(m_1 + m_2) \vec{v} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2.$ Нехай вісь Ох напрямлена в бік руху гранати до розриву. Тоді $(m_1 + m_2) v = m_1 v_1 - m_2 v_2$. $(m_1 + m_2) v - m_1 v_1 = -m_2 v_2, v_2 = \frac{m_1 v_1 - (m_1 + m_2) v}{m_2},$ $[v_2] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}, v_2 = \frac{12 \cdot 25 - (12 + 8) \cdot 10}{8} = 12,5 \text{ (м/с)}.$

Відповідь: $v_2 = 12,5 \text{ м/с}$.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Рух матеріальної точки описується рівнянням $x = 5 - 8t + t^2$. Знайти імпульс точки через 2 с, вважаючи, що її маса дорівнює 2 кг.
 - 2) Криголам масою 5000 т, який іде з вимкненими двигунами зі швидкістю 10 м/с, наштовхується на нерухому крижину і штовхає її попереду себе. Швидкість криголама зменшилась при цьому до 2 м/с. Визначити швидкість крижини.
 - 3) Від ракети масою 1000 кг в момент її руху зі швидкістю 171 м/с відокремилась ступень масою 400 кг, швидкість якої при цьому збільшилась до 185 м/с. Знайти швидкість, з якою почала рухатись після відокремлення ступені сама ракета.

УРОК № 30/18

Тема. *Механічна робота. Кінетична енергія.*

Мета: *формування в учнів поняття енергії як кількісної міри руху, механічної роботи як фізичної величини; пояснення зв'язку роботи й енергії на прикладі кінетичної енергії тіла.*

Тип уроку: *урок засвоєння нових знань.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань		Метод «Асоціативний куш»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	5	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності		Аргументоване пояснення

Етани уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Вправа «Асоціативний куц»

З поняттями роботи та енергії учні вже знайомі, тому учитель пропонує учням скласти «асоціативні куці» з ключовими словами «робота» і «енергія» (див. додаток 3). Аналізуючи складені «куці», вчитель може скласти уяву про рівень знань учнів.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття енергії.
2. Механічна робота як фізична величина.
3. Кінетична енергія. Взаємозв'язок роботи й енергії.

IV. Мотивація навчальної діяльності

У навколишньому світі все перебуває в безперервному русі та взаємодії. Найпростішим видом руху є рух механічний, але за певних обставин механічний рух може перетворюватись в інші види руху.

Завдання до класу. Спираючись на власний досвід та попередні знання, наведіть приклади.

Приклади можуть бути такі.

- На гідроелектростанціях механічний рух води перетворюється в рух електронів у провідниках — так званий електромагнітний рух.

- Механічний рух металевого бруска, що упав з деякої висоти на поверхню землі, перетворюється у тепловий рух молекул, з яких він складається, тощо.

У процесі взаємодії тіл одні форми руху можуть перетворюватись в інші.

Мірою механічного руху є імпульс тіла. Але він не може бути кількісною мірою інших видів руху, бо при перетворенні механічного руху в інші види імпульс рухомого тіла може зменшуватись і стати майже нульовим. Тому було введено спеціальну фізичну величину — енергію, з якою учні вже ознайомилися в 8-му класі. Зараз слід систематизувати й поглибити знання про енергію.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Поняття енергії

Запитання до класу

1. Які види енергії нам знайомі? (Механічна, внутрішня, електрична, атомна тощо.)
2. Якщо підсумувати все, що було сказано, можна стверджувати таке.

Енергія — це фізична величина, за допомогою якої можна кількісно охарактеризувати будь-який рух, тобто це універсальна кількісна міра руху.

Але слід пам'ятати, що енергія — це тільки одна з характеристик руху, і не існує сама по собі окремо без тіл, частинок, які взаємодіють, і їхнього руху. У темі «Динаміка» розглядається механічна енергія. Узагалі ж енергія — це фундаментальне поняття фізики.

2. Механічна робота як фізична величина

Енергія тіл, які взаємодіють, може змінюватись. Для характеристики зміни енергії тіл, що взаємодіють, вводиться спеціальна фізична величина — механічна робота.

Якщо припустити, що до тіла прикладена постійна сила F , під дією якої воно перемістилося за напрямом дії сили на відстань s , то механічний стан тіла б при цьому змінився, бо змінились би його положення і швидкість.

Охарактеризуємо механічну роботу як фізичну величину за узагальненим планом характеристики фізичної величини (див. додаток 14).

Механічна робота як фізична величина

1. Механічна робота характеризує зміну енергії, тіл, які взаємодіють.

2. Механічна робота постійної сили — це скалярна фізична величина, яка визначається добутком модуля вектора сили на модуль вектора переміщення і на косинус кута між цими векторами (рис. 1).

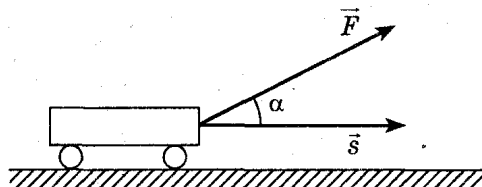


Рис. 1

3. $A = Fs \cdot \cos \alpha$.
 4. $[A] = \text{Дж (СІ)}$. $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.
 5. Механічна робота визначається методом непрямих вимірювань.

Якщо напрям сили і переміщення збігаються, то $A = F \cdot s$.
 Робота може мати додатне або від'ємне значення залежно від знака косинуса кута α .

Робота, виконана силою $\vec{F}$, додатна, якщо кут α між векторами сили $\vec{F}$ і вектором переміщення $\vec{s}$ менший за 90° (рис. 2, а).

Якщо значення кута $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ робота сили від'ємна (рис. 2, б), тобто робота сил, які перешкоджають рухові, від'ємна.

Якщо вектор сили $\vec{F}$ перпендикулярний до вектора переміщення $\vec{s}$, то косинус кута α дорівнює нулю і робота сили $\vec{F}$ дорівнює нулю (рис. 2, в).

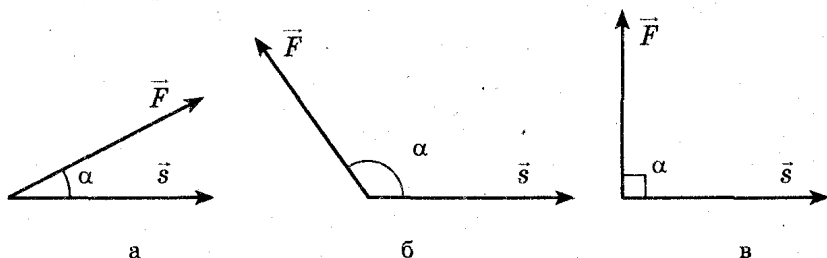


Рис. 2

Завдання до класу

- Наведіть приклади сил, які виконують від'ємну роботу. (Наприклад, сила тяжіння, коли тіло піднімають вгору, сила опору води, коли плавець входить у воду, сили тертя тощо.)
- Людина прикладає силу до шафи, але не може зрушити її з місця. Чи виконує вона механічну роботу?

3. Машина рухається з гори із вимкненим двигуном. Чи виконує роботу сила тяги?
4. Морем йде корабель. Чи виконує при цьому роботу сила тяжіння?
5. Чи виконує роботу сила тяжіння, що діє на супутник, який рухається навколо Землі по коловій орбіті?
6. Додатну чи від'ємну роботу виконує сила тяжіння. Коли тіло зісковзує по похилій площині?

3. Кінетична енергія. Взаємозв'язок роботи й енергії

Тіла, що рухаються, мають здатність виконувати роботу при зміні швидкості.

Кінетичною енергією називається частина механічної енергії, обумовлена рухом тіла.

Як вже відомо, кінетична енергія тіла масою m , яке рухається зі швидкістю v , виражається формулою

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Установимо взаємозв'язок між роботою сили і кінетичною енергією тіла, на яке діє ця сила. Нехай тіло масою m рухається без тертя зі швидкістю v_1 (рис. 3). У цей час на нього діє сила F , яка надає йому прискорення a . Тіло проходить під дією цієї сили відстань s , у кінці руху тіло набуває швидкості v_2 .

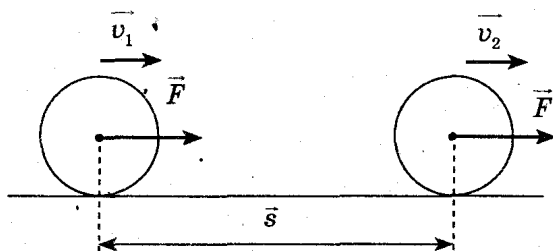


Рис. 3

$$A = Fs, \quad F = ma = m \frac{v_2 - v_1}{t}, \quad s = v_c t = \frac{v_1 + v_2}{2} t,$$

$$A = Fs = m \frac{v_2 - v_1}{t} \cdot \frac{v_1 + v_2}{2} t = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2), \quad A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

$$A = E_{k_2} - E_{k_1} = \Delta E_k.$$

Отже, робота сили дорівнює зміні кінетичної енергії тіла (теорема про кінетичну енергію).

VI. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач

1. З греблі щохвилини падає $18\,000\text{ м}^3$ води з висоти 20 м . Яка при цьому виконується робота?

Дано:	СИ	Розв'язання
$h = 20\text{ м}$	$h = 20\text{ м}$	$A = Fs, F = mg = \rho Vg, s = h.$
$t = 1\text{ хв}$	$t = 60\text{ с}$	$A = \rho Vg \cdot h.$
$V = 18\,000\text{ м}^3$	$V = 18\,000\text{ м}^3$	$\rho = 1000\text{ кг/м}^3, g = 10\text{ м/с}^2,$
$A = ?$		

$$[A] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж},$$

$$A = 1000 \cdot 18\,000 \cdot 10 \cdot 20 = 3\,600\,000\,000\text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $A = 3600\text{ МДж}$.

2. Швидкість тіла масою 4 кг , яке вільно падає, на деякому шляху збільшується з 2 до 8 м/с . Знайдіть роботу сили тяжіння на цьому шляху.

Дано:	Розв'язання
$m = 4\text{ кг}$	$A = \Delta E_k = E_k - E_z, A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$
$v_1 = 2\text{ м/с}$	
$v_2 = 8\text{ м/с}$	
$A = ?$	$A = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2), [A] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж},$

$$A = \frac{2}{2} \cdot (8^2 - 2^2) = 1 \cdot (64 - 4) = 60\text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $A = 60\text{ Дж}$.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

- Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
- Розв'язати задачі.
 - Баштовий кран піднімає в горизонтальному положенні сталеву балку завдовжки 5 м і перерізом 100 см^2 на висоту 12 м . Яку роботу виконує кран?
 - Яку роботу треба здійснити, щоб змусити автомобіль масою $1,5\text{ т}$ збільшити швидкість від 36 до 72 км/год ?
- Виконати творче завдання.

Написати сенкани на тему «робота» і «енергія» (див. додаток 10).

Тема. Потенціальна енергія. Закон збереження енергії.

Мета: формування в учнів поняття потенціальної енергії; показ зв'язку між роботою та потенціальною енергією; усвідомлення учнями фундаментального закону фізики — закону збереження й перетворення енергії.

Тип уроку: комбінований.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Тест для самоперевірки
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	3	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	16	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	4	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Учитель вибірково збирає 5—6 зошитів на перевірку домашнього завдання.

Тест для самоперевірки

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Виберіть формулу для визначення механічної роботи.

A $A = F \cdot \cos \alpha$

B $A = \frac{F \cdot s}{\cos \alpha}$

B $A = F \cdot \sin \alpha$

Г $A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

- ### *Відповіді до тесту*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Г	В	Б	Г	Г	Б	В	В	А

Тест перевіряється методом «Ланцюжок» (див. додаток 8), учні коментують відповіді.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку:

МОТИВАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить

учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у відповіді.

План вивчення теми

1. Потенціальна енергія.
2. Зв'язок роботи і потенціальної енергії.
3. Закон збереження і перетворення енергії.

Завдання класу. Використовуючи попередні знання та власний досвід, дайте відповідь на запитання, в чому важливість і актуальність даної теми.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Потенціальна енергія

З 8-го класу нам відоме означення потенціальної енергії. Згадаємо його.

Потенціальна енергія — це частина механічної енергії, яка визначається взаємним положенням тіл, що взаємодіють, тобто потенціальна енергія — це енергія взаємодії.

Наведемо приклади тіл, які мають потенціальну енергію (наприклад, система «Земля–піднятий вантаж»; деформована пружина.)

Потенціальна енергія позначається символом $E_{\text{п}}$. $[E_{\text{п}}] = \text{Дж (СІ)}$.

Зміна потенціальної енергії і роботи, виконаної системою, пов'язані співвідношенням $\Delta E_{\text{п}} = -A$.

Запитання до класу

1. На що вказує знак «-» у даній формулі? (Якщо під час зміни взаємного положення тіл система виконує додатну роботу, її потенціальна енергія зменшується, якщо система виконує від'ємну роботу, її потенціальна енергія збільшується.)
2. Як змінюється потенціальна енергія пружини, коли її розтягують; стискають? Коли вона повертається до початкового стану? (З формули $\Delta E_{\text{п}} = -A$ випливає, що фізичний зміст має саме зміна потенціальної енергії. Вибір нульового рівня потенціальної енергії визначається міркуванням зручності при розв'язанні конкретної задачі.)

2. Зв'язок роботи і потенціальної енергії

1) Потенціальна енергія вантажу, піднятого над землею

Коли піднімають вантаж масою m над землею на висоту h , силою тяжіння виконується робота mgh , тому потенціальна енергія системи «Земля–вантаж» збільшується. Якщо прийняти за нульовий рівень потенціальної енергії стан системи, коли тіло

перебуває на поверхні землі, то потенціальна енергія вантажу, піднятого над землею, визначається за формулою:

$$E_{\text{п}} = mgh.$$

У цьому випадку мають на увазі потенціальну енергію системи тіл, що взаємодіють, «Земля-вантаж». Але не завжди доречно обирати за нульовий рівень енергії рівень землі. Скажімо, в кімнаті доречно зіставляти нульовий рівень із поверхнею підлоги. Проте зміна потенціальної енергії в будь-якому конкретному досліді буде тією самою.

2) Потенціальна енергія деформованої пружини

Потенціальна енергія деформованої пружини дорівнює роботі, яку треба виконати, щоб деформувати пружину. Ця робота, як нам вже відомо, обчислюється за формулою $A = \frac{kx^2}{2}$, де k — жорсткість пружини, x — її видовження.

$$\text{Енергія деформованої пружини: } E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}.$$

Зміна потенціальної енергії вимірюється роботою, яку може виконати система тіл під час зміни взаємного положення тіл. Якщо всі тіла повернулися у початкове положення, потенціальна енергія системи не змінилася. Отже, потенціальну енергію можна визначити тільки для сил, робота яких по замкнутій траєкторії дорівнює нулю. Цю умову задовольняють тільки сила тяжіння і сила пружності.

3. Закон збереження і перетворення енергії

Припустімо, що в замкненій ізольованій системі тіл, в якій не існує сили тертя і немає пружних деформацій, внутрішні сили під час взаємодії тіл виконали роботу A . Ця робота приведе до зміни кінетичної і потенціальної енергії.

$\Delta E_{\text{п}} = -A$, $\Delta E_{\text{к}} = A$, $\Delta E_{\text{к}} = -\Delta E_{\text{п}}$, $\Delta E_{\text{к}} + \Delta E_{\text{п}} = 0$, $\Delta(E_{\text{к}} + E_{\text{п}}) = 0$, тобто зміна потенціальної та кінетичної енергії дорівнює нулю, або $E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \text{const}$.

Закон збереження механічної енергії: Якщо між тілами замкненої системи діють тільки сили тяжіння і сили пружності, механічна енергія тіла зберігається:

$$E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \text{const}.$$

Якщо крім сил тяжіння і пружності в системі діє сила тертя ковзання, механічна енергія зменшується. Перебуваючи під дією сили тертя ковзання, тіла нагріваються, тобто механічна енергія частково перетворюється у внутрішню. Досліди, проведені в кращих фізичних лабораторіях світу, довели, що повна енергія ізо-

льованої системи за будь-яких змін, які відбуваються всередині системи, залишається сталою. Це і є фундаментальний закон фізики — закон перетворення й збереження енергії.

Але слід мати на увазі, що, подібно до законів природи, він не може бути отриманий ні експериментально (з дослідів), ні логічно. Він впливає із сукупності фактів, які має сучасна наука. Його справедливість підтверджена багатовіковою практикою людської діяльності. Немає і не може бути машин, механізмів і пристроїв, де б порушувався закон збереження енергії.

V. Закріплення нового матеріалу

Запитання до класу

1. На одній і тій самій висоті знаходяться два шматки однакового об'єму — мармуру і свинцю. Яке з цих тіл має більшу потенціальну енергію?
2. Тіло масою 2 кг перебуває на висоті 1 м. Яка потенціальна енергія тіла?
3. Пружину жорсткістю 10 Н/м стиснули на 0,01 м. Яку потенціальну енергію вона має?
4. Куля падає з певної висоти. Проаналізуйте перетворення енергії під час її падіння. Як цей дослід підтверджує закон збереження енергії?

Розв'язування задач

(Задача розв'язана на дошці, учні за допомогою учителя коментують її розв'язання.)

Задача. Пружинний пістолет стріляє вертикально вгору кульками масою 2,25 г. На яку висоту пістолет кине кульку, якщо жорсткість пружини 90 Н/м, а деформація пружини 3 см? З якою швидкістю кулька вилітає з пістолета?

Дано:	СІ	Розв'язання
$m = 2,25 \text{ г}$	$m = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	Коли пістолет готовий до пострілу, він має потенціальну енергію
$k = 90 \text{ Н/м}$	$k = 90 \text{ Н/м}$	
$x = 3 \text{ см}$	$x = 0,03 \text{ м}$	$E_{\text{п1}} = \frac{kx^2}{2}$
$g = 10 \text{ м/с}^2$		Під час пострілу енергія перетворюється в кінетичну енергію
$v = ?$		кульки: $E_{\text{к1}} = \frac{mv^2}{2}$
$h = ?$		

За законом збереження енергії $E_{\text{п1}} = E_{\text{к1}}$.

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}, \quad v^2 = \frac{kx^2}{m}, \quad v = x \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad [v] = \text{м} \sqrt{\frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{кг}}} = \text{м} \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v = 0,03 \sqrt{\frac{90}{2,25 \cdot 10^{-3}}} = 6 \text{ (м/с)}.$$

$$E_{п2} = mgh, \quad E_{п2} = E_{к2}, \quad mgh = \frac{mv^2}{2}, \quad h = \frac{v^2}{2g}, \quad [h] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}} = \text{м}.$$

$$h = \frac{6^2}{2 \cdot 10} = 1,8 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $v = 6 \text{ м/с}$, $h = 1,8 \text{ м}$.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Підсумок уроку підбивають учні, учитель оцінює їх діяльність на уроці.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) На якій висоті потенціальна енергія вантажу масою 2 т дорівнює 10 кДж?
 - 2) Визначити енергію, яку отримує пружина при стисканні її на 5 см, якщо для стиснення пружини на 1 см треба прикласти силу 30 кН.
 - 3) На якій висоті кінетична енергія тіла, що вільно падає, дорівнює його потенціальній енергії, якщо на висоті 10 м швидкість тіла дорівнює 8 м/с?
3. Виконайте творче завдання.

Підготувати повідомлення «Альберт Ейнштейн. Біографічний нарис» (на 3 хв).

УРОК № 32/20

Тема. Основні положення спеціальної теорії відносності. Швидкість світла у вакуумі.

Мета: усвідомлення учнями причин створення теорії відносності, пояснення її змісту, постулатів спеціальної теорії відносності Ейнштейна; розуміння закону додавання швидкостей у релятивістській механіці.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Мотивація навчальної діяльності	2	Пояснення вчителя
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	5	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	8	Фронтальне опитування
VI. Підбиття підсумків уроку	5	Метод «Ключові слова»
VII. Домашнє завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Мотивація навчальної діяльності

Досі ми вивчали лише основи класичної фізики. Ще не настало XX ст., а вже були сформульовані закони збереження й перетворення енергії, всесвітнього тяжіння, закони динаміки, електродинаміки, газові закони, відкриті явища електролізу, термоелектронної емісії, фотоэффекту, радіоактивності, надпровідності, електромагнітної індукції. Введено в повсякденне життя і вивчено електромагнітне поле, винайдено індукційні генератори, електродвигуни постійного і змінного струму, радіопередавачі і багато-багато іншого. Успіхи класичної фізики були настільки значними, що здавалося, ніби «будинок» науки фізики побудований і залишилось лише доробити незначне. Цим незначним були проблеми, пов'язані з будовою атома, явищем радіоактивності і випромінювання. Крім того, механіка Ньютона не узгоджувалась з електродинамікою Максвелла. Класична фізика не могла пояснити цих явищ, які на межі XIX і XX ст. викликали непорозуміння у науковців. Для цього були потрібні більш досконалі і глибокі теорії. Так на початку XX ст. виникла сучасна фізика, вивченням основ якої ми й займатимемось найближчим часом.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносять корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Джерела і основи теорії відносності.
2. Постулати теорії відносності.
3. Релятивістський закон додавання швидкостей.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Джерела і основи теорії відносності

За принципом відносності класичної механіки, сформульованим Галілеєм, всі інерціальні системи відліку в механіці рівноправні. Тому рівномірний і прямолінійний рух системи не чинить ніякого впливу на перебіг механічних процесів у ній.

Після того як у другій половині XIX ст. Максвеллом були сформульовані основні закони електродинаміки, постало запитання, чи поширюється принцип відносності, справедливий у механіці, на електромагнітні явища. Іншими словами, чи однаково протікають електромагнітні процеси у всіх інерціальних системах відліку? Але відповідь на це запитання виявила низку суперечностей між класичною і ньютонівською механікою. Так, за законами електродинаміки швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі однакова по всіх напрямках і дорівнює $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Але відповідно до ньютонівської механіки швидкість може дорівнювати c тільки у вибраній системі відліку. У будь-якій іншій, яка рухається зі швидкістю $\vec{v}$, швидкість світла повинна дорівнювати $\vec{c} - \vec{v}$. А це означає, що при переході з однієї до іншої інерціальної системи відліку закони електродинаміки мають змінюватися так, щоб у новій системі відліку швидкість світла була уже не $\vec{c}$, а $\vec{c} - \vec{v}$.

Суперечності, які виникли між теоріями, намагалися подолати трьома способами: 1) оголосити недоречним принцип відносності стосовно електромагнітних явищ; 2) оголосити неправильними рівняння Максвелла і змінити їх так, щоб вони не змінювались при переході з однієї до іншої інерціальної системи відліку; 3) відмовитися від класичних уявлень про простір і час з тим, щоб зберегти як принцип відносності, так і закони Максвелла.

Перші два шляхи, як виявилось, суперечили експерименту. Єдиним правильним виявився третій шлях. Усі суперечності були блискуче розв'язані 26-річним Альбертом Ейнштейном, який ви-

дав невелику, всього на 30 сторінок, роботу під назвою «До електродинаміки рухомих середовищ». І вона за короткий термін викликала справжню революцію у фізиці, вивела її з глухого кута і збагатила ідеями, практична значущість яких безмежна. У ній Ейнштейн без жодного нового експерименту, проаналізувавши й узагальнивши уже відомі дослідні факти, вперше виклав ідеї теорії відносності.

Теорія відносності — це фізична теорія, яка описує властивості простору і часу, а також закономірності відносного руху тіл, зумовленого цими властивостями.

Повідомлення учнів

Учні читають підготовлені вдома повідомлення «Альберт Ейнштейн. Біографічний нарис».

2. Постулати теорії відносності

Теорія відносності Ейнштейна складається з двох частин: спеціальної і загальної теорії відносності. У 1905 р. учений видав основні ідеї спеціальної теорії відносності, в якій розглядалися властивості простору і часу, справедливі за умов, коли можна знехтувати тяжінням тіл, тобто вважати їх гравітаційні взаємодії дуже малими. Принципи загальної теорії відносності були видані через 10 років, у 1915 р. Ця теорія розглядала властивості простору і часу в сильних гравітаційних полях.

В основу спеціальної теорії відносності покладені два постулати (твердження, які приймають за істинні в межах даної наукової теорії без доказів).

Перший постулат, або принцип відносності: усі закони природи інваріантні по відношенню до всіх систем відліку. Усі фізичні, хімічні, біологічні явища протікають у всіх інерціальних системах однаково.

Другий постулат, або принцип постійності швидкості світла: швидкість світла у вакуумі стала й абсолютна, тобто однакова по відношенню до будь-яких інерціальних систем відліку.

Аналізуючи перший постулат, ми бачимо, що він розширив рамки принципу відносності Галілея, застосувавши його до будь-яких фізичних явищ, у тому числі й електромагнітних.

Аналізуючи другий постулат, можна стверджувати, що швидкість світла не залежить ні від руху джерела світла, ні приймача. Жоден матеріальний об'єкт не може рухатись зі швидкістю, більшою від швидкості світла у вакуумі. Але другий постулат суперечить першому, якщо поширити на електромагнітні явища не тільки принцип відносності Галілея, але й галілееве правило додавання швидкостей, що впливає з правила перетворення ко-

ординат. Тобто перетворення Галілея для координат і часу, а також його правило додавання швидкостей до електромагнітних явищ застосовувати не можна.

3. Релятивістський закон додавання швидкостей

Релятивістська механіка — розділ теоретичної фізики, що розглядає класичні закони руху тіл (частинок) за швидкостей руху v , порівнянних зі швидкістю світла.

Новим релятивістським уявленням про простір і час відповідає новий закон додавання швидкостей. Очевидно, що класичний закон додавання швидкостей не може бути справедливий, бо він суперечить твердженню про сталість швидкості світла.

Запишемо закон додавання швидкостей для окремого випадку, коли тіло рухається уздовж осі Ox_1 системи відліку K_1 , яка, у свою чергу, рухається зі швидкістю v відносно системи K (рис. 1). При цьому під час руху координатні осі Ox і Ox_1 весь час збігаються, а осі Oy і Oy_1 залишаються паралельними, v_2 — швидкість у системі K , v_1 — швидкість у системі K_1 .

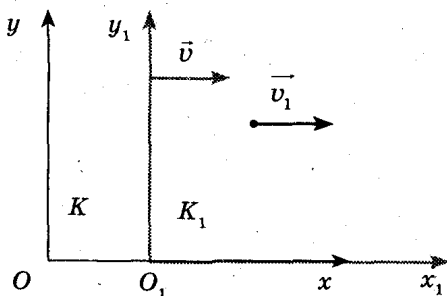


Рис. 1

Релятивістський закон додавання швидкостей:

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 v}{c^2}}.$$

Якщо $v \ll c$ і $v_1 \ll c$, то членом $\frac{v_1 v}{c^2}$ в знаменнику можна знехтувати, і ми отримаємо класичний закон додавання швидкостей:

$$v_2 = v_1 + v.$$

Властивістю релятивістського закону додавання швидкостей є те, що за будь-яких швидкостей v_1 і v (звичайно, менших від c) результуюча швидкість не перебільшує c .

V. Закріплення нового матеріалу

Фронтальне опитування

1. Які наукові суперечності призвели до створення теорії відносності?
2. Дайте означення теорії відносності.
3. Сформулюйте постулати теорії відносності та проаналізуйте.
4. Чим відрізняється принцип відносності Ейнштейна від принципу відносності Галілея?
5. Чим закон додавання швидкостей у класичній механіці відрізняється від закону додавання швидкостей у релятивістській механіці?

VI. Підбиття підсумків уроку

Вправа «Ключові слова»

Учитель рекомендує учням здійснити підбиття підсумків уроку, використовуючи метод «Ключові слова» (див. додаток 4).

VII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за конспектом.
2. Розв'язування задач (усно).
 - 1) Дві ракети рухаються з однаковими за модулем швидкостями по дуже близьких паралельних курсах. Перша ракета наближається до спостерігача, а друга віддаляється. У момент зустрічі (вважати однією точкою) на ракетах спалахують лампочки. Який спалах спостерігач побачить раніше?
 - 2) Елементарна частинка нейтрино рухається зі швидкістю світла c . Спостерігач рухається назустріч нейтрино зі швидкістю v . Яка швидкість нейтрино в системі відліку, пов'язаній зі спостерігачем?

УРОК № 33/21

Тема. Відносність і одночасність подій. Закон взаємозв'язку маси і енергії.

Мета: формування знань учнів про наслідки з постулатів теорії відносності Ейнштейна: принцип відносності і одночасності подій, відносність відстаней і залежність маси від швидкості руху; усвідомлення учнями класичного закону взаємозв'язку маси і енергії тіла.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

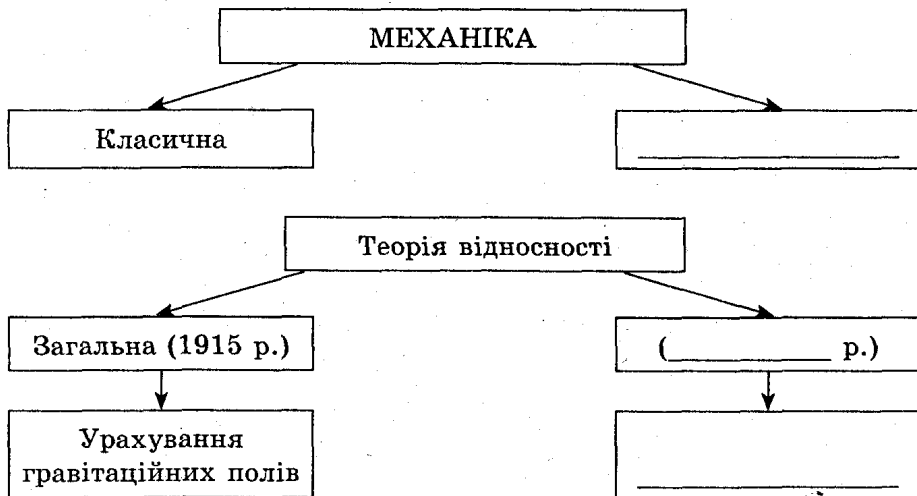
Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	5	Заповнення схем із пропусками. Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	5	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	5	Фронтальне опитування
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

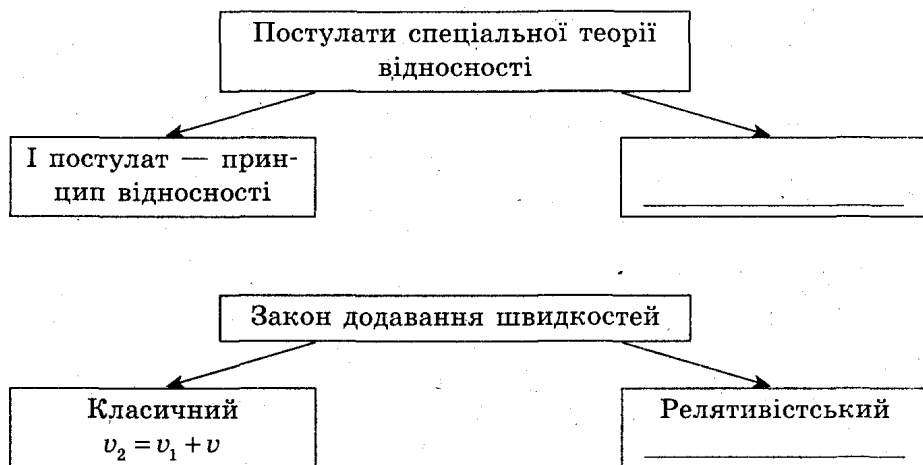
Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Завдання класу. Заповніть пропуски у схемах.





Перевірка завдання відбувається шляхом опитування, при цьому учні мають сформулювати постулати теорії відносності.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учнів учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім учитель просить самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Відносність і одночасність подій.
2. Відносність відстаней.
3. Залежність маси від швидкості.
4. Зв'язок між масою і енергією.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням дати відповідь на запитання: чи є правильним твердження, що час, довжина, маса тіла можуть бути різними в різних системах відліку? Відповідь треба позначити на шкалі за методом «Обери позицію» (див. додаток 3).

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Відносність і одночасність подій

За сучасними уявленнями час залежить від властивостей простору і руху матерії в ньому. Але одна і та сама подія в різних інерціальних системах відліку відбувається в різні моменти часу. Більше того, дві події, що одночасно відбуваються в одній інерціальній системі відліку, в іншій інерціальній системі відбуваються в різні моменти часу.

Наведемо приклад. Нехай повз нерухомого космонавта-спостерігача, який знаходиться в інерціальній системі відліку XYZ , пролітає зі швидкістю v ракета з трьома космонавтами на борту, що являє інерціальну систему відліку (рис. 1). Нехай один із космонавтів, який розміщується точно посередині ракети, тримає в руках ліхтарик. Два інші космонавти розміщуються на кормі ракети і в носовій частині відповідно і тримають у руках годинники. У деякий момент часу космонавт вмикає ліхтарик, а решта за годинниками зазначають час спалаху світла, порівнюють покази годинників і переконуються, що вони однакові. Так взагалі і має бути, бо однакові відстані до космонавтів на носу і кормі ракети світло проходить за той самий проміжок часу, поширюючись з однаковою швидкістю.

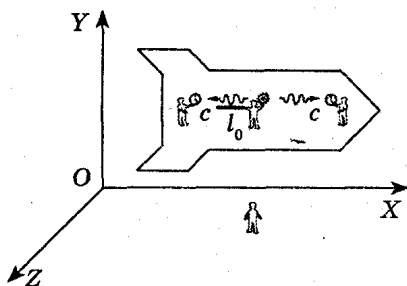


Рис. 1

Але спостерігач, який перебуває в нерухомій системі XYZ , не погодиться із цим. На його погляд, космонавт на носу корабля віддаляється разом із ракетою від місця спалаху (в центрі), і тому світло, наздоганяючи космонавта, повинно пройти відстань, більшу від половини ракети, і досягти його пізніше, ніж воно досягне космонавта на кормі ракети, який разом із ракетою наближається до місця спалаху. Щоб дістатися до космонавта на кормі, світлу треба буде пройти відстань, меншу за половину довжини ракети. Відповідно космонавт на кормі ракети побачить світло раніше, ніж космонавт на носу.

Спостерігач у системі XYZ має цілковиту рацію у своїх судженнях. Дійсно, ці дві події — моменти досягнення світла до космонавтів на носу і кормі ракети — неодночасні. Але справедливою є й позиція космонавтів, що знаходяться всередині ракети, адже вони стверджують, що ці дві події є саме одночасними.

Йдеться не про те, що існує дві істини. Істина одна.

Події, одночасні в одній інерціальній системі відліку, неодночасні в іншій інерціальній системі відліку, яка рухається з іншою, ніж перша система відліку, швидкістю.

Одночасність просторово розділених подій відносна.

Розрахунки свідчать про те, що зі зростанням швидкості рухомої інерціальної системи відліку відносно тієї, яку взято за нерухому, проміжок часу між двома подіями з точки зору спостерігача в нерухомій системі зростає.

Зв'язок між часом у нерухомій і рухомій системах відліку визначається формулою:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

де t — час між двома подіями в рухомій системі відліку, t_0 — у нерухомій системі відліку, v — швидкість рухомої системи відліку відносно нерухомої, а c — швидкість світла.

Приклад. Розрахунки, виконані Едвіном Макмілланом, фізиком з Каліфорнійського університету в Берклі. Деякий космонавт відлетів із Землі у спіральну Туманність Андромеди. До неї трохи менше ніж 2 млн світлових років. Першу частину шляху космонавт проходить зі сталим прискоренням 2, потім зі сталим уповільненням 2 до досягнення Туманності. Зворотний шлях здійснює у той самий спосіб. Подивившись на годинник космонавта, ми побачимо, що минуло 29 років. За земними законами уже сплило 3 млн років!

Для кращого сприймання даного явища розглянемо «парадокс близнюків», що викликав сенсацію на початку XX ст. своєю неймовірністю. Нехай два близнюки вирішили стати космонавтами. Але один із них не проходить випробувань і залишається на Землі. Другий летить, його корабель набирає дуже велику швидкість до 0,99с. Нехай ціль космонавта — зірка Альфа-Центавра, до якої світло йде 4,3 року. Відстань до зірки від Землі $4 \cdot 10^{16}$ м.

Згідно з обчисленнями подорож космонавта-близнюка займала 8 років 8 місяців за годинником на Землі і 1 рік 3 місяці за годинником в космічному кораблі. Отже, якщо на момент відльоту братам було 25 років, то в момент повернення на Землю космонавту буде 26 років 3 місяця, а його братові — 33 роки 8 місяців.

У липні 1972 р. в американському журналі «Наука» було опубліковано результати такого експерименту. Протягом місяця один годинник розташовувався в лабораторії, другий на реактивному літаку. Потім показання обох годинників порівнювали: у цілковитій відповідності з рівняннями теорії відносності годинник у літаку відставав від лабораторного годинника на дві стомільйонних частки секунди.

2. Відносність відстаней

Згідно з теорією відносності відстань також не є величиною абсолютною. Доведено, що зі зростанням швидкості відбувається зменшення відстані. Причому це скорочення відбувається саме стосовно довжини об'єкта.

Зв'язок між довжиною тіла з лінійними розмірами (наприклад, стрижня) у рухомій і нерухомій системах відліку визначається формулою

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

де l_0 — довжина стрижня в нерухомій системі відліку, l — довжина стрижня в рухомій системі, яка рухається відносно нерухомої зі швидкістю v .

Довжина одного і того самого тіла в різних інерціальних системах відліку різна.

Для спостерігача в нерухомій системі відліку вона тим менша порівняно з його довжиною, виміряною іншим спостерігачем, який летить разом із тілом, чим швидше рухається система відліку, в якій тіло знаходиться. Причому це скорочення довжини не уявне, а об'єктивне, бо відображає об'єктивні властивості простору, пов'язані з рухом матерії.

Завдяки релятивістському скороченню відстані можливість далеких космічних подорожей значно зростає, адже чим більше швидкість, тим коротшим у прямому значенні цього слова є шлях до цілі.

3. Залежність маси від швидкості

Чи залежить маса тіла від його швидкості, тобто чи відрізняється вона від маси цього тіла, коли воно перебуває у стані спокою?

У світі класичних швидкостей, які набагато менші за швидкість світла, можна однозначно стверджувати: ні, не залежить. Наприклад, маси нерухомого автомобіля і маса того самого автомобіля, коли він рухається зі швидкістю 150 м/с, однакові. Але у світі релятивістських швидкостей усе не так просто.

Вченим, які працюють із прискорювачами частинок, давно відомо, що коли швидкість частинки стає релятивістською ($\approx 10^7$ м/с), то до її руху закони класичної механіки Ньютона застосовувати неможливо. Таку частинку дедалі складніше розігнати до необхідної швидкості, а отже, дедалі більше витрачається на це енергії, бо частинка стає більш інертною, ніби у неї

збільшується маса. З цієї причини у фізику було введено поняття релятивістської маси.

Маса частинки, яка перебуває в спокої, відрізняється від маси рухомої частинки, тим більше, чим більшою є швидкість частинки v .

Масу нерухомої частинки m_0 називають масою спокою, а масу рухомої частинки m — релятивістською масою. Зв'язок між цими масами виражається формулою

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Отже, за нерелятивістських швидкостей маса тіла практично не залежить від його швидкості. Наприклад, маса реактивного літака, який рухається зі швидкістю 0,3 м/с, збільшується всього на 10^{13} його маси спокою. Звичайно, таке збільшення не варто брати до уваги.

Але ж у релятивістській механіці маса не лишається постійною при збільшенні швидкості, а стрімко зростає. Так, маса електрона, який розігнаний у бетатроні до швидкості 0,99999 с, у 224 рази перевищує масу спокою. Але збільшення маси зі зростанням швидкості не означає, що у тіла при цьому стає більше речовини — кількість атомів і молекул залишається сталою. Зростання маси зі зростанням швидкості означає, що збільшується інертність тіла, тобто збільшувати його швидкість стає дедалі важче.

4. Зв'язок між масою і енергією

Зв'язок між масою і енергією — наслідок закону збереження енергії і того факту, що маса залежить від швидкості руху.

За допомогою теорії відносності Ейнштейн встановив зв'язок між енергією і масою за допомогою формули:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Отримана формула показує, що маса і енергія взаємопов'язані. Це закон взаємозв'язку маси і енергії, один із фундаментальних законів фізики. Він пов'язує між собою дві величини, які раніше здавалися незалежними одна від одної.

Виходячи з цього закону, також можна зробити висновок, що будь-який об'єкт, який має масу, має також енергію, пропорційну цій масі. І навпаки, будь-який об'єкт, що має енергію, має пропорційну цій енергії масу.

Тіло також має енергію за нульової швидкості, це так звана енергія спокою:

$$E_0 = m_0 c^2.$$

Зміст закону взаємозв'язку маси і енергії полягає в тому, що енергія і маса — це дві взаємопов'язані характеристики будь-якого фізичного об'єкта.

VI. Закріплення нового матеріалу

Тест «Так — ні»

(Формули для тесту написані на окремій дошці.)

1. Події, одночасні в одній інерціальній системі відліку, не-одночасні в іншій інерціальній системі відліку, яка рухається з іншою, ніж перша система відліку, швидкістю. (Так)

2. $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. (Ні)

3. $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. (Так)

4. Довжина одного і того самого тіла в різних інерціальних системах відліку однакова. (Ні)

5. $m_0 = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. (Ні)

6. $E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. (Так)

7. Енергія і маса — це дві взаємопов'язані характеристики будь-якого фізичного об'єкта. (Так)

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумки уроку, повертається до шкали «Обери позицію», учні коментують свої позиції.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Підготуватися до самостійної роботи.
3. Виконати творче завдання.

Змодельовати ситуацію, пов'язану з будь-яким наслідком із постулатів теорії відносності: зміною маси, відстані, часу. Відтворити це в фантастичній ситуації.

УРОК № 34/22

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизування знань з теми «Релятивістська механіка»; продовження формування в учнів навичок і вмінь розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	15	Самостійна робота. Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення вчителя, бесіда
IV. Застосування набутих знань	23	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Самостійна робота

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Укажіть розділ фізики, який вивчає рух тіл зі швидкостями, близькими до швидкості світла у вакуумі.

А Хвильова оптика В Релятивістська механіка
Б Кінематика Г Релятивістська статика

2. Виберіть правильне твердження.

А Швидкість світла не змінюється при переході з одного середовища в інше

Б Швидкість світла у вакуумі змінюється залежно від руху джерела і приймача світла

В Швидкість світла у деяких середовищах більша, ніж у вакуумі

Г Швидкість світла у вакуумі — гранична швидкість поширення взаємодії

3. Як залежить час від збільшення швидкості системі відліку?
 А Прискорює хід
 Б Сповільнює хід
 В Не залежить
 Г Сповільнює хід до досягнення системою відліку половини значення швидкості світла, а потім прискорює хід
4. Як залежать лінійні розміри тіла від швидкості руху системи відліку?
 А Залежність експоненціальна
 Б Залежність квадратична
 В Зменшується
 Г Лінійно збільшується
5. Виберіть вираз для знаходження довжини тіла в рухомій системі відліку.
 А $l_0(1-v^2)$ Б $l_0\left(1-\frac{v}{c}\right)^2$ В $\frac{l_0}{1+\frac{v^2}{c^2}}$ Г $l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
6. Виберіть вираз для знаходження інтервалу часу в рухомій системі відліку.
 А $t_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ Б $t_0(1-v^2)$ В $\frac{t_0}{1-\frac{v^2}{c^2}}$ Г $\frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$
7. Укажіть залежність маси тіла від швидкості руху системи відліку.
 А $m = m_0 c^2$ В $m = m_0 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$
 Б $m = m_0 \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)$ Г $m = m_0 \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$
8. Що покладено в основу теорії відносності?
 А Постулати, сформульовані Ньютоном
 Б Постулати, сформульовані Бором
 В Постулати, сформульовані Ейнштейном
 Г Принцип відносності Галілея
9. Укажіть прізвище вченого, який уперше експериментально встановив, що швидкість світла не залежить від руху тіл, які його випромінюють.
 А Альберт Ейнштейн В Джеймс Максвелл
 Б Альберт Майкельсон Г Галілео Галілей

10. Що є результатом створення спеціальної теорії відносності?
 А Польова теорія відносності
 Б Фізична теорія простору і часу
 В Одержання значення швидкості світла у вакуумі
 Г Закон збереження енергії
11. Укажіть взаємозв'язок маси і енергії спокою частинки в релятивістській механіці.
 А $E=mc$ Б $E=\frac{m}{c^2}$ В $E=\frac{m}{c}$ Г $E=mc^2$
12. Укажіть рік створення спеціальної теорії відносності.
 А 1899 Б 1905 В 1917 Г 1922

Відповіді до тесту

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В	Г	Б	В	Г	Г	Г	В	Б	Б	Г	Б

Перевіряється самостійна робота методом «Ланцюжок» (див. додаток 8). Учні називають правильну відповідь з коментарем.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему, мету уроку.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (письмово)

1. Дві частинки в деякий момент часу перебувають на відстані $s=1000$ м одна від одної й рухаються назустріч зі швидкостями $v_1=0,4$ с і $v_2=0,6$ с. Через який час частинки зіштовхнуться?

Дано:

$$s=1000 \text{ м}$$

$$v_1=0,4 \text{ с}$$

$$v_2=0,6 \text{ с}$$

$$c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$t = ?$

Розв'язання

Час зближення частинок t обчислюється за

формулою $t = \frac{s}{v}$.

Знаходимо швидкість v , з якою одна частин-

ка наближається до іншої: $v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$.

$$t = \frac{s}{v_1 + v_2} \cdot \left(1 + \frac{v_1 v_2}{c^2} \right), \quad t = \frac{s}{0,4c + 0,6c} \cdot \left(1 + \frac{0,4c \cdot 0,6c}{c^2} \right) = \frac{1,24s}{c},$$

$$\left[t \right] = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}, \quad t = \frac{1,24 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}.$$

Відповідь: $t = 4 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

2. Зоряний корабель, який рухається зі швидкістю $v=0,8$ с, здійснював подорож $t_0=10$ років за годинником космонавтів. На скільки земляни будуть старші за космонавтів, якщо корабель повернеться на Землю?

Дано:

$$v=0,8 \text{ с}$$

$$t_0=10 \text{ років}$$

$$c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\Delta t = ?$$

Розв'язання

Δt — різниця часу між віком землян і космонавтів після їх повернення на Землю.

$\Delta t = t - t_0$, де t — час між стартом корабля та його поверненням за годинником землян, а t_0 — час між стартом корабля та його поверненням за годинником космонавтів. t і t_0

пов'язані між собою формулою $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

$$\Delta t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - t_0. \quad \Delta t = t_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right), \quad \Delta t = 10 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{0,64c^2}{c^2}}} - 1 \right) =$$

$$= 6,7 (\text{років}).$$

Відповідь: $\Delta t = 6,7$ років.

3. Чому дорівнює швидкість частинки v , якщо її кінетична енергія дорівнює $E_k = 0,25mc^2$?

Дано:

$$E_k = 0,25mc^2$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$v = ?$$

Розв'язання

Оскільки частинка рухома, то

$$E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right).$$

$$\text{За умовою } E_k = 0,25mc^2. \text{ Звідси } 0,25mc^2 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right),$$

$$1,25 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{1,25^2}, \quad \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{1,25^2} = 0,36, \quad v = 0,6c,$$

$$v = 0,6 \cdot 3 \cdot 10^8 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ (м/с)}. \text{ Відповідь: } v = 1,8 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) За якої швидкості кінетична енергія частинки дорівнює її енергії спокою?
 - 2) З якою швидкістю має летіти космічний корабель від Землі до зорі, щоб власний час польоту космонавтів був в 1,5 рази більший, ніж необхідно світлу для подолання тієї самої відстані?
 - 3) Чому дорівнює власний час, необхідний для польоту космонавтів до зорі Альфа-Центавра, якщо світло до неї йде 4 роки? Швидкість космічного літака $0,9c$.

УРОК № 35/23

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань за темою «Релятивістська механіка»; продовження формування навичок і умінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	15	Метод «Фізичний футбол»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення, бесіда
IV. Застосування набутих знань	23	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис у зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, коментар учителя

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель пропонує учням написати два-три запитання на повторення теми «Релятивістська механіка» за методом «Фізичний футбол» (див. додаток 7). Один із учнів, якого вибирає учитель, ставить запитання учневі, якого вибирає сам. Відповівши, цей учень ставить запитання іншому і т. д. Обов'язкова умова – запитання не повинні повторюватись. За необхідності учитель керує процесом опитування.

Обов'язкові запитання

1. Що таке теорія відносності?
2. Наведіть означення релятивістської механіки.
3. Перелічіть постулати теорії відносності.
4. Сформулюйте закон додавання швидкостей у релятивістській механіці.
5. У чому полягає відносність і одночасність подій?
6. У чому полягає відносність відстаней?
7. Поясніть залежність маси від швидкості.
8. У чому полягає зв'язок між масою і енергією?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему й мету уроку.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач

1. Чому дорівнює швидкість v_0 однієї інерціальної системи відліку відносно другої, якщо швидкість частинки відносно однієї системи $v = 0,5c$, а швидкість відносно іншої $v_1 = 0,3c$, де c – швидкість світла у вакуумі.

Дано:

$$v = 0,5c$$

$$v_1 = 0,3c$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_0 = ?$$

Розв'язання

Нехай система відліку, відносно якої швидкість частинки дорівнює v , нерухома. Тоді друга система відліку рухається відносно першої зі швидкістю v_0 , а частинка рухається відносно другої системи зі швидкістю v_1 . Згідно із законом перетворення релятивістських швидкостей

$$v = \frac{v_0 + v_1}{1 + \frac{v_0 v_1}{c^2}}; \quad v + \frac{v v_0 v_1}{c^2} = v_0 + v_1; \quad v - v_1 = v_0 - \frac{v v_0 v_1}{c^2}; \quad v_0 = \frac{v - v_1}{1 - \frac{v v_1}{c^2}};$$

$$v_0 = \frac{0,5c - 0,3c}{1 - \frac{0,5c \cdot 0,3c}{c^2}} = 0,24c. \quad v_0 = 0,24 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 7 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Відповідь: $v_0 = 7 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$

2. Швидкість рухомої системи відносно нерухомої $v_0 = 0,2c$, а швидкість частинки відносно нерухомої системи $v_1 = 0,8c$. Знайдіть відносну похибку δ обчислень при заміні релятивістського правила додавання швидкостей на класичний закон додавання швидкостей Галілея.

Дано:	Розв'язання
$v_0 = 0,2c$	Відносну похибку визначимо відношенням
$v_1 = 0,8c$	$\delta = \frac{v_{a6c1} - v_{a6c2}}{v_{a6c2}} \cdot 100\%,$
$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	де v_{a6c1} — абсолютна швидкість частинки, тобто швидкість відносно нерухомої системи в класичній механіці, v_{a6c2} — абсолютна швидкість даної частинки у релятивістській механіці.
$\delta = ?$	

$$\delta = \left(\frac{v_{a6c1}}{v_{a6c2}} - 1 \right) \cdot 100\%; \quad v_{a6c1} = v_0 + v_1; \quad v_{a6c2} = \frac{v_0 + v_1}{1 + \frac{v_0 v_1}{c^2}};$$

$$\delta = \left(\frac{v_{a6c1}}{v_{a6c2}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{v_0 + v_1}{\frac{v_0 + v_1}{1 + \frac{v_0 v_1}{c^2}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(1 + \frac{v_0 v_1}{c^2} - 1 \right) \cdot 100\%;$$

$$\delta = \frac{v_0 v_1}{c^2} 100\%; \quad \delta = \frac{0,2c \cdot 0,8c}{c^2} 100\% = 16\%.$$

Відповідь: $\delta = 16\%.$

3. З якою швидкістю v тіло має рухатися, щоб його довжина зменшилась на 20% порівняно з довжиною в стані спокою?

Дано:	Розв'язання
$\frac{\Delta l}{l_0} = 0,2$	Відносне зменшення довжини тіла:
$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_0 - l}{l_0} = 1 - \frac{l}{l_0},$
$v = ?$	де l_0 — довжина тіла в рухомій системі відліку; l — довжина тіла в нерухомій системі відліку,

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad \frac{\Delta l}{l_0} = 1 - \frac{l}{l_0} = 1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1 - \frac{\Delta l}{l_0};$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(1 - \frac{\Delta l}{l_0}\right)^2; \quad \frac{v^2}{c^2} = 2 \frac{\Delta l}{l_0} - \left(\frac{\Delta l}{l_0}\right)^2; \quad v = c \sqrt{\frac{\Delta l}{l_0} \left(2 - \frac{\Delta l}{l_0}\right)};$$

$$v = 3 \cdot 10^8 \sqrt{0,2(2-0,2)} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \text{ Відповідь: } v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

- Повторити теоретичний матеріал за підручником.
- Розв'язати задачі.
 - У деякій інерціальній системі відліку частинка А перебуває в спокої, а частинка В віддаляється від неї зі швидкістю $v = 0,2c$. З якою швидкістю має рухатися друга інерціальна система відносно першої, щоб обидві частинки віддалялися від неї з однаковою за модулем швидкістю, але в протилежних напрямках?
 - Дві частинки, відстань між якими 10 м, летять назустріч одна одній зі швидкостями $v = 0,6c$. Через скільки секунд відстанеться їх зіткнення?

УРОК № 36/24

Тема. Контрольна робота № 2 «Динаміка. Релятивістська механіка»

Мета: оцінювання знань й умінь учнів з даної теми, виявлення прогалин у знаннях учнів для подальшого їх усунення.

Тип уроку: контроль і корекція навчальних досягнень учнів.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар, інструктаж учителя
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота за посібником [2]
III. Домашнє завдання	2	Коментар, інструктаж учителя

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

Розділ 3. Властивості газів, рідин, твердих тіл

УРОК № 37/1

Тема. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини та її дослідне обґрунтування

Мета: ознайомлення учнів із поняттям молекулярної фізики як розділу фізичної науки; із молекулярно-кінетичною теорією речовини, її основними положеннями та її дослідним обґрунтуванням на прикладі дифузії й броунівського руху.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	5	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	5	Метод «Прес»
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Евристична бесіда
VI. Закріплення нового матеріалу	8	Фронтальне опитування. Метод «Діаграма Ейлера-Вена»
VII. Підбиття підсумків уроку	2	Метод «Ключові слова»
VIII. Домашнє завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Цей урок є першим уроком у темі «Молекулярна фізика і термодинаміка». З курсів природознавства і фізики учні вже мають певну систему знань про внутрішню будову речовини, тому

можна запропонувати низку запитань, які допоможуть ці знання відтворити.

Фронтальне опитування

1. З яких частинок складаються всі речовини?
2. Чи можна стверджувати, що молекула є найменшою частинкою речовини?
3. Що можна сказати про молекули тієї самої речовини й різних речовин?
4. Як розміщені молекули в речовині: щільно чи з проміжками?
5. Який характер руху молекул у речовині?
6. Як залежить рух молекул від температури речовини?
7. Як сили діють між молекулами в речовині?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Молекулярна фізика як розділ фізики.
2. Молекулярно-кінетична теорія будови речовини (МКТ). Розвиток поглядів на будову речовини.
3. Основні положення МКТ та її дослідне обґрунтування.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Запитання до класу. Чому важливо вивчати внутрішню будову речовини, вміти пояснювати властивості макроскопічних тіл і теплових процесів, що в них відбуваються? Обґрунтуйте відповідь, використовуючи набуті знання з фізики, власний життєвий досвід.

Учитель пропонує учням дати відповідь за методом «Прес» (див. додаток 5).

V. Сприймання й глибоке осмислення нового матеріалу

1. Молекулярна фізика як розділ фізики

Учитель наголошує, що в 10-му класі учні поглиблюватимуть і систематизуватимуть знання про будову речовини та ознайомляться з методами молекулярної фізики.

Молекулярна фізика — це розділ фізики, який розглядає властивості тіл як сумарний результат руху та взаємодії величезної кількості молекул, з яких складаються ці тіла.

Досягненнями молекулярної фізики широко користуються інші науки — хімія, біологія тощо. Основні уявлення молекулярної фізики використовуюся у таких спеціальних галузях науки, як фізика металів, полімерів і плазми, кристалофізика, фізико-хімічна механіка. Саме молекулярна фізика вказує шляхи на створення матеріалів із заданими властивостями.

■ 2. Молекулярно-кінетична теорія будови речовини (МКТ).

Розвиток поглядів на будову речовини

Основою молекулярної фізики є молекулярно-кінетична теорія будови речовини (МКТ).

Перші уявлення про молекулярну будову речовини зародилися ще за сивої давнини. Понад дві тисячі років тому давньогрецькі філософи, серед яких Демокріт (460–370 рр. до н. е.), припускали, що все у світі складається з дуже маленьких неподільних частинок — атомів. Наявні у світі речі різняться атомами, з яких складаються, їх порядком і положенням. Хоча ще раз слід наголосити, що уявлення давніх атомістів про дискретну будову речовини були лише здогадкою.

У середні віки послідовники атомістичного вчення, яке по суті було глибоко матеріалістичним, переслідувалися інквізицією і владою. Так, у 1026 р. вищий суд Франції під страхом смертної кари заборонив поширення атомістичного учення. Лише в XVII ст. І. Ньютон зробив спробу пояснити розширення газів на основі передбачення, що молекули намагаються заповнити простір.

У XVIII ст. прихильник і пропагандист МКТ М. Ломоносов сформулював основні положення цієї теорії, які не зазнали суттєвих змін і до сьогодні.

Мета молекулярно-кінетичної теорії — пояснення властивостей макроскопічних тіл і теплових процесів на основі уявлень про те, що всі тіла складаються з окремих частинок, які хаотично рухаються.

■ 3. Основні положення МКТ та її дослідне обґрунтування

В основі МКТ речовини лежать три основні положення.

- 1) Всі речовини дискретні, вони складаються з молекул і атомів. Молекула — дрібна електронейтральна частинка речовини, яка зберігає її хімічні властивості.
- 2) Молекули і атоми всіх речовин перебувають у безперервному хаотичному русі.
- 3) Між молекулами всіх речовин діють сили притягання й відштовхування.

Кожне з цих положень суворо доведено дослідним шляхом. Реальне існування молекул підтверджується масою експериментальних фактів, з-поміж яких можна виділити можливість механічного дроблення речовини, розчинення речовин у воді та інших розчинниках, стискання і розширення газів. Але найбільш переконливими є такі процеси, як броунівський рух та дифузія.

У 1827 р. англійський ботанік Роберт Броун, спостерігаючи під мікроскопом рух спор рослин у краплині рідини, виявив, що траєкторія руху кожної частинки є ламаною лінією (рис. 1). У другій половині XIX ст. було доведено, що причиною броунівського руху є хаотичні удари молекул об спори рослин.

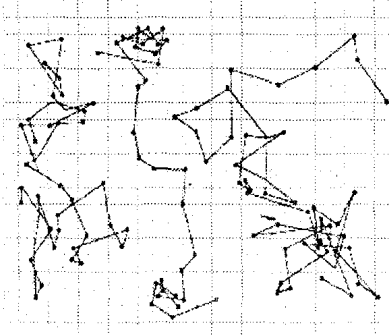


Рис. 1

Броунівський рух — це рух найдрібніших частинок твердої речовини під ударами молекул рідини чи газу, у яких ці частинки містяться.

Запитання до класу

1. Для яких частинок броунівський рух помітніший: для більш чи менш дрібних? Чому?
2. Чи залежить броунівський рух від температури рідини чи газу? Як саме?
3. Чому броунівський рух не спостерігається для чайнок у склянці чаю?
4. Підтвердженням яких положень МКТ є броунівський рух?

Дифузія речовин — це явище проникнення молекул однієї речовини між молекулами іншої речовини внаслідок дотикання цих речовин.

Запитання до класу

1. Підтвердженням яких положень МКТ є дифузія?
2. Чи може дифузія відбуватися між речовинами, що перебувають у різних агрегатних станах? в одному агрегатному стані? Наведіть приклади.

3. Від чого залежить швидкість дифузії?
4. Яке практичне значення має дифузія в життєдіяльності людини (побуті, промисловості)? в природі?

Усі речовини в будь-яких агрегатних станах дифундують, причому із різною швидкістю. Швидкість дифузії залежить від агрегатного стану речовин, власне речовин, а також від їх температури.

VI. Закріплення нового матеріалу

Фронтальне опитування

1. Яка мета МКТ?
2. Сформулюйте основні положення МКТ.
3. Наведіть факти на підтвердження того, що молекули існують; рухаються.
4. Наведіть факти на підтвердження того, що між молекулами діють сили притягання й відштовхування; між молекулами є проміжки.
5. Зробіть порівняльну характеристику дифузії і броунівського руху за методом «Діаграма Ейдера-Вена» (див. додаток).

Це завдання перевіряється учителем вибірково: один з учнів називає спільні ознаки цих явищ, другий — ознаки, притаманні тільки дифузії, третій — тільки броунівському руху.

VII. Підбиття підсумків уроку

Завдання класу

1. Назвіть слова або словосполучення, які є «ключовими словами» даного уроку за методом «Ключові слова» (див. додаток 4).
 2. Чи досягнуто мети уроку? Висловіть свою думку.
- Учитель оцінює діяльність учнів.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Виконати творче завдання.
Підготувати повідомлення «Короткий історичний нарис про будову речовини» (2 хв).
3. Виконати експериментальне завдання.
Провести один із дослідів.
 - 1) На дно двох склянок із водою (в одній склянці — холодна вода, в другій — гаряча) покласти по однаковому шматочку сухої фарби. Через кожні півгодини вимірювати рівень забарвленої води. Пояснити результати дослідів.

- 2) Взяти два шматочки скла (можна два однакові дзеркальця), вимити, висушити й притиснути одне до одного. Легко чи важко їх роз'єднати? Те саме виконати з мокрим склом. Пояснити результати досліду.

УРОК № 38/2

Тема. Маса та розміри атомів і молекул. Кількість речовини.

Мета: формування знань про відносну атомну та молекулярну масу, молярну масу, сталу Авогадро та її фізичний зміст, про способи обчислення маси молекул та кількості молекул, які містяться в певному об'ємі речовини.

Тип уроку: комбінований.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Виступ учнів із повідомленнями. Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності учнів	2	Бесіда
IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Застосування набутих знань	10	Розв'язування завдань
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення вчителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Доповідь учнів

Один з учнів робить повідомлення «Короткий історичний нарис про будову речовини», решта доповнює виступ фактами, про які не було згадано.

Фронтальне опитування

- 1) Сформулюйте основні положення МКТ.
- 2) Що є найнаочнішим експериментальним підтвердженням існування молекул?
- 3) У чому відмінність дифузії та броунівського руху?
- 4) Наведіть приклади фактів застосування дифузії в природі, діяльності людини.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Відносна молекулярна й атомна маса.
2. Кількість речовини. Молярна маса.
3. Стала Авогадро, її фізичний зміст.
4. Обчислення маси молекули та кількості молекул в об'ємі речовини.

Запитання до класу. Чи є важливими знання про масу та розміри мікрочастинок? Чому? Де їх можна застосовувати?

IV. Вивчення нового матеріалу,

його сприймання й осмислення

1. Відносна молекулярна й атомна маса

Розміри молекул і атомів надзвичайно малі. Наведемо декілька цікавих фактів.

- Молекула менша за яблуко у стільки разів, у скільки разів яблуко менше за Землю.
- Якщо уявити, що олія створює на поверхні води плівку завтовшки в одну молекулу, то така плівка буде тонша за людську волосину приблизно в 40 000 разів.
- У 1 см^2 повітря стільки молекул, що, взявши таку саму кількість піщинок, можна було б засипати територію великого підприємства.
- Якщо взяти таку кількість цеглин, скільки молекул міститься в 1 см^3 повітря, то цегла б щільно вкрила поверхню Землі шаром заввишки 120 м (висота 40-поверхового будинку).
- У краплі води діаметром 0,1 мм приблизно 10^{16} молекул, що майже в мільйон разів більше, ніж людей, які мешкають на Землі.

Відповідно надзвичайно малі і маси атомів і молекул, тому для розв'язання задач молекулярної фізики замість власне мас атомів і молекул використовують їхні відносні величини, порівнюючи масу атома або молекули із $\frac{1}{12}$ маси атома Карбону. Таке порівняння було прийнято в 1961 році за пропозицією Д. Дальтона. Подібний вибір обумовлено тим, що Карбон входить до складу багатьох хімічних сполук. А множник $\frac{1}{12}$ введено для того, щоб відносні атомні маси наближалися до цілих чисел.

Відносна молекулярна маса M_r — це відношення маси молекули до $\frac{1}{12}$ частини маси атома Карбону:

$$M_r = \frac{m_m}{\frac{1}{12} m_c},$$

де m_m — маса молекули речовини, m_c — маса атома Карбону.

Відносна атомна маса A_r — це відношення маси молекули до $\frac{1}{12}$ частини маси атома Карбону.

Через малу масу молекул і атомів їхні маси часто вимірюють не в одиницях СІ — кілограмах, а в атомних одиницях маси (а.о.м.) — маси $\frac{1}{12}$ частини атома Карбону m_c .

$$1 \text{ а. о. м.} = \frac{1}{12} \cdot m_c = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

2. Кількість речовини. Молярна маса

Кількість речовини найбільш природно було б вимірювати числом атомів чи молекул в тілі. Але їх число в макроскопічному тілі настільки велике, що в розрахунках використовується не абсолютне, а відносне число молекул. У СІ кількість речовини виражають у молях.

Модем називається кількість речовини, яка містить стільки ж молекул (атомів), скільки їх міститься в 12 г вуглецю.

Молярна маса M дорівнює відношенню маси речовини m до кількості молей ν у ній:

$$M = \frac{m}{\nu},$$

де ν — кількість речовини.

Фізичний зміст молярної маси: молярна маса — це маса одного моля речовини.

Одиниця молярної маси в СІ — кілограм на моль (кг/моль),
 $M = M_r \cdot 10^{-3}$.

Об'єм одного моля речовини V_M можна знайти, розділивши молярну масу речовини M на її густину ρ :

$$V_M = \frac{M}{\rho}.$$

3. Стала Авогадро, її фізичний зміст

Італійський фізик і хімік Амадео Авогадро в ХІХ ст. визначив кількість молекул в одному молі речовини. Цю кількість називали сталою Авогадро N_A :

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}.$$

Фізичний зміст сталої Авогадро: число Авогадро показує, що в одному молі будь-якої речовини міститься $6,02 \cdot 10^{23}$ молекул.

Також Авогадро встановив закон, який називали законом Авогадро.

Закон Авогадро: у рівних об'ємах різних газів за однакових умов завжди міститься однакова кількість молекул.

4. Обчислення маси молекули та кількості молекул в об'ємі речовини

Інколи для розв'язування задач молекулярної фізики необхідно вміти обчислювати масу молекули та кількість молекул, яка міститься в речовині.

Визначити масу молекули m_M можна у такий спосіб.

- 1) Молярну масу речовини M розділити на число молекул в одному молі речовини, тобто на число Авогадро N_A :

$$m_M = \frac{M}{N_A}.$$

- 2) Малу всієї речовини m розділити на число молекул в ній N :

$$m_M = \frac{m}{N}.$$

- 3) Густина речовини ρ розділити на концентрацію молекул n , тобто на їх число в одиниці об'єму:

$$m_M = \frac{\rho}{n}.$$

Число молекул N у деякому об'ємі речовини можна знайти також у декілька способів. Розглянемо три з них.

- 1) Число молекул N у речовині даної маси або даного об'єму дорівнює добутку числа молекул в одному молі, тобто числа Авогадро N_A , на число молей у речовині ν :

$$N = N_A \nu.$$

- 2) Число молекул N дорівнює відношенню маси речовини m до маси однієї молекули m_M :

$$N = \frac{m}{m_M}.$$

- 3) Число молекул N дорівнює добутку числа молекул в одиниці об'єму речовини, тобто їх концентрації n на їхній об'єм V :

$$N = nV.$$

V. Застосування набутих знань

Розв'язування задач

1. Визначте за таблицею Менделєєва відносні атомні маси елементів: Літій, Магній, Міді, Індію (в а.о.м.).

Розв'язування

$$A_r(\text{Li}) = 7 \text{ а.о.м}; A_r(\text{Mg}) = 24 \text{ а.о.м};$$

$$A_r(\text{Cu}) = 64 \text{ а.о.м}; A_r(\text{In}) = 115 \text{ а.о.м}.$$

2. Визначте відносну молекулярну масу молекули води (в а.о.м. та кг).

Розв'язування

З хімічної формули води H_2O , видно, що до її складу входять два атоми Гідрогену та один атом Оксигену. Молярну масу молекули води можна обчислити за формулою:

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}), \quad M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 2 + 16 = 18 \text{ (а.о.м)}.$$

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} = 29,88 \cdot 10^{-27} \approx 30 \cdot 10^{-27} \text{ (кг)}.$$

3. Визначте молярну масу цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

Розв'язування

Визначимо відносну молекулярну масу молекули цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

$$M_r(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12A_r(\text{C}) + 22 \cdot A_r(\text{H}) + 11 \cdot A_r(\text{O}),$$

$$M_r(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12 \cdot 12 + 22 \cdot 1 + 11 \cdot 16 = 342 \text{ (а.о.м)}.$$

$$M = M_r \cdot 10^{-3}, \quad M = 342 \cdot 10^{-3} = 0,342 \text{ (кг/моль)}.$$

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Вивчити формули для написання фізичного диктанту.
3. Розв'язати задачі.

- 1) Скориставшись таблицею Менделєєва, визначити відносну молекулярну масу кисню O_2 , метану CH_4 , сірководню H_2S .
- 2) Визначити масу молекул кисню O_2 , метану CH_4 , сірководню H_2S .
- 3) Обчислити молярні маси кисню O_2 , метану CH_4 , сірководню H_2S .

УРОК № 39/3

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про масу та розміри атомів і молекул, кількість речовини; продовження формування навичок і вмінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	Фізичний диктант
II. Перевірка домашнього завдання	10	Евристична бесіда
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності учнів	3	Розв'язування задач із коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фізичний диктант

1. Закінчіть речення так, щоб отримати правильне твердження.

- 1) Відношення маси молекули до $\frac{1}{12}$ частини маси атома Карбону — це... (відносна молекулярна маса)

- 2) Кількість речовини, яка містить стільки ж молекул і атомів, скільки їх міститься в 12 г Карбону, називається... (молем)
- 3) Фізичний зміст молярної маси: молярна маса — це маса одного моля... (речовини)
- 4) Фізичний зміст сталої Авогадро: число Авогадро показує, що в одному молі речовини будь-якої речовини міститься... (молекул)

2. Запишіть формулу:

- 1) молярної маси;
- 2) об'єму моля речовини;
- 3) маси молекул (три формули);
- 4) кількості молекул в речовині (три формули).

Диктант перевіряється методом взаємоперевірки в парах.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему та мету уроку. Мотивуючи навчальну діяльність, пропонує учням прокоментувати слова російського фізика О. Мігдала: «Для того щоб досягти глибшого розуміння, треба самому розв'язувати задачі в цій галузі фізики. Пасивне вивчення дає лише слабкі уявлення про ту красу, яка відкривається під час самостійної роботи».

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач

1. Визначте, яку масу мають 50 молів вуглекислого газу CO_2 .

Дано:	Розв'язання
CO_2	$m = M \nu$,
$\nu = 50$ моль	$[m] = \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot \text{моль} = \text{кг}.$
$m = ?$	Визначимо молярну масу вуглекислого газу CO_2 :

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 \cdot M(\text{O}), \quad M(\text{CO}_2) = (12 + 2 \cdot 16) \cdot 10^{-3} = 44 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right),$$

$$m = 44 \cdot 10^{-3} \cdot 50 = 2200 \cdot 10^{-3} = 2,2 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m = 2,2$ кг.

2. Визначте у молях кількість речовини, яка міститься у 200 г води.

Дано:	СІ	Розв'язання
H_2O	$m = 0,2 \text{ кг}$	$v = \frac{m}{M},$
$m = 200 \text{ г}$		$[v] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} = \text{моль}.$
$v = ?$		

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2M(\text{H}) + M(\text{O}), \quad M(\text{H}_2\text{O}) = (2 \cdot 1 + 16) \cdot 10^{-3} = 18 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right).$$

$$v = \frac{0,2}{18 \cdot 10^{-3} = 0,018} \approx 11 \text{ (моль)}.$$

Відповідь: $v = 11 \text{ моль}$.

3. Скільки молекул міститься у 210 г Нітрогену N_2 ?

Дано:	СІ	Розв'язання
N_2		$N = \frac{m}{m_{\text{N}_2}},$
$m = 210 \text{ г}$	$m = 210 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	де m_{N_2} — маса молекули Гідрогену.
$N = ?$		

$$m_{\text{N}_2} = \frac{M}{N_A}, \quad N = \frac{m \cdot N_A}{M}.$$

$$\text{З таблиць: } M(\text{N}_2) = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}.$$

$$[N] = \frac{\frac{\text{кг} \cdot 1}{\text{моль}}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг} \cdot \text{моль}} = 1, \quad N = \frac{210 \cdot 10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{28 \cdot 10^{-3}} \approx 45 \cdot 10^{23}.$$

Відповідь: $N = 45 \cdot 10^{23}$.

4. На дзеркало площею 1 м^2 напилили $0,1 \text{ г}$ срібла. Оцініть розмір (діаметр) атомів Аргентуму, якщо в дзеркальному покритті міститься 100 атомних шарів.

Дано:	СІ	Розв'язання
Ag		На дзеркало напилено шар срібла $h = Nd$.
$S = 1 \text{ м}^2$	$S = 1 \text{ м}^2$	Маса шару $m = \rho_{\text{срібла}} V$, а об'єм $V = Sh$.
$m = 0,1 \text{ г}$	$m = 10^{-4} \text{ кг}$	
$N = 100$	$N = 100$	
$d = ?$		З таблиці: $\rho_{\text{срібла}} = 10\,500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$

Отже, $m = \rho_{\text{срібла}} \cdot S \cdot h$.

$$h = \frac{m}{\rho_{\text{ср}} \cdot S}, \quad \frac{m}{\rho_{\text{ср}} \cdot S} = N \cdot d, \quad d = \frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}} \cdot S \cdot N}.$$

$$[d] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^2} = \text{м}, \quad d = \frac{10^{-4}}{10\,500 \cdot 1 \cdot 100} = \frac{10^{-4}}{1\,050\,000} \approx 10^{-10} \text{ (м)}.$$

Відповідь: $d = 10^{-10}$ м.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, вказує на недоліки у розв'язуванні задач і оцінює роботу учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Яку масу мають $33 \cdot 10^{23}$ атомів Меркурію (Hg)?
 - 2) Відомо, що маса $1,5 \cdot 10^{23}$ молекул газу становить 11 кг. Який це газ?
 - 3) Налита у блюдце вода масою 50 г повністю випарувалась за 6 діб. Скільки молекул у середньому випаровувалося з поверхні води за 1 с?

УРОК № 40/4

Тема. Ідеальний газ. Температура.

Мета: формування знань про фізичну модель — ідеальний газ, її переваги, про температуру як один з термодинамічних параметрів, основні температурні шкали Кельвіна і Цельсія та зв'язок між ними, про вимірювання температури за допомогою термометрів.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: термометр рідинний демонстраційний.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Метод «Низка питань»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за допомогою плану вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	Метод «Прес»
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	13	Самостійна робота. Характеристика приладу за узагальненим планом
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

На уроці учні вивчатимуть кількісну теорію газів. Про газоподібний агрегатний стан речовини учні вже знають із курсів 7–8 класів, тож учитель пропонує їм низку запитань, які допоможуть відтворити ці знання.

Завдання класу

1. Чи мають гази власний об'єм?
2. Чи мають гази форму?
3. Чи утворюють гази струмені? течуть?
4. Чи можна гази стиснути?
5. Як розміщені молекули в газах? Як вони рухаються?
6. Що можна сказати про взаємодію молекул у газах?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття ідеального газу як фізичної ідеалізації.
2. Умови, за яких реальні гази можна вважати ідеальними.

3. Температура як термодинамічний параметр ідеального газу.
4. Температурні шкали. Вимірювання температури.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Запитання до класу

Чому важливо вивчати гази, уміти описувати процеси, які в них відбуваються? Обґрунтуйте відповідь, використовуючи попередньо набуті знання з фізики, власний життєвий досвід.

Учитель заохочує учнів до надання структурованої відповіді, використовуючи опорні слова за методом «Прес» (див. додаток 5).

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Поняття ідеального газу як фізичної ідеалізації

З трьох агрегатних станів, в яких може перебувати речовина, найбільш простим для вивчення є газоподібний. Тому вивчення властивостей речовин ми починаємо саме з властивостей газів. У розрідженого газу відстань між молекулами у багато разів перевищує їхні розміри. У цьому випадку взаємодія між молекулами є дуже малою і кінетична енергія руху молекул значно перевищує потенціальну енергію їх взаємодії. Молекули газу можна розглядати як маленькі тверді кульки. Замість реального газу ми будемо розглядати його фізичну модель, нехтуючи складними силами взаємодії між молекулами і полегшуючи тим самим вивчення властивостей газів. Ця модель називається ідеальним газом.

Ідеальний газ — це газ, взаємодією між молекулами у якому можна знехтувати.

Газ можна вважати ідеальним, якщо:

- 1) відсутні сили міжмолекулярної взаємодії, тобто молекули не притягаються і не відштовхуються;
- 2) взаємодія між молекулами відбувається тільки під час їх ударення і є пружною;
- 3) молекули газу не мають об'єму і вважаються матеріальними точками.

Слід пам'ятати, що у фізичній моделі беруть до уваги ті властивості реальної системи, урахування яких необхідно для пояснення закономірностей поведінки системи, що досліджуються.

2. Умови, за яких реальні гази можна вважати ідеальними

Газами, властивості яких близькі до властивостей ідеального газу, є реальні гази, що перебувають під низьким тиском чи мають високу температуру. Наприклад, повітря за нормальних умов (10^5 Па і 0°C) можна наближено вважати ідеальним газом.

Запитання до класу

1. Чому гази за високої температури можна вважати ідеальними? (Чим вища температура газу, тим більша унаслідок теплового руху молекул відстань між ними порівняно з розмірами, а отже, газ ближчий до ідеального.)
2. Чому за високого тиску властивості реальних газів відрізняються від властивостей ідеального? (За високого тиску молекули газів розміщуються на відстанях, які приблизно дорівнюють діаметрам самих молекул: при цьому їх уже не можна вважати матеріальними точками, отже, такий газ не можна вважати за ідеальний.)

3. Температура як термодинамічний параметр ідеального газу

Стан газу описують за допомогою певних величин, які називають параметрами стану.

Розрізняють:

- 1) мікропараметри, тобто характеристики власне молекул, — розміри, масу, швидкість, імпульс, енергію;
- 2) макропараметри, тобто параметри газу як фізичного тіла загалом, — температура, тиск, об'єм.

Зі словом «температура» ви знайомі з раннього дитинства. Тепер ознайомимось з температурою як параметром.

Вправа «Асоціативний куц»

Учитель застосовує метод «Асоціативний куц» (див. додаток 2) із ключовим словом «температура».

Нам відомо, що різні тіла можуть мати різну температуру. Відповідно, температура характеризує внутрішній стан тіла. Якщо здійснити контакт двох тіл із різною температурою, то, як свідчить досвід, через деякий час їх температури зрівняються. Велика кількість дослідів свідчить про те, що температури тіл, які перебувають у тепловому контакті, зрівнюються, тобто між ними встановлюється тепла рівновага.

Теплова рівновага — це стан, за якого всі макроскопічні параметри залишаються скільки завгодно довго незмінними.

Стан теплової рівноваги визначається для ізольованої системи, тобто тільки для тіл, які взаємодіють лише між собою і не взаємодіють з іншими тілами. Отже, температура характеризує внутрішній стан ізольованої системи тіл, які перебувають у стані теплової рівноваги.

Чим швидше рухаються молекули в тілі, тим сильнішим є відчуття тепла під час дотикання до нього. Більша швидкість руху молекул відповідає більшій кінетичній енергії. Відповідно

за величиною температури можна скласти уявлення про кінетичну енергію молекул.

Температура — це міра кінетичної енергії теплового руху молекул.

Температура є скалярною величиною, у СІ вимірюється в Кельвінах.

4. Температурні шкали. Вимірювання температури

У фізиці у більшості випадків користуються введеною англійським вченим У. Кельвіном абсолютною шкалою температур (1848 р.), яка має дві основних точки.

Перша основна точка — 0 К, або абсолютний нуль.

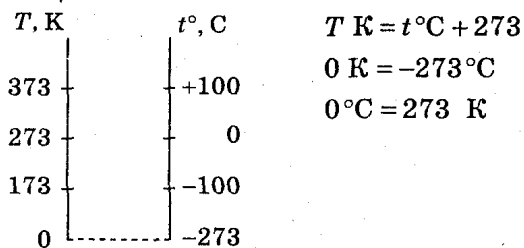
Фізичний зміст абсолютного нуля: це температура, за якої припиняється тепловий рух молекул.

При абсолютному нулі молекули поступально не рухаються, але їх коливальний і обертальний рухи зберігаються. Тепловий рух молекул безперервний і нескінченний. Відповідно абсолютний нуль температур за наявності молекул речовини недосяжний. Він можливий тільки за умови відсутності молекул, яких немає, наприклад, в космосі при великому віддаленні від зірок і планет. Абсолютний нуль температур — це найнижча температурна межа, верхньої не існує.

Друга основна точка на абсолютній шкалі температур — це точка, в якій вода існує у всіх трьох станах (твердому, рідкому і газоподібному), вона названа потрійною точкою.

У побуті для вимірювання температури використовують другу температурну шкалу — шкалу Цельсія, названу на честь шведського астронома А. Цельсія й уведену ним у 1742 р. На шкалі Цельсія є дві основні точки: 0 °С (точка, у якій тоне лід) і 100 °С (точка, у якій кипить вода). Температура, яка визначається за шкалою Цельсія, позначається t . Шкала Цельсія має як додатні, так і від'ємні значення.

За рисунком простежимо зв'язок між температурами за шкалами Кельвіна та Цельсія.



Ціна поділки за шкалою Кельвіна така сама, як і за шкалою Цельсія:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (t_2^\circ + 273) - (t_1^\circ + 273) = t_2^\circ - t_1^\circ = \Delta t^\circ.$$

Отже, $\Delta T = \Delta t^\circ$, тобто зміна температури за шкалою Кельвіна дорівнює зміні температури за шкалою Кельвіна.

Температура вимірюється за допомогою термометрів, дія яких заснована на явищі термодинамічної рівноваги. Тобто термометр — це прилад для вимірювання температури за допомогою контакту з дослідженим тілом. У ході виготовлення термометрів різного типу враховується залежність від температури різних фізичних явищ: теплового розширення, електричних і магнітних явищ тощо.

Розрізняють такі види термометрів: рідинні, термопари, газові, термометри опору.

VI. Закріплення нового матеріалу

Самостійна робота

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Тепловими називають явища, пов'язані зі зміною:
А температури і маси тіла
Б форми тіла
В агрегатного стану або температури тіла
Г агрегатного стану
2. Який газ називається ідеальним?
А Газ, кількістю молекул у якому можна знехтувати
Б Газ, взаємодією між молекулами у якому можна знехтувати
В Газ, який перебуває під високим тиском
Г Будь-який газ
3. Чим швидше рухаються молекули тіла, тим його температура:
А стабільніша
Б повільніше змінюється
В вища
Г нижча
4. Температуру, за якої має припинитися тепловий рух молекул, називають:
А 0°C
Б абсолютною температурою
В абсолютним нулем
Г 0°F
5. Укажіть рядок, у якому правильно переведено в основні одиниці -10°C ; 23°C .
А 263 К, 296 К
Б 283 К, 293 К
В 267 К, 297 К
Г 287 К, 296 К

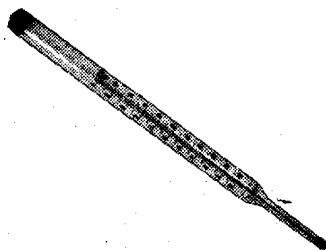
6. Вкажіть рядок, у якому правильно переведено в градуси Цельсія 298 К.

А 23°C Б 21°C В 25°C Г 15°C

Відповіді до самостійної роботи

1	2	3	4	5	6
В	Б	В	В	А	В

Завдання класу. Опишіть рідинний термометр (див. рисунок) як фізичний прилад за планом характеристики фізичного приладу (див. додаток 14).



Характеристика рідинного термометра
як фізичного приладу

1. Вимірювання температури.
2. Запаяний скляний капіляр у нижній частині із резервуаром для рідини, заповнений ртуттю або підфарбованим спиртом. Капіляр приєднаний до шкали і зазвичай вміщений у скляний футляр.
3. У разі збільшення температури рідина всередині капіляра розширюється і піднімається вгору, у разі зменшення температури — навпаки.
4. Використовується для вимірювання температури повітря, води, тіла людини тощо.
5. Діапазон температур, які можна вимірювати за допомогою рідинних термометрів, широкий (ртутним від -35 до 75°C , спиртовим від -80 до 70°C). Недоліком є те, що в ході нагрівання різні рідини розширюються по-різному, за однакової температури показання можуть незначною мірою відрізнитися.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумки уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання.

1. Вивчити теоретичний матеріал за конспектом.
2. Виконати творче завдання (вибрати одне з двох).
 - 1) Охарактеризувати медичний термометр як фізичний прилад.
 - 2) Порівняти термометри для вимірювання температури повітря на вулиці та вимірювання води у ванні за методом «Діаграма Ейлера–Вена» (див. додаток 12).

УРОК № 41/5

Тема. *Ізопроееси. Газові закони.*

Мета: *ознайомлення учнів із поняттям тиску газу; з'ясування зв'язку тиску газу з іншими параметрами, зв'язку між основними термодинамічними параметрами на прикладі рівняння стану ідеального газу.*

Тип уроку: *урок засвоєння нових знань.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	22	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Закріплення нового матеріалу	15	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Запитання до класу

1. Що таке ідеальний газ?
2. За яких умов газ можна вважати ідеальним?
3. Які макропараметри газу вам відомі?
4. Що таке температура як термодинамічний параметр?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи у їхні відповіді.

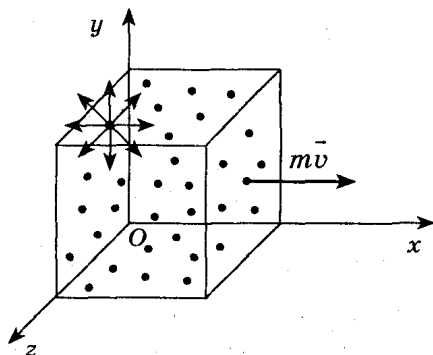
План вивчення теми

1. Тиск газу. Основне рівняння МКТ ідеального газу.
2. Зв'язок тиску з температурою.
3. Рівняння стану ідеального газу.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Тиск газу. Основне рівняння МКТ ідеального газу

Нехай газ поміщений у посудину, яка має форму куба (див. рисунок). Нехай у кожному кубічному метрі газу міститься n молекул. Здійснюючи хаотичний рух, молекули час від часу зіштовхуються зі стінками посудини. При цьому молекула діє на стінку посудини з дуже малою силою і відбивається від неї. Але число молекул в газі величезне, тому удари об стінку відбуваються практично безперервно. Дуже малі сили ударів створюють, зрештою кінцеву, практично постійну, силу тиску.



Проаналізуємо, від чого залежить тиск газу на стінки посудини.

- 1) Тиск газу залежить від концентрації молекул.

Запитання до класу. Чому?

Чим більша концентрація молекул, тим частіше молекули зіштовхуватимуть зі стінками посудини і, відповідно, тим більшим буде тиск, тому $p \sim n$.

2) Тиск газу тим вищий, чим більша кінетична енергія руху молекул.

Запитання до класу. Чому?

Чим більша кінетична енергія молекул, тим більшу енергію вони віддають стінкам посудини під час зіштовхування, тим вище

тиск газу, тому $p \sim \frac{mv^2}{2}$,

де v — середня швидкість руху молекул, а m — маса молекули.

Об'єднавши отримані співвідношення, отримаємо формулу:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2};$$

це рівняння називається **основним рівнянням МКТ ідеального газу**.

Коефіцієнт пропорційності $\frac{2}{3}$ отримуємо за умови суворого висновку.

2. Зв'язок тиску з температурою

Отже, ми встановили, що за постійної температури та об'ємом тиск газу пропорційний до концентрації молекул:

$$p \sim n.$$

Під час нагрівання газу тиск газу за його постійного об'єму й незмінної концентрації молекул зростає пропорційно до температури:

$$p \sim T.$$

Об'єднавши ці експериментально отримані закономірності, можна записати:

$$p \sim nT.$$

Щоб записати цю залежність як рівність, необхідно ввести коефіцієнт пропорційності k :

$$p \sim k \cdot nT.$$

Коефіцієнт пропорційності k названий сталою Больцмана (на честь австрійського фізика Л. Больцмана):

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}.$$

Стала Больцмана пов'язує температуру в енергетичних одиницях із температурою в термодинамічних одиницях і є однією з найбільш важливих сталих величин у МКТ.

3. Рівняння стану ідеального газу

Як було вже з'ясовано, ідеальний газ має три основних термодинамічні параметри: тиск, температуру, об'єм.

Рівняння, яке пов'язує всі ці параметри за сталої маси газу, називається **рівнянням стану ідеального газу**:

$$p = nkT, \quad n = \frac{N}{V} = \frac{1}{V} \frac{m}{M} N_A, \quad pV = \frac{m}{M} k N_A T.$$

Добуток сталої Больцмана k і сталої Авогадро N_A називають **універсальною газовою сталою R** :

$$R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$$

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

Якщо індексом 1 визначити параметри, які належать до першого стану, а індексом 2 — ті, що стосуються другого параметру газу, то для даної маси газу:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{m}{M} R, \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{m}{M} R.$$

Права частина цих рівнянь однакова, тобто однакова й ліва частина:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}.$$

Дане рівняння називається **рівнянням Клапейрона** (на честь французького фізика Б. Клапейрона) і є однією з форм запису рівняння стану.

Рівняння ж стану ідеального газу отримано російським вченим Д. І. Менделєєвим, тому згодом його назвали **рівнянням Менделєєва — Клапейрона**.

Знаючи рівняння стану ідеального газу, можна визначити:

- 1) третій параметр газу, якщо відомі два;
- 2) перебіг у системі різних процесів за певних зовнішніх умов (наприклад, як за незмінної температури змінюватиметься тиск газу, якщо збільшувати його об'єм);
- 3) як змінюється стан системи, якщо вона виконує роботу чи отримує тепло від навколишніх тіл.

V. Закріплення нового матеріалу

Запитання до класу

1. Як змінився б тиск у посудині з газом, якщо б несподівано зникли сили тяжіння між молекулами?

2. Як зміниться тиск ідеального газу, якщо за незмінної концентрації молекул середня квадратична швидкість молекул зменшиться у 2 рази?
3. Як зміниться тиск ідеального газу, якщо у разі збільшення концентрації його молекул у 3 рази середня квадратична швидкість молекул залишається незмінною?
4. Як зміниться середня кінетична енергія теплового руху молекул ідеального газу, якщо абсолютна температура зменшиться у 2 рази?

Розв'язування задач

1. Визначте кінетичну енергію хаотичного руху всіх молекул будь-якого газу в балоні ємністю 10 л за тиску 0,4 МПа.

Дано:	СІ	Розв'язання
$V = 10 \text{ л}$	$V = 10^{-2} \text{ м}^3$	$p = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2},$
$p = 0,4 \text{ МПа}$	$p = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \frac{mv^2}{2},$
$E_k = ?$		

$$E_k = \frac{Nmv^2}{2}, \quad pV = \frac{2}{3} E_k, \quad E_k = \frac{3}{2} pV,$$

$$[E_k] = \text{Па} \cdot \text{м}^3 = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \text{м}^3 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}, \quad E_k = \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} = 6 \cdot 10^3 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $E_k = 6 \text{ кДж}$.

2. Визначте тиск, за якого 1 м^3 газу з температурою 60° містить $2,4 \cdot 10^{26}$ молекул.

Дано:	СІ	Розв'язання
$V = 1 \text{ м}^3$	$V = 1 \text{ м}^3$	$p = nkT, \quad p = \frac{N}{V} kT,$
$t = 60^\circ$	$T = 333 \text{ К}$	
$N = 2,4 \cdot 10^{26}$	$N = 2,4 \cdot 10^{26}$	$[p] = \frac{1}{\text{м}^3} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \text{К} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{К}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} =$
$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$	$= \text{Па}.$
$p = ?$		

$$p = \frac{2,4 \cdot 10^{26}}{1} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 333 = 1103 \cdot 10^3 \text{ (Па)}.$$

Відповідь: $p = 1,1 \text{ МПа}$.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Визначте тиск водню, якщо середня швидкість його молекул 2550 м/с , а концентрація молекул $3,6 \cdot 10^{25} \text{ м}^3$.
 - 2) Чому дорівнює кількість молекул газу в одиниці об'єму, якщо його тиск дорівнює $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а середня кінетична енергія поступального руху молекули становить $3 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$?
 - 3) Визначте температуру газу, якщо середня кінетична енергія хаотичного руху його молекул дорівнює $5,6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.

УРОК № 42/6

Тема. *Ізопроеци. Газові закони*

Мета: *ознайомлення учнів з поняттям ізопроецив та газових законів, характеристикою ізопроецив та їх графічним поданням.*

Тип уроку: *урок засвоєння нових знань.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	5	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	25	Евристична бесіда, робота з опорною таблицею

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Закріплення нового матеріалу	10	Самостійна робота
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фронтальне опитування

1. Що називається ідеальним газом?
2. Які макроскопічні параметри газу?
3. Що називається рівнянням стану ідеального газу? Для чого воно потрібно?
4. Наведіть рівняння стану ідеального газу у вигляді рівняння Менделєєва—Клапейрона та рівняння Клапейрона. Яке з рівнянь містить більше інформації?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносять корективи в їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Поняття ізопроцесів. Газові закони.
2. Характеристика ізотермічного процесу.
3. Характеристика ізобарного процесу.
4. Характеристика ізохорного процесу.
5. Межі застосування газових законів.

IV. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

Під час викладання матеріалу доцільно користуватися зведеною таблицею «Газові закони».

1. Поняття ізопроцесів. Газові закони

За допомогою рівняння стану ідеального газу можна дослідити процеси, під час перебігу яких маса газу і один з параметрів залишаються незмінними.

Ізопроцеси — це процеси, за яких один із макроскопічних параметрів — температура, тиск або об'єм — залишаються сталими (від грец. «іzos» — рівний).

Газовими законами називають кількісні залежності між двома параметрами газу за фіксованого значення третього параметра.

■ 2. Характеристика ізотермічного процесу

Ізотермічний процес — це процес, перебіг якого відбувається за постійної температури (від грец. «термо» — тепло).

У середині XVII ст. два фізики англієць Р. Бойль і француз Е. Маріотт, експериментально вивчивши ізотермічний процес в ідеальному газі даної маси, відкрили закон, який назвали законом Бойля—Маріотта.

Закон Бойля—Маріотта: за постійної температури тиск даної маси ідеального газу обернено пропорційний його об'єму:

$$T = \text{const}, \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}, \quad p_1 V_1 = p_2 V_2, \quad pV = \text{const}.$$

Отже, за постійної температури добуток тиску даної маси ідеального газу і його об'єму є величина стала.

Пояснення закону Бойля—Маріотта з позиції МКТ будови: під час стискання газу, тобто зменшення його об'єму, збільшується концентрація і густина газу, внаслідок чого зростає кількість ударів газу об стінки посудини, в якій міститься газ, тобто тиск зростає. І навпаки, з розширенням газу тиск зменшується.

Графічно ізотермічний процес зображується у вигляді ізотерми (див. таблицю «Газові закони»).

Реальний процес у реальному газі можна вважати ізотермічним, якщо він відбувається дуже повільно, так що зміною температури газу за деякий незначний інтервал часу можна знехтувати.

■ 3. Характеристика ізобарного процесу

Ізобарний процес — це процес, який відбувається за постійного тиску (від грец. «барос» — тиск).

На початку XVIII ст. французький вчений Ж. Гей-Люссак експериментально відкрив закон, який встановлює залежність об'єму даної маси ідеального газу від його температури за постійного тиску.

Закон Гей-Люссака: за постійного тиску об'єм даної маси ідеального газу прямо пропорційний його абсолютній температурі:

$$p = \text{const}, \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{V_2}{V_1}, \quad \frac{V}{T} = \text{const}.$$

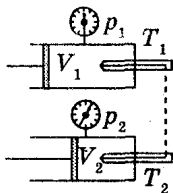
З позиції МКТ закон Гей-Люссака можна обґрунтувати: у разі ізобарного підвищення температури збільшується середня кінетична енергія молекул газу та їх середня швидкість, що пов'язано зі збільшенням довжини вільного пробігу молекул, тобто простору

Газові закони

Основні термодинамічні параметри: p (Па) — тиск V (м ³) — об'єм T (К) — термодинамічна температура	Рівняння Менделєєва-Клайперона $pV = \frac{m}{M}RT$; $\frac{pV}{T} = \text{const}$	Параметри нормального стану $p_0 = 760 \text{ мм. рт. ст.} = 10^5 \text{ Па}$ $V_0 = 22,4 \text{ л} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ — об'єм одного моля газу $T_0 = 273 \text{ К}$
--	--	--

Рівняння Клайперона

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

Закон Бойля—Маріотта
 Ізотермічний процес


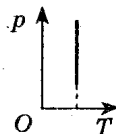
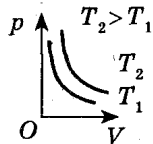
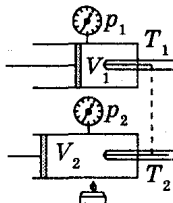
$$T_1 = T_2 = T = \text{const}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$pV = \text{const}$$

$$p \propto \frac{1}{T} \quad pV = p_0 V_0$$

Ізотерми

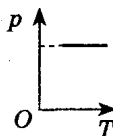
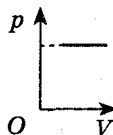
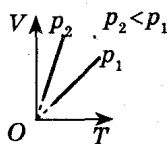
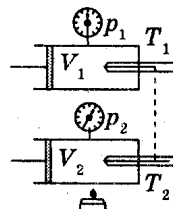

Закон Гей-Люссака
 Ізобарний процес


$$p_1 = p_2 = p = \text{const}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{V}{T} = \text{const} \quad V \propto T$$

Ізобари

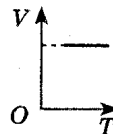
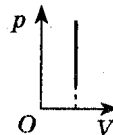
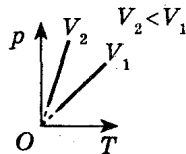

Закон Шарля
 Ізохорний процес


$$V_1 = V_2 = V = \text{const}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{p}{T} = \text{const} \quad p \propto T$$

Ізохори



між ними. Тому у разі ізобарного розширення або стискання газу об'єм змінюється відповідно до зміни температури.

Слід ще раз підкреслити: якщо газ вільно змінював свій об'єм і при цьому зовнішні сили, які чинять на нього тиск, залишалися незмінними, то в ньому відбувався ізобарний процес.

Графічно ізобарний процес зображується прямою, яку називають **ізобарою** (див. таблицю «Газові закони»).

4. Характеристика ізохорного процесу

Ізохорний процес — це процес, який протікає за постійного об'єму (від грец. «хорос» — об'єм).

В середині XVIII ст. французький вчений Ж. Шарль експериментально відкрив закон, який встановлює залежність тиску даної маси ідеального газу від його температури за постійного об'єму.

Закон Шарля: за постійного об'єму тиск даної маси ідеального газу прямо пропорційний його абсолютній температурі.

$$V = \text{const}, \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_1}{p_2}, \quad \frac{p}{T} = \text{const}.$$

З позиції МКТ закон Шарля можна пояснити так: якщо збільшувати температуру газу, не даючи йому розширюватись, тобто помістивши в закриту посудину, то із зростанням середньої кінетичної енергії його молекул їхні удари об стінки посудини будуть посилюватись, тобто тиск газу збільшуватиметься.

Графічно ізохорний процес зображається прямою, яку називають **ізохорою** (див. таблицю «Газові закони»).

5. Межі застосування газових законів

Експериментальна перевірка з використання сучасних методів довела, що:

- 1) газові закони виконуються тільки для незмінної маси газу;
- 2) закони Бойля—Маріотта, Гей-Люссака та Шарля досить точно описують поведінку реальних газів за невеликих тисків і високих температур; за високих тисків і низьких температур спостерігаються значні відхилення від цих законів.

V. Закріплення нового матеріалу

Самостійна робота

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Рівність $\frac{pV}{T} = \text{const}$ виконується за умови:

- А нормального атмосферного тиску
- Б сталої концентрації молекул
- В сталої маси газу
- Г сталої швидкості руху молекул

9. Установіть відповідність між законами, що описують ізопроцеси, і назвами ізопроцесів.

- | | |
|------------------------|----------------|
| 1 Закон Бойля—Маріотта | А ізобарний |
| 2 Закон Шарля | Б ізохорний |
| 3 Закон Гей-Люссака | В адіабатний |
| | Г ізотермічний |

	А	Б	В	Г
1				+
2		+		
3	+			

10. Установіть відповідність між законами, що описують ізопроцеси, та їхнім формулюванням.

- | | |
|------------------------|---|
| 1 Закон Бойля—Маріотта | А За постійної температури тиск даної маси ідеального газу обернено пропорційний його об'єму. |
| 2 Закон Шарля | Б За постійного тиску об'єм даної маси ідеального газу прямо пропорційний його абсолютній температурі. |
| 3 Закон Гей-Люссака | В У разі теплопередачі неможливий самодовільний процес передачі тепла від менш нагрітих тіл більш нагрітим. |
| | Г За постійного об'єму тиск даної маси ідеального газу прямо пропорційний його абсолютній температурі. |

	А	Б	В	Г
1	+			
2				+
3		+		

11. Установіть відповідність між законами, що описують ізопроцеси, та їхніми математичними записами.

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| 1 Закон Бойля—Маріотта | А $\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}$ |
| 2 Закон Шарля | Б $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1}{p_2}$ |
| 3 Закон Гей-Люссака | В $\frac{pV}{T} = \text{const}$ |
| | Г $p_1 V_1 = p_2 V_2$ |

	А	Б	В	Г
1				+
2		+		
3	+			

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Підготуватися до лабораторної роботи з дослідження ізотермічного процесу.

УРОК № 43/7

Тема. Лабораторна робота № 4. «Дослідження ізотермічного процесу. Дослідне підтвердження закону Бойля—Маріотта».

Мета: закріплення в учнів знань про ізопроцеси та удосконалення засвоєних знань шляхом проведення дослідження зміни об'єму певної маси газу із зміною тиску за сталої температури та встановлення співвідношення між ними.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

Обладнання: скляний циліндр заввишки 40 см з водою, скляна трубка завдовжки 40–50 см, закрита з одного кінця, вимірювальна лінійка, барометр-анероїд, штатив.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація і коригування опорних знань	4	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	2	Метод «Гірлянда питань»
IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій	10	Робота в групах
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	20	

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи	6	Метод «Гірлянда питань»
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Евристична бесіда

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація і коригування опорних знань

Учитель оголошує тему роботи і пропонує учням самостійно визначити, які теоретичні запитання необхідно повторити до проведення лабораторної роботи та за необхідності вносить корективи у відповіді учнів.

Фронтальне опитування

1. Які ізопрцеси нам відомі? Який з термодинамічних параметрів є сталим під час кожного з них?
2. Якими законами описуються ізопрцеси?
3. Чому ізопрцеси розглядаються тільки за сталої маси?
4. За яких умов газові закони описують поведінку реальних газів?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повторює тему роботи, пропонує учням самостійно визначити мету даної роботи. Мотивацію навчальної діяльності можна здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Завдання класу

Прочитайте у посібнику [2] опис лабораторної роботи й дайте відповідь на такі запитання.

1. Що буде результатом вашої роботи? Залежність між якими величинами досліджується?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Що в роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

IV. Осмислення змісту й послідовності застосування

практичних дій

Лабораторну роботу рекомендовано проводити індивідуально. Учитель інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

За наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання лабораторної роботи з'ясувати призначення обладнання, вивчити хід проведення лабораторної роботи, способи обчислення похибок вимірювання. Після завершення роботи з текстом учні обговорюють незрозумілі операції або дії в ході виконання лабораторної роботи.

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують лабораторну роботу. Учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи

Обговорення питань з учнями на даному етапі рекомендовано здійснити методом «Гірлянда питань».

Запитання до класу

1. Яких результатів досягли в даній лабораторній роботі?
2. Чи є ці результати реальними?
3. Чи виникли труднощі в ході виконання роботи? Як вдалося їх подолати?
4. Що могло спричинити похибки вимірювання? Як можна було б їх зменшити?
5. Чому в цій роботі використовувалась трубка із закритим кінцем?
6. Чи має значення для експерименту довжина трубки? Її попередній переріз?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Підбивається підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи.

УРОК № 44/8

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про ізопроцеси та газові закони; продовження формування навичок і умінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	3	Евристична бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фронтальне опитування

1. Який процес називається ізотермічним; ізобарним; ізохорним?
2. Сформулюйте закон Бойля—Маріотта, наведіть його математичний запис.
3. Сформулюйте закон Гей-Люссака, наведіть математичний запис.
4. Сформулюйте закон Шарля, наведіть математичний запис.
5. Які межі застосування газових законів?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему й мету уроку, як мотивацію навчальної діяльності пропонує учням закінчити речення одним словом «Розв'язування задач розвиває...».

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Чому мильні бульбашки якийсь час піднімаються, а потім опускаються? (Можна супроводити задачу демонстрацією.)
(Бульбашка, коли її видують, заповнюється теплими газами, які видихає людина, і спочатку піднімається. Через деякий час унаслідок теплообміну з навколишнім середовищем

гази охолоджуються, що призводить до зменшення об'єму бульбашки, тобто до зменшення архімедової сили, і вона опускається.)

2. Перед використанням медичної банки усередину вносять змочений спиртом тампон і підпалюють його. Поясніть, для чого це роблять. (У банці, прикладеній до тіла, температура повітря зменшується, а об'єм залишається сталим. Отже, тиск у банці стає меншим за атмосферний, і тому вона щільно притискається.)
3. Із водопровідного крану іноді витікає біла, наче молоко вода. Як це можна пояснити? (Повітря розчиняється у воді тим краще, чим більший тиск і нижча температура. Коли холодна вода з крану витікає назовні під великим тиском, частина повітря, розчиненого у воді, виділяється у вигляді величезної кількості бульбашок. Саме тому вона набуває молочного білого кольору.)
4. Газ міститься в закритому балоні за температури 294 К і тиску 810 кПа. За якої температури тиск газу дорівнюватиме 1,12 МПа?

Дано:	СІ	Розв'язання
$V = \text{const}$	$V = \text{const}$	Балон закритий, $V = \text{const}$, процес ізохорний.
$T_1 = 294 \text{ К}$	$T_1 = 294 \text{ К}$	
$p_1 = 810 \text{ кПа}$	$p_1 = 810 \cdot 10^3 \text{ Па}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, T_2 = \frac{T_1 \cdot p_2}{p_1},$
$p_2 = 1,12 \text{ МПа}$	$p_2 = 1,12 \cdot 10^6 \text{ Па}$	
$T_1 = ?$	,	$[T_2] = \frac{\text{К} \cdot \text{Па}}{\text{Па}} = \text{К},$
		$T_2 = \frac{294 \cdot 1,12 \cdot 10^6}{810 \cdot 10^3} \approx 407 \text{ (К)}.$

Відповідь: $T_2 \approx 407 \text{ К}$.

5. Газ, який має температуру 306 К, охолоджується на 32 К. При цьому об'єм газу зменшується на 24 дм³. Який початковий об'єм даної маси газу? Тиск газу вважати сталим.

Дано:	СІ	Розв'язання
$p = \text{const}$	$p = \text{const}$	$p = \text{const}$, процес ізобарний.
$T_1 = 306 \text{ К}$	$T_1 = 306 \text{ К}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_1 - \Delta V}{T_1 - \Delta T}.$
$\Delta T = 32 \text{ К}$	$\Delta T = 32 \text{ К}$	
$\Delta V = 24 \text{ дм}^3$	$\Delta V = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$V_1(T_1 - \Delta T) = T_1(V_1 - \Delta V),$
$V_1 = ?$		$V_1 T_1 - V_1 \Delta T = T_1 V_1 - T_1 \Delta V,$

$$V_1 T_1 - V_1 \Delta T - T_1 V_1 = -T_1 \Delta V, \quad V_1 \Delta T = T_1 \Delta V, \quad V_1 = \frac{T_1 \cdot \Delta V}{\Delta T},$$

$$[V_1] = \frac{\text{К} \cdot \text{м}^3}{\text{К}} = \text{м}^3, \quad V_1 = \frac{306 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{32} \approx 23 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3).$$

Відповідь: $V_1 \approx 23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

6. Під час ізотермічного стиснення об'єм газу зменшився на 5 л, а тиск збільшився в 3 рази. Яким був початковий об'єм газу?

Дано:	СИ	Розв'язання
$T = \text{const}$	$T = \text{const}$	$T = \text{const}$, процес ізотермічний.
$\Delta V = 5 \text{ л}$	$\Delta V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$p_1 V_1 = p_2 V_2, \quad p_1 V_1 = 3 p_1 (V_1 - \Delta V),$
$V_2 = V_1 - \Delta V$	$V_2 = V_1 - \Delta V$	$V_1 = 3 V_1 - 3 \Delta V, \quad V_1 - 3 V_1 = -3 \Delta V,$
$p_2 = 3 p_1$	$p_2 = 3 p_1$	$2 V_1 = 3 \Delta V, \quad V_1 = \frac{3}{2} \Delta V, \quad [V_1] = \text{м}^3,$
$V_1 = ?$		$V_1 = \frac{3}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 7,5 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3).$

Відповідь: $V_1 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

- Повторити теоретичний матеріал за підручником.
- Розглянути графіки ізопроцесів, вивчених на уроці.
- Розв'язати задачі.
 - Балони електричних ламп заповнюють азотом за тиску 50,7 кПа і температури 17 °С. Яким стане тиск у ввімкненій лампі в момент, коли температура газу досягне 360 К?
 - Об'єм газу внаслідок ізобарного процесу зменшився на 10 л, а температура знизилась в 1,2 рази. Визначити початковий об'єм газу.
 - Закоркована циліндрична посудина заввишки 60 см поділена на дві частини невагомим поршнем. Поршень закріплений, обидві половини посудини заповнені газом, причому тиск в одній із них у 2 рази більший, ніж у другій. На скільки переміститься поршень, якщо його звільнити? Температура газу стала.

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про ізопроееси та газові закони, продовження формування навичок і умінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання, в тому числі й графічні.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи і форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Перевірка домашнього завдання	3	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; мотивація навчальної діяльності	30	Евристична бесіда
IV. Застосування набутих знань	8	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фронтальне опитування

1. Які ізопроееси нам відомі?
2. Якими газовими законами вони описуються?
3. Як називаються графіки, які відображають ізопроееси?
4. Чому ізотерми, ізобари і ізохори, які починаються з точки О, зображаються на початку пунктирними лініями?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повідомляє тему й мету уроку. Як мотивацію навчальної діяльності просить учнів прокоментувати слова Конфуція: «Те, що я чую, я забуваю; те, що бачу, запам'ятовую; те, що роблю, розумію».

IV. Застосування набутих знань

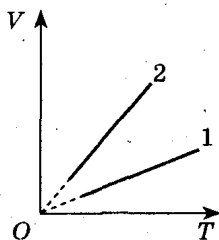
Розв'язання задач

1. На рис. 1, а зображено дві ізобари для двох газів. Маси газів сталі. Порівняйте тиски p_1 і p_2 .

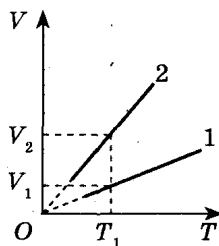
Розв'язання

У випадку фіксованої незмінної температури T_1 (рис. 1, б) маємо: $V_2 > V_1$, а отже, $p_2 < p_1$.

Відповідь: $p_2 < p_1$.



а



б

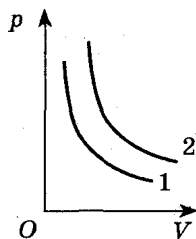
Рис. 1

2. На рис. 2, а зображено дві ізотерми для двох газів. Маси газів сталі. Порівняйте температури T_1 і T_2 .

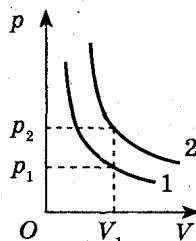
Розв'язання

У випадку фіксованого незмінного об'єму V_1 (рис. 2, б) маємо: $p_2 < p_1$, а отже, $T_1 > T_2$.

Відповідь: $T_1 > T_2$.



а



б

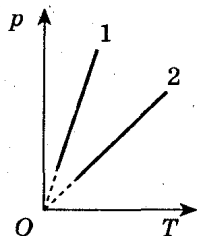
Рис. 2

3. На рис. 3, а зображено дві ізохори для двох газів. Маси газів сталі. Порівняйте об'єми V_1 і V_2 .

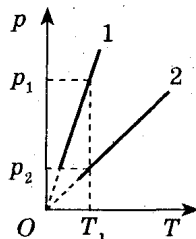
Розв'язання

У випадку фіксованої незмінної температури T_1 (рис. 3, б) маємо: $p_1 > p_2$, а отже, $V_1 < V_2$.

Відповідь: $V_1 < V_2$.



а



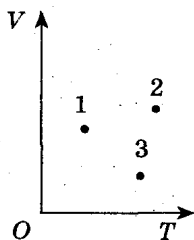
б

Рис. 3

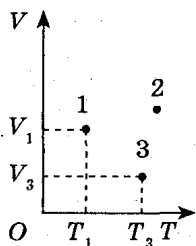
4. На діаграмі V, T (рис. 4, а) зображено точки, що відповідають трьом станам даної маси газу. Визначте, у якій точці тиск газу найбільший, а в якій — найменший.

Розв'язання

У точці 1 (рис. 4, б) найменша температура і найбільший об'єм, отже, тиск найменший; у точці 3 висока температура і найменший об'єм, отже, тиск найбільший.



а



б

Рис. 4

Перш ніж розв'язувати задачу на побудову графіка перебігу процесу в інших системах координат, слід з'ясувати:

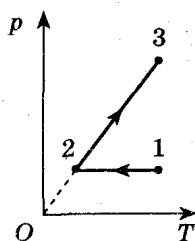
- 1) що являє кожний етап процесу, тобто який ізопроцес він відображає;
- 2) як змінюються параметри газу на кожній ділянці — збільшуються чи зменшуються; ці закономірності мають зберігатися і на перебудованому графіку;
- 3) де замкнений чи розімкнений процес; на перебудованому графіку процес також має залишатися розімкненим чи замкненим.

5. Побудуйте графік даного процесу (рис. 5, а) в координатах p , V і V , T ($m = \text{const}$).

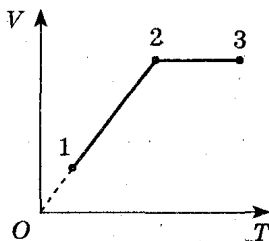
Розв'язання

Аналіз процесу:

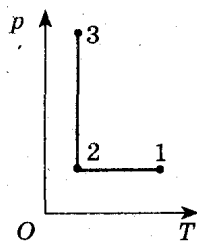
- 1) 1–2: $p = \text{const}$, від точки 1 до точки 2 температура зменшується;
- 2) 2–3: $V = \text{const}$, від точки 2 до точки 3 тиск збільшується, температура збільшується;
- 3) процес незамкнений.



а



б



в

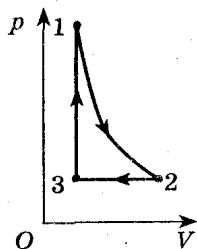
Рис. 5

6. Побудуйте графік даного процесу (рис. 6, а) в координатах p , T і V , T ($m = \text{const}$).

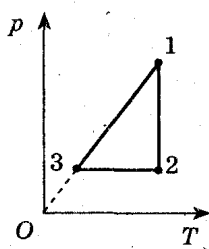
Розв'язання

Аналіз процесу:

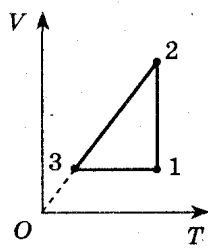
- 1) 1–2: $T = \text{const}$, від точки 1 до точки 2 тиск зменшується, об'єм зростає;
- 2) 2–3: $p = \text{const}$, від точки 2 до точки 3 об'єм зменшується;
- 3) 3–4: $V = \text{const}$, тиск збільшується;
- 4) процес замкнений.



а



б



в

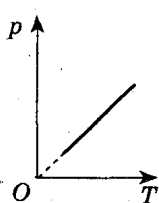
Рис. 6

IV. Застосування набутих знань

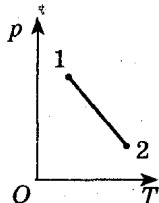
Самостійна робота

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

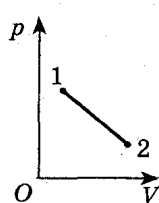
1. На якому з графіків *a–в* (рис. 7) зображено ізохорний процес?



а



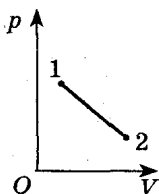
б



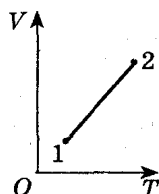
в

Рис. 7

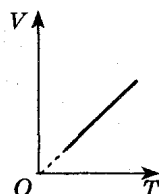
2. На якому з графіків *a–в* (рис. 8) зображено ізобарний процес?



а



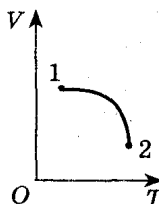
б



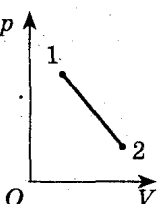
в

Рис. 8

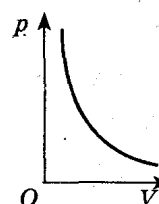
3. На якому з графіків *a–в* (рис. 9) зображено ізотермічний процес?



а



б



в

Рис. 9

4. На рис. 10 наведено графік залежності тиску даної маси газу від об'єму. Виберіть правильне твердження.

А Графік 1–2 відповідає ізотермічному процесу

Б Графік 2–3 відповідає ізобарному процесу

В Графік 3–1 відповідає ізохорному процесу

5. На рис. 11 наведено графік залежності об'єму даної маси газу від тиску. Виберіть правильне твердження.
 А Графік 1–2 відповідає ізотермічному процесу
 Б Графік 3–4 відповідає ізохорному процесу
 В Графік 4–5 відповідає ізобарному процесу
6. Газ переведено зі стану 1 у стан 2 (рис. 12). У якій із точок тиск газу більший?
 А У точці 1
 Б У точці 2
 В У точках 1 і 2 однаковий.

Відповіді до самостійної роботи

1. А. 2. В. 3. В. 4. Б. 5. А. 6. Б.

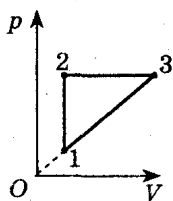


Рис. 10

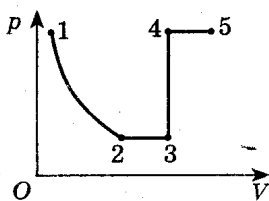


Рис. 11

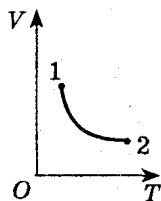


Рис. 12

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

- Повторити теоретичний матеріал за підручником.
- Розв'язати задачі.
 - Порівняти тиск газу в точці 1–2 (рис. 13). Маса газу стала.
 - Побудувати на рис. 14 графік даного процесу в координатах p , T і V , T ($m = \text{const}$).
 - Побудувати на рис. 15 графік даного процесу в координатах p , T і p , V ($m = \text{const}$).
- Виконати творче завдання.
 Побудувати на рис. 16 графік даного процесу в координатах p , T і V , T ($m = \text{const}$).

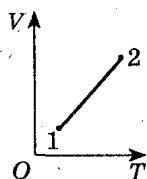


Рис. 13

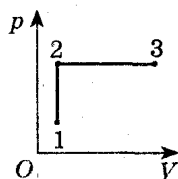


Рис. 14

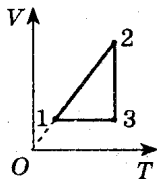


Рис. 15

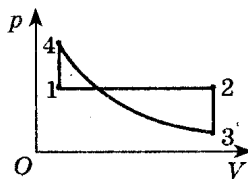


Рис. 16

УРОК № 46/10

Тема. Контрольна робота № 5 «Молекулярна фізика і термодинаміка».

Мета: оцінювання знань й умінь учнів за даною темою, виявлення прогалин у знаннях учнів для подальшого їх усунення.

Тип уроку: контроль і корекція навчальних досягнень учнів.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар учителя, інструктаж щодо виконання контрольної роботи
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота учнів за посібником [3]
III. Домашнє завдання	2	Коментар учителя, інструктаж

УРОК № 47/11

Тема. Пароутворення і конденсація. Насичена і ненасичена пара.

Мета: ознайомлення учнів з фізичними явищами: пароутворенням і конденсацією та видами пароутворення — випаровуванням і кипінням, поняттями насиченої і ненасиченої пари.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: колба з кришкою, заповнена водою, склянка з холодною водою, спиртівка, штатив із муфтою та лапкою.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	5	Евристична бесіда на основі питань
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	Евристична бесіда на основі питань
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	22	Пояснення, евристична бесіда, дослід
VI. Закріплення нового матеріалу	10	Розв'язування задач, метод «Фізичний футбол»
VII. Підбиття підсумків уроку	1	Метод «Ключові слова»
VIII. Домашнє завдання	1	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Молекулярно-кінетична теорія дозволяє не тільки зрозуміти, чому речовина може перебувати в газоподібному, рідкому і твердому станах, а й з'ясувати процес її переходу з одного стану в інший.

Ідеальний газ не можна перетворити на рідину. Його молекули не мають об'єму і не взаємодіють між собою, а отже, як би ми не стискали газ чи не понижали його температуру, ідеальний газ все одно залишиться газом. Реальні гази в рідині перетворюються, і навпаки.

Запитання до класу

1. Чим реальні гази відрізняються від ідеальних?
2. Які фізичні властивості мають гази?
3. Що можна сказати про будову газів, рух та взаємодію молекул в них?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Пароутворення і конденсація. Випаровування.
2. Насичена і ненасичена пара. Точка роси.
3. Кипіння. Залежність температури кипіння від тиску.

IV. Мотивація навчальної діяльності

У природі, техніці і побуті ми часто спостерігаємо перетворення рідких і твердих речовин в гази і навпаки.

Запитання до класу

1. Наведіть приклади де в природі, побуті, техніці спостерігається перетворення рідин в гази та газів у рідини.
2. Наскільки важливим, на ваш погляд, є вивчення цих явищ?

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Пароутворення і конденсація. Випаровування

Пароутворення — це процес переходу рідини з рідкого стану в газоподібний. Зворотний процес називається конденсацією.

Пароутворення поділяють на випаровування і кипіння.

Випаровування — це пароутворення з вільної поверхні рідини. Випаровування твердих тіл називається сублімацією.

- 1) Випаровування відбувається за будь-якої температури.

Завдання класу. Наведіть приклади на підтвердження цього факту. (Наприклад, калюжі висихають і влітку, і холодного осіннього дня тощо.)

- 2) Під час випаровування температура рідини знижується.

Завдання класу. Наведіть приклади на підтвердження цього факту, якщо, наприклад, заварити чай і залишити чашку на столі, через деякий час напій у ній стане прохолоднішим тощо. Поясніть явище пароутворення з точки зору МКТ. (Молекули поверхневого шару рідини зазнають меншого притягання з боку сусідніх молекул, ніж молекули нижніх шарів, бо над рідиною є газ, молекули якого взаємодіють із молекулами рідини значно слабше. Тому молекули поверхневого шару рідини з достатньою кінетичною енергією можуть долати притягання сусідніх молекул рідини і покидати її, тобто переходити у пару. Під час випаровування рідина охолоджується внаслідок того, що її покидають молекули з найбільшою кінетичною енергією.)

- 3) Швидкість випаровування залежить від температури рідини; роду рідини; площі вільної поверхні рідини; наявності вітру над рідиною.

Завдання класу

1. Поясніть, чому швидкість випаровування залежить від температури рідини. Наведіть приклади. (Чим більша температура рідини, тим більша кінетична енергія молекул, тим більша їх кількість переходить у пару. Отже, швидкість випаровування

досить висока. Так, гарячий чай випаровується швидше, ніж холодний.)

2. Наведіть приклади на підтвердження того, що різні речовини випаровуються з різною швидкістю. (Наприклад, якщо крапнути на поверхню столу краплю води, ацетону та олії, то ацетон випаровується миттєво, вода повільніше і найбільш повільно — олія.)
3. Наведіть приклади на підтвердження того, що рідина випаровується швидше з поверхні рідини більшої площі. (Наприклад, якщо налити чай однакового об'єму в чашку і блюдце, то в блюдці він охолоне швидше, на цьому факті і заснована старовинна традиція чаювання з блюдця.)
4. Поясніть, чому швидкість випаровування залежить від наявності вітру над рідиною. Наведіть приклади. (Деякі молекули, які покинули рідину під час випаровування, рухаючись хаотично і опинившись достатньо близько від поверхні рідини, можуть бути втягнені знову в рідину силами притягання великої кількості молекул поверхневого шару. Вітер же, утворений над рідиною, відносить молекули від поверхневого шару рідини. Наприклад, вийшовши з річки, людина відчуває прохолоду, оскільки з її тіла випаровуються краплі води. За наявності вітру вода випаровується швидше, отже, температура падає швидше і холод відчутніший.)

2. Насичена і ненасичена пара. Точка роси

Якщо число молекул, що вилітають з рідини під час випаровування, перевищує число молекул, що повертаються, то така пара називається ненасиченою.

Тиск ненасиченої пари залежить від його об'єму та температури. Зі зростанням температури тиск насиченої пари збільшується, як і за зменшення об'єму.

Якщо ж ізотермічно зменшувати об'єм ненасиченої пари, то тиск і густина пари будуть зростати і, врешті-решт, досягнуть максимальної величини. При цьому кількість молекул, які покидають пару протягом деякого інтервалу часу, дорівнюватиме кількості молекул, які за цей час повертаються в рідину. Тобто між рідиною і парою встановиться динамічна рівновага.

Насиченою називається пара, яка перебуває в стані динамічної рівноваги зі своєю рідиною.

Тиск, густина і концентрація насиченої пари є максимальними за даної температури і не залежать від об'єму. У разі спроби зменшити об'єм насиченої пари «зайві» молекули перейдуть в рідину, тобто частина пари сконденсується, а тиск, густина і кон-

центрація решти насиченої пари не змінюються. Відповідно закону ідеального газу до насиченої пари застосовувати неможливо.

Змінити тиск насиченої пари можна, змінивши її температуру. Під час нагрівання збільшується кінетична енергія молекул пари, підсилюються удари об стінки посудини, що призводить до збільшення тиску. При цьому порушується динамічна рівновага між рідиною й паром, бо кількість молекул, які покидають рідину, перевищуватиме кількість молекул, які в неї повертаються.

Відповідно, нагріваючись, насичена пара стає ненасиченою, і, навпаки, охолоджуючись, ненасичена пара стає насиченою.

Температура, за якої ненасичена водяна пара стає насиченою, називається **точкою роси**.

3. Кипіння. Залежність температури кипіння від тиску

Кипіння — це пароутворення не тільки з вільної поверхні рідини, а й із середини рідини, яке відбувається за певної для даної рідини температури.

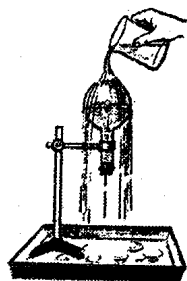
У рідині завжди є розчинене, або поглинуте рідиною, повітря. Під час нагрівання рідини це повітря розширюється, збираючись у бульбашки, які спочатку виникають на стінках чи дні посудини. У бульбашках міститься насичена пара, тиск якої за даної температури є максимальним і зростає з її підвищенням. Стінки бульбашок розтягаються, доки під дією виштовхувальної сили, що збільшується разом зі зростанням об'єму, бульбашки не відриваються від дна чи стінок і не піднімаються вгору. Потрапивши у верхні шари рідини, де тиск стовпа рідини на бульбашки менший, ніж внизу, останні будуть ще збільшуватися в об'ємі. Під дією виштовхувальної сили бульбашки досягають поверхні, де атмосферний тиск повітря значно менший за тиск пари в бульбашках, тому вони почнуть лопаються. Але якщо рідина ще не нагрілася до кипіння, то в бульбашку, що лопається, проникає холодне атмосферне повітря, в ній конденсується насичена пара, і бульбашка різко закривається. Він припиняється в момент початку кипіння рідини. Досягнувши температури кипіння рідини, тиск насиченої пари в бульбашках настільки збільшується, що коли вони лопаються через великий тиск гарячої пари, холодна не встигає проникати всередину них і пара йде в атмосферу. Це і є процес кипіння.

Кожна рідина кипить за певної температури, яка називається **температурою кипіння**. Величина температури кипіння даної рідини наводиться у фізичних довідниках.

Температура кипіння залежить від зовнішнього тиску над рідиною. У разі підвищення тиску температура кипіння збільшується, у разі зменшення — зменшується.

Проведемо дослід (див. рисунок).

Воду наливають у відкриту колбу і доводять до кипіння за нормального атмосферного тиску. Вода за таких умов, як відомо, закипає за температури 100°C . Щільно закриваємо колбу. Коли вода трохи охолоне, перевернемо колбу і почнемо поливати її холодною водою. Вода в колбі закипить, хоча її температура явно нижча за 100°C .



Завдання класу. Поясніть цей дослід.

(Унаслідок охолодження води в закритій колбі водяна пара, яка міститься над водою, сконденсувалася, отже, тиск у колбі знизився. А за зниженого тиску вода кипить за температури, нижчій за 100°C .)

VI. Закріплення нового матеріалу

Застосовуючи метод «Фізичний футбол» (див. додаток 7), учитель ставить учням низку запитань.

Запитання до класу

1. В одну склянку налили ефір за температури 20°C , а в другу — воду за такої самої температури. У посудину занурили термометри. Який із них через деякий час показуватиме нижчу температуру?
2. Яке значення для організму людини має виділення поту?
3. Чому скошена трава висихає за вітряної погоди швидше?
4. Чому у людини в окулярах, яка увійшла в тепле приміщення з морозу, запотівають скельця?
5. Як у лазні за зовнішнім виглядом відрізнити труби з гарячою і холодною водою?
6. Для чого горці, що випасають худобу високо в горах, коли варять м'ясо, то накривають казан кришкою і кладуть зверху камені?
7. Навіщо, стерилізуючи консерви паром за температури 120°C , в автоклавах спеціально підвищують тиск пари?
8. Як пояснити, що динамічна рівновага рідини і пари в різних рівнинах настає за різних температур?

VII. Підбиття підсумків уроку

Підбиваючи підсумок, учитель застосовує метод «Ключові слова» (див. додаток 4), пропонуючи учням назвати ключові слова уроку та пояснити свій вибір.

VIII. Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язування задач (усно).
 - 1) Лікарі-стоматологи для дослідження зубів користуються спеціальним дзеркальцем, яке перед використанням попередньо нагрівають до температури 37°C . Навіщо?
 - 2) Чому вода у відкритій посудині завжди має температуру, трохи нижчу, ніж температура навколишнього повітря?
 - 3) Чи можна змусити воду кипіти за температури 40°C ?
3. Виконати експериментальне завдання.

Кружка з водою плаває у каструлі з киплячою водою. Перевірити, чи закипить вода у кружці. Дослід пояснити.

УРОК № 48/12

Тема. Вологість повітря. Методи вимірювання вологості повітря

Мета: формування знань про парціальний тиск, абсолютну та відносну вологість повітря та методи вимірювання вологості за допомогою гігрометрів та психрометра.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: гігрометр, психрометр.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	10	Фізичний диктант. Розв'язування задач
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV Мотивація навчальної діяльності	2	Аргументоване пояснення

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	18	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Застосування набутих знань	10	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фізичний диктант

Учитель читає незакінчене речення, а учням необхідно завершити його так, щоб отримати правильне твердження.

- 1) Процес переходу рідини з рідкого стану в газоподібний називається... (пароутворення)
- 2) Процес переходу газу до рідкого стану називається... (конденсація)
- 3) Пароутворення поділяють на... (випаровування і кипіння)
- 4) Пароутворення з вільної поверхні рідини — це... (випаровування)
- 5) Пароутворення не тільки з вільної поверхні рідини, а й із середини рідини, яке відбувається за певної для даної рідини температури, називається... (кипінням)
- 6) Якщо число молекул, які вилітають з рідини під час випаровування, перевищує число молекул, що повертаються, то така пара називається... (ненасиченою)
- 7) Якщо число молекул, які вилітають з рідини під час випаровування, дорівнює числу молекул, що повертаються, то така пара називається... (насиченою)
- 8) Температура, за якої ненасичена водяна пара стає насиченою, називається... (точкою роси)

Розв'язування задач

Учні усно розв'язують задачі з домашнього завдання.

Відповіді до задач

- 1) Щоб на дзеркалі не конденсувалася пара, яку видихає людина.
- 2) Під час випаровування рідина охолоджується внаслідок того, що її покидають молекули з найбільшою кінетичною енергією.
- 3) Так, можна, якщо зменшити зовнішній тиск над рідиною.

Коментар до експериментального завдання

Вода не закипить. Для кипіння води необхідне надходження енергії, а в обох посудинах температура води становить 100°C , тому із зовнішньої посудини у внутрішню енергія не передаватиметься, отже, і вода в ній не закипить.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи в їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Водяна пара. Парціальний тиск.
2. Абсолютна і відносна вологість.
3. Вимірювання вологості. Гігрометр. Психрометр.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Як відомо, вода займає близько $70,8\%$ поверхні земної кулі; живі організми містять від 50 до $99,7\%$ води, в атмосфері міститься $13\text{--}15$ тис. км^3 води у вигляді крапель, кристалів снігу і водяної пари.

Атмосферна водяна пара впливає на клімат Землі. Важливе значення вологість повітря має у метеорології для передбачення погоди. Підтримання сталої вологості — обов'язкова умова для ткацького, кондитерського, фармацевтичного виробництва, для музеїв та бібліотек. Від вологості повітря залежить самопочуття людини, що пов'язане з випаровуванням вологи і підтриманням сталої температури тіла.

Отже, вимірювання вологості є однією з необхідних і важливих навичок як для виробничих цілей, так і для побутового життя.

V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Водяна пара. Парціальний тиск

У повітрі завжди є водяна пара, але вона не є насиченою. Переміщення повітряних мас призводить до того, що в одних місцях нашої планети випаровування переважає над конденсацією, в інших — навпаки.

Вміст водяної пари в повітрі, тобто його вологість можна охарактеризувати парціальним тиском, абсолютною і відносною вологістю.

Атмосферний тиск являє собою суміш різних газів і водяної пари. Кожний із газів робить свій внесок у сумарний тиск, який чинить повітря на тіла.

Тиск, який чинила б тільки водяна пара за відсутності інших газів, називається **парціальним тиском** водяної пари.

Парціальний тиск — один із показників вологості повітря; вимірюється в паскалях (Па) або міліметрах ртутного стовпчика (мм рт. ст.).

2. Абсолютна і відносна вологість

Для характеристики вологості ввели ще й такі поняття, як абсолютна і відносна вологість.

Абсолютна вологість — це маса водяної пари, яка міститься в одному кубічному сантиметрі повітря за даної температури. Інше кажучи, абсолютна вологість — це густина водяної пари за даної температури.

Одиниця абсолютної вологості в СІ — кілограм на метр у кубі ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Оскільки ж маса водяної пари в 1 см^3 невелика, то часто для вимірювання абсолютної вологості використовують позасистемну одиницю грам на метр у кубі ($\text{г}/\text{см}^3$):

$$1 \text{ г}/\text{см}^3 = 0,001 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Отже, якщо за температури 16°C водяна пара становить $4 \text{ г}/\text{м}^3$, то це означає, що за даної температури кожний кубічний метр повітря містить 4 г водяної пари.

На підставі величини абсолютної вологості повітря не можна скласти об'єктивної картини про ступінь вологості повітря, бо за однакової маси водяної пари, але більшої температури, повітря буде більш сухим, а за меншої температури — більш вологим.

Щоб визначити ступінь вологості повітря, необхідно розуміти, наскільки водяна пара близька до насичення. Для цього вводять поняття відносної вологості.

Відносна вологість — це відношення абсолютної вологості повітря за деякої температури до густини насиченої водяної пари за тієї ж температури:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100 \, \%.$$

Відносну вологість зазвичай визначають у відсотках; вона не може бути більшою, ніж 100 %. Складено таблиці, у яких наведено густину насичених водяних парів ρ_n за різних температур.

Означення відносної вологості можна сформулювати й інакше.

Відносна вологість повітря — це відношення тиску водяної пари в ній за деякої температури (парціального тиску) до тиску насиченої водяної пари за цієї самої температури:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100 \%.$$

Величину тиску насиченої пари p_n за даної температури також можна знайти в таблиці.

3. Вимірювання вологості. Гігрометр. Психрометр

Для вимірювання відносної вологості повітря необхідно:

- 1) виміряти температуру повітря і за таблицею знайти тиск насиченої пари, який відповідає даній температурі;
- 2) визначити точку роси і за таблицею знайти тиск водяних парів, що відповідає цій же температурі;
- 3) обчислити відносну вологість повітря за формулою.

Для визначення точки роси водяних парів, які містяться в повітрі, створені спеціальні прилади — гігрометри.

Найбільш простими є металевий гігрометр Ламберта і волосяний гігрометр.

Основною частиною металевого гігрометра Ламберта (рис. 1) є металева посудина в формі циліндра 3, вісь якого займає горизонтальне положення. Одна основа циліндра зовні блискуча. В середину циліндра входить трубка 2, яка приєднується до гумової груші — повітродувного пристрою 1. У циліндр наливають ефір. Продуваючи через цей циліндр повітря, прискорюють його випаровування. Випаровуючись, ефір охолоджується й охолоджує циліндр. Коли температура циліндра стає рівною температурі точки роси, його поверхня «пітніє». Для вимірювання температури всередину циліндра вставляють термометр 4, а щоб момент випадання роси був помітнішим, на циліндр надівають блискуче кільце 5, ізольоване від нього теплоізоляційною прокладкою.

Дія волосяного гігрометра знежиреної волосини людини заснована на тому, щоби зменшувати довжину, якщо рівень вологості знижується, чи видовжуватись у разі його збільшення. Розтягнену за допомогою підвісу волосину розміщують вертикально і прикріплюють до шкали, проградуйованої в одиницях вологості. До самої волосини прикріплюється стрілка-показчик, яка під час вимірювання вологості зміщується за шкалою вгору чи вниз.

Відносну вологість можна знайти не тільки за допомогою визначення точки роси, а й за допомогою спеціального приладу — психрометра (від грец. «психрос» — холодний).

Психрометр Августа складається з двох термометрів (рис. 2), один з яких сухий, а другий — вологий, бо знизу він обгорнутий марлевою тканиною, нижнім кінцем зануреною у відкриту посудину з рідиною (водою або спиртом). Коли рідина випаровується з марлі, її температура знижується, і вологий термометр показує нижчу температуру, ніж сухий. Різниця температур між показанням сухого і вологого термометра називається психрометричною різницею температур. Користуючись нею, можна скласти судження про вологість повітря. Складено спеціальні психрометричні таблиці, в яких кожній психрометричній різниці температур відповідає певна відносна вологість (розглянути таблицю та правила її користування).

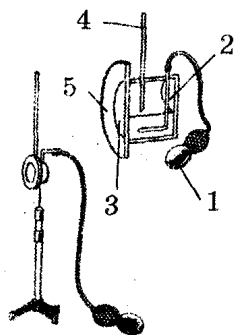


Рис. 1

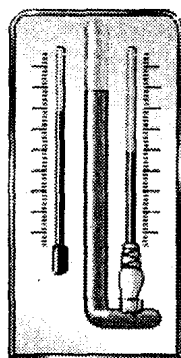


Рис. 2

VI. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Упродовж дня показання сухого термометра психрометра не змінювались, а показання вологого зменшувались. Як змінювалась відносна вологість повітря?
2. Чому в теплий сухий день самопочуття людини краще, ніж у теплий і вологий?
3. У теплій кухні розвішано випрану білизну. На вулиці холодна осіння мряка. Чи має сенс відчинити квартиру, щоб білизна висохла швидше?

Розв'язування задач (письмово)

За якої температури випаде роса, якщо термометри психрометра показують 20°C і 17°C ?

Дано:	Розв'язання
$t_c = 20^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = t_c - t_b$,
$t_b = 17^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 20^{\circ}\text{C} - 17^{\circ}\text{C} = 3^{\circ}\text{C}$.
$t_{\text{роси}} = ?$	Згідно із психрометричною таблицею $\varphi = 74\%$.

За таблицею, якщо температура повітря становить 20°C , густина насиченої водяної пари становить $17,3 \text{ г/м}^3$.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%, \quad \rho = \frac{\rho_n \cdot \varphi}{100\%}, \quad [\rho] = \frac{\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot \%}{\%} = \frac{\text{г}}{\text{м}^3}, \quad \rho = \frac{17,3 \cdot 74}{100} = 12,8 \left(\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right).$$

Роса випаде за температури, за якої водяна пара з такою густиною буде насиченою. За таблицею $t_{\text{роси}} = 15^{\circ}\text{C}$.

Відповідь: $t_{\text{роси}} = 15^{\circ}\text{C}$.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Підготуватися до лабораторної роботи: звернути увагу на призначення металевого гігрометра і психрометра, удосконалювати вміння користуватися таблицями.
3. Розв'язати задачі.
 - 1) Якою є відносна вологість повітря за температури 20°C , якщо точка роси 15°C ?
 - 2) У приміщенні об'ємом 150 м^3 вологість повітря за температури 20°C становить 30% . Визначити масу водяної пари в приміщенні.
4. Виконати творче завдання.

Написати есе (див. додаток 11) на тему «Значення води і водяної пари в житті і діяльності людини» (5 хв).

УРОК № 49/13

Тема. Лабораторна робота № 5. «Вимірювання відносної вологості повітря».

Мета: закріплення в учнів знань про вологість повітря; удосконалення засвоєних знань шляхом проведення дослідів з визначення вологості повітря.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

Обладнання: гігрометр, гумовий насос-груша, скляний екран, ефір, термометр, психрометр.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація і коригування опорних знань	4	Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Метод «Гірлянда питань»
IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій	10	Робота в групах
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	20	
VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи	6	Метод «Гірлянда питань»
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Евристична бесіда

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація і коригування опорних знань

Учитель оголошує тему роботи і пропонує учням самостійно визначити, які теоретичні запитання необхідно повторити до початку проведення лабораторної роботи, і за необхідності вносить корективи у відповіді учнів.

Запитання до класу

1. Що таке насичена пара?
2. Що таке відносна вологість; абсолютна вологість?
3. Охарактеризувати гігрометр як фізичний прилад за узагальненим планом характеристики фізичного приладу (див. додаток 14).
4. Охарактеризувати психрометр як фізичний прилад за узагальненим планом характеристики фізичного приладу (див. додаток 14).
5. Як користуватись психрометричною таблицею?

Перевірку запитань № 3 і 4 доцільно здійснювати методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку;

мотивація навчальної діяльності

Учитель повторює тему роботи, пропонує учням самостійно визначити мету даної роботи. Мотивацію навчальної діяльності можна здійснити методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Чи актуальна дана робота з точки зору її практичного спрямування? Чому?
2. Що буде результатом вашої роботи? У який спосіб його можна досягти?
3. Що в цій роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

IV. Осмислення змісту й послідовності застосування практичних дій

Лабораторну роботу рекомендовано проводити індивідуально, в парах або групі з трьох-чотирьох учнів. Групування проводиться за одним з методів «Утворюємо групу» (див. додаток 15) попередньо чи на уроці. Якщо робота проводиться в групах чи парах, учні до початку роботи розподіляють обов'язки, які вони мають виконувати під час роботи.

Учитель інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

За наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання лабораторної роботи з'ясувати призначення обладнання, вивчити хід проведення лабораторної роботи, способи обчислення похибок вимірювання.

Завершивши працювати з текстом, учні обговорюють незрозумілі операції або дії під час виконання лабораторної роботи.

V. Самостійне виконання учнями завдань під контролем учителя

Учні самостійно виконують лабораторну роботу. Працюючи в парах чи у групах, учні змінюють свої функції, як тільки починають виконувати наступний дослід.

Учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Узагальнення й систематизація результатів роботи

Обговорення питань з учнями на даному етапі рекомендовано здійснити методом «Гірлянда питань».

Запитання до класу

1. Яких результатів ви досягли в цій лабораторній роботі?
2. Чи є ці результати реальними?

3. Чи виникли труднощі під час виконання даної роботи? Як вдалося їх подолати?
4. За яких причин в лабораторній роботі могли виникнути похибки? Як можна було б їх зменшити?
5. Який з приладів, на вашу думку, дає більш точний результат вимірювання вологості повітря: гігрометр чи психрометр? Чому?
6. Чи були б результати такими самими, якщо б вимірювання проводилось влітку?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Підбивається підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Оформити звіт про виконання лабораторної роботи.
3. Виконати творче завдання. Виготовити саморобний психрометр, виміряти за його допомогою відносну вологість у квартирі.

УРОК № 50/14

Тема. Властивості поверхні рідини. Поверхневий натяг рідини.

Мета: формування знань про властивості поверхневого шару рідини, силу поверхневого натягу та поверхневий натяг рідин.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: склянка з водою, склянка з мильним розчином, піпетка, поверхня, натерта парафіном, каркас із дроту.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Метод «Низка питань»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за допомогою плану вивчення теми

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
IV. Мотивація навчальної діяльності	1	Метод «Прес»
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	23	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	12	Самостійна робота. Характеристика приладу за узагальненим планом
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Сьогодні буде розглядатися кількісна теорія рідин. З огляду на те, що знання про газоподібний агрегатний стан речовини учні отримали ще у 7–8-х класах, учитель пропонує низку запитань, які допоможуть учням відтворити ці знання.

Запитання до класу

1. Чи мають рідини власний об'єм?
2. Чи мають рідини форму?
3. Чи утворюють рідини струмені? течуть?
4. Чи можна рідини стиснути?
5. Як розміщені молекули в рідинах? Як рухаються?
6. Що можна сказати про взаємодію молекул в рідинах?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Властивості поверхні рідини. Поверхнева енергія.
2. Сила поверхневого натягу.
3. Поверхневий натяг.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Запитання до класу. Чому важливо вивчати рідини? Вміти описувати процеси, які в них відбуваються в поверхневому шарі? Обґрунтуйте відповідь, використовуючи попередньо набуті знання з фізики, власний життєвий досвід.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Властивості поверхні рідини. Поверхнева енергія

Молекули рідин розміщуються на відстанях менших, ніж молекули газів, і тому сильніше взаємодіють між собою. Відстань, на якій молекула ще чинить дію на інші молекули, називається радіусом її молекулярної дії. Кожна молекула рідини відчуває притягання сусідніх молекул. При цьому ті, що містяться в поверхневому шарі, і молекули усередині рідини перебувають в різних умовах. Останні відчують дію молекул з усіх сторін, тому рівнодійна сил, які діють з боку інших молекул усередині рідини, дорівнює нулю (рис. 1).

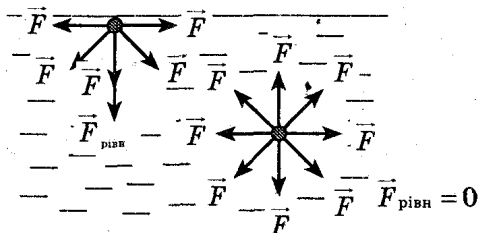


Рис. 1

Молекули, що перебувають на поверхні рідини, відчувають на собі дію інших молекул тільки збоку й знизу (див. рисунок). Тому рівнодійна сил, які діють на молекулу з боку інших молекул, не дорівнює нулю і напрямлена вглиб рідини. Відповідно молекули поверхневого шару мають додаткову потенціальну енергію порівняно з молекулами, що містяться всередині рідини.

Додаткова потенціальна енергія, яку мають молекули поверхневого шару порівняно з молекулами рідини, називається поверхневою енергією і належить до внутрішньої енергії.

2. Сила поверхневого натягу

Демонстрація 1. Видування мильної бульбашки.

Демонстрація 2. Крапнути декілька крапель рідини на поверхню, натерту парафіном, спостерігати утворення кулястих крапель. Зібрати декілька крапель в одну, переконатись, що утворена велика крапля також має кулеподібну форму.

Як переконують нас наведені досліди, а також явища, які ми спостерігаємо (утворення крапель роси, краплі дощу тощо), рідина завжди намагається набути форми з мінімальною площею поверхні; тобто форми кулі. Це можна пояснити дією некомпенсованих сил, направлених усередину рідини, тобто молекули поверхневого шару намагаються «пірнути» з поверхні в глибину. Внаслідок цього крапельки рідини набувають форми кульок, великі ж краплі трохи сплющуються під дією сили тяжіння. Якщо ж рідину вилити з посудини в стані невагомості, то це буде форма абсолютно правильної кулі.

Демонстрація 3. Каркас, виготовлений із тонкої дротини у формі прямокутника, протилежні вершини якого з'єднані ненапруженою ниткою, занурити в мильний розчин. Якщо його витягнути, можна помітити, що каркас затягнений плівкою. Проколоти плівку голкою і спостерігати, як нитка набуває форми дуги.

Цей дослід можна пояснити тим, що мильна плівка, утворена на каркасі, стягується, скорочуючи площу своєї поверхні.

Властивість поверхні рідини скорочуватися можна пояснити існуванням сил, які намагаються скоротити цю поверхню. Вони називаються **силами поверхневого натягу**.

Плівка, що утворилася на рамці, являє тонкий шар рідини і має дві вільні поверхні. Тоді загальна сила поверхневого натягу за модулем буде дорівнювати $2F$.

3. Поверхневий натяг

Здатність рідини до скорочення своєї поверхні називають поверхневим натягом.

Поверхневий натяг рідини — це відношення сили поверхневого натягу, яка діє на елемент контуру, що обмежує цю поверхню, до довжини контуру:

$$\sigma = \frac{F_{\text{п.н.}}}{l}.$$

Фізичний зміст поверхневого натягу: поверхневий натяг чисельно дорівнює силі поверхневого натягу, яка діє на кожну одиницю довжини контуру, що обмежує поверхню рідини.

Поверхневий натяг рідини позначається символом σ , одиниця в СІ — ньютон на метр (Н/м).

Поверхневий натяг рідини — скалярна додатна величина. Вона залежить від роду рідини, її температури та наявності домішок. Підвищення температури рідини супроводжується

зменшенням поверхневого натягу рідини, бо слабшають сили міжмолекулярної взаємодії.

Величина поверхневого натягу різних рідин при 0°C наводиться у довідниках з фізики.

VI. Закріплення нового матеріалу

Запитання до класу

1. Чому розплавлений жир плаває на поверхні води у вигляді сплюснутих кульок? (Під дією сили поверхневого натягу жир збирається у кульки, а сила тяжіння сплющує їх у диски.)
2. З крана самовара падають краплі. Коли вони важчі: коли вода гаряча чи охолола? (Коли вода охолоджується, бо зі зниженням температури коефіцієнт поверхневого натягу води збільшується.)
3. Якщо під час бурі вилити на поверхню моря нафту, то морську стихію в цьому місці можна «угамувати». Чому? (Нафта зменшує поверхневий натяг води; на контур маслянистої плями з боку іншої поверхні води діятиме сила поверхневого натягу, напрямлена зовні від маслянистої плями. Ця сила і гасить хвилі в ділянці розлитої нафти.)

Розв'язування задач

Звичайна швацька голка має довжину 3,5 см і масу 0,1 г. Чи достатньо поверхневого натягу води для того, щоб утримувати голку на поверхні?

Дано:	СІ	Розв'язання
$l = 3,5 \text{ см}$	$l = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$	$F_{\text{п.н.}} = \sigma \cdot 2 \cdot l, F_{\text{т}} = mg,$
$m = 0,1 \text{ г}$	$m = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	$[F_{\text{п.н.}}] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н},$
З таблиці:		$[F_{\text{т}}] = \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}}{\text{кг}} = \text{Н}.$
$\sigma = 73 \text{ мН/м}$	$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$	$F_{\text{п.н.}} = 73 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-2} =$
$g = 10 \text{ Н/кг}$	$g = 10 \text{ Н/кг}$	$= 5,1 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)},$
$\frac{F_{\text{п.н.}}}{F_{\text{т}}} - ?$		

$$F_{\text{т}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 10^{-3} \text{ (Н)}. \quad \frac{F_{\text{п.н.}}}{F_{\text{т}}} = \frac{5,1 \cdot 10^{-5}}{10^{-3}} = 5,1 \cdot 10^{-2}.$$

Відповідь: $\frac{F_{\text{п.н.}}}{F_{\text{т}}} = 5,1 \cdot 10^{-2}$, тобто вода утримає голку на поверхні.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель пропонує учням самостійно підбити підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Краплі рідини відриваються від кінця трубки в момент, коли сила тяжіння, яка діє на краплю, стає рівною силі поверхневого натягу, що діє на периметр, який обмежує поверхню краплі. Обчислити поверхневий натяг спирту, якщо з трубки впало 100 крапель, загальна маса яких становить 0,71 г. Діаметр трубки 1 мм.
 - 2) Для визначення поверхневого натягу мильного розчину використали динамометр і дротяне кільце діаметром 12 см і масою 20 г. Коли кільце відірвалося від поверхні рідини, динамометр показав силу 0,227 Н. Яке значення для поверхневого натягу мильного розчину дістали в результаті досліду?
3. Виконати експериментальне завдання.

В одну склянку накапайте 50 крапель води, а в другу — 50 крапель спирту. Порівняти об'єм у склянках. Пояснити різницю в розмірі крапель.

Пояснення. Більший об'єм займає вода. Чим більше коефіцієнт поверхневого натягу, тим більші за розміром краплі. Для

спирту $\sigma = 22 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}}$, для води $\sigma = 73 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}}$.

Отже, коефіцієнт поверхневого натягу води більший, ніж у спирту, тому краплі більшого об'єму має вода.

УРОК № 51/15

Тема. Змочування. Капілярні явища.

Мета: ознайомлення учнів з фізичними явищами: змочуванням та незмочуванням, капілярними явищами.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: набір капілярів різного діаметра, склянка з водою, склянка з олією.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Перевірка домашнього завдання	8	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	1	Аргументоване пояснення
V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Застосування набутих знань	11	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	2	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фронтальне опитування

1. Що називається силою поверхневого натягу?
2. Що називається поверхневим натягом?
3. Який фізичний зміст поверхневого натягу?
4. Скориставшись таблицею, визначте поверхневий натяг гасу, мильного розчину, води.

Двоє учнів записують розв'язування домашніх задач на дошці, решта перевіряють, коментують, оцінюють роботу однокласників.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Змочування. Незмочування.
2. Капіляри. Капілярні явища.
3. Висота підйому рідини в капілярах.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Явища змочування і капілярності часто трапляються в повсякденному житті. Наприклад, рушник «збирає» воду з рук та обличчя завдяки тому, що тканина змочується водою. На відміну від синтетичних тканин, натуральні мають кращу здатність до змочування, тому радять носити одяг, виготовлений тільки з природних тканин для забезпечення гігроскопічності. Ви, напевно, помічали, що замащений посуд складно вимити холодною водою, оскільки він практично не змочується. Тому для миття посуду використовують гарячу воду або мильний розчин.

Змочування відіграє важливу роль у промисловості. Наприклад, для фарбування, паяння потрібно забезпечити якомога повніше змочування. А в будівництві, навпаки, застосовують спеціальні покриття, які запобігають змочуванню тих чи інших частин будівель тощо.

У природі, техніці і побуті також надзвичайно поширене явище капілярності. Завдяки цьому явищу поживні речовини потрапляють із ґрунту в рослини. Підняття вологи з глибоких шарів ґрунту так само забезпечує капілярність. Капілярними каналами піднімається ґрунтова вода в стінах будівель, капілярами фітіля — змащувальні речовини; на явищі капілярності засновано використання фільтрувального паперу, марлі, рушників тощо.

Отже, вивчення, пояснення, обґрунтування явищ змочування і капілярності — один із важливих напрямів молекулярної фізики.

V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Змочування. Незмочування

Ми вже розглядали явища, що відбуваються в поверхневому шарі рідини на межі з паром. У цьому випадку можна було не враховувати слабкої взаємодії молекул рідини з молекулами пари.

Складнішими є явища, які відбуваються в поверхневому шарі рідини у випадку її взаємодії з твердим тілом. За таких умов спостерігається змочування чи незмочування цього тіла рідиною.

Коли рідина змочує поверхню твердого тіла, то розтікається по ній, а коли не змочує — стягається у краплі.

Завдання класу. Прокоментуйте прислів'я «як з гусака вода», «вийти сухим з води». Чи можна це зробити реально — вийти з води сухим? Що для цього потрібно?

Явища змочування і незмочування визначаються величинами поверхневого натягу між рідиною і твердим тілом; рідиною

і газом; газом і твердим тілом та характеризується θ — кутом між дотичними до поверхні твердого тіла і рідини, який називається **крайовим кутом**.

Якщо кут θ гострий ($0^\circ < \theta < 90^\circ$), то рідина змочує тверде тіло. При цьому рівнодіюча сил тяжіння молекул на межі зіткнення з молекулами рідини менша, ніж із молекулами твердого тіла (рис. 1).

Якщо кут θ тупий ($180^\circ > \theta > 90^\circ$), то рідина не змочує тверде тіло. При цьому рівнодіюча сил тяжіння молекул на межі зіткнення з молекулами рідини більша, ніж із молекулами твердого тіла (рис. 2).

Якщо $\theta = 180^\circ$, то спостерігається явище повного незмочування (рис. 3).

Якщо $\theta = 0^\circ$, то спостерігається явище повного змочування (рис. 4).

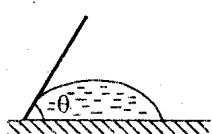


Рис. 1

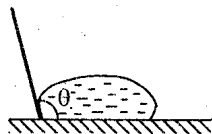


Рис. 2

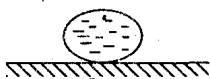


Рис. 3

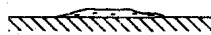


Рис. 4

Якщо рідину налити в посудину, виготовлену з матеріалу, який змочується рідиною, то поверхня рідини біля стінок скривлюється (рис. 5). Частина рідини піднімається по стінках посудини. Це відбувається тому, що сили взаємодії молекул рідини зі стінками посудини більші, ніж сили взаємодії молекул між собою.

Якщо рідину налити в посудину, виготовлену з матеріалу, який рідиною не змочується, то поверхня рідини біля стінок скривлюється в інший спосіб (рис. 6).

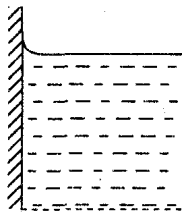


Рис. 5

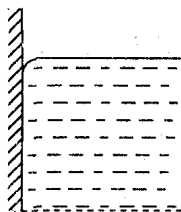


Рис. 6

Скривлену поверхню рідини поблизу межі її дотикання з твердим тілом називають **меніском** (від грец. «меніскос» — півмісяць).

2. Капіляри. Капілярні явища

Вузькі трубки, діаметр яких набагато менший за їх довжину, називають **капілярами**. (від грец. «капілля» — волосина).

Демонстрація 1. У воду занурити два капіляри різного діаметра. Спостерігати підйом рідини у капілярах. Вода піднімається вище від її рівня в посудині. Вода піднімається вище у капілярі, який має менший діаметр.

Демонстрація 2. Капіляр занурити в олію. Спостерігати опускання рідини нижче від її рівня в посудині.

Отже, якщо капіляр опустити в рідину, яка його змочує, то рідина піднімається по капіляру, її верхній рівень в капілярі розміщується вище від рівня рідини в посудині (рис. 7).

Якщо ж капіляр занурити в рідину, яка його не змочує, то рідина опускається по капіляру так, що верхній рівень у капілярі розміщується нижче від рівня рідини в посудині (рис. 8).

Явища підйому рідини по капіляру при змочуванні й опускання при незмочуванні називаються **капілярними явищами**.

3. Висота підйому рідини в капілярах

Опустимо капіляр в рідину, яка його змочує (рис. 9). Сили поверхневого натягу, прикладені до контура, що обмежує поверхню, будуть направлені уздовж стінки капіляра, рівнодійна цих сил $\vec{F}_{\text{п.п.}}$ буде направлена вгору. Під її дією рідина підніметься по капіляру, доки не досягне висоти h , на якій сила тяжіння, що діє на рідину, не зрівноважиться цією рівнодією:

$$F_{\text{п.п.}} = mg, \quad F_{\text{п.п.}} = \rho Vg, \quad F_{\text{п.п.}} = \rho \pi R^2 hg, \quad \sigma l = \rho \pi R^2 hg, \quad h = \frac{2\sigma}{\rho g R}.$$

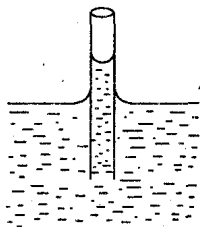


Рис. 7

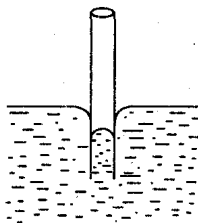


Рис. 8

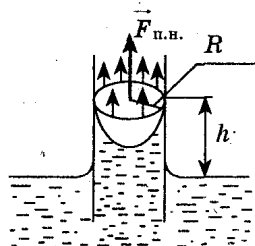


Рис. 9

Отже, висота підйому рідини в капілярі прямо пропорційна її поверхневому натягу й обернено пропорційна густині рідини й радіусу капіляра.

VI. Застосування набутих знань

Запитання до класу

1. Перш ніж розпочати паяння, поверхню деталі або предмета ретельно знежирюють. Для чого це роблять? (Для якісного паяння необхідно забезпечити якомога повніше змочування, для цього жир з поверхні ретельно стирають.)
2. Чому чорнилами не можна писати на замащеному папері? (Чорнила не змочують такий папір.)
3. На яку висоту підніметься в капілярі рідина, яка змочує його, якщо посудина з рідиною, в яку опущений капіляр, перебуває в стані невагомості? (Рідина заповнить весь капіляр, бо сила поверхневого натягу не зрівноважується вагою рідини в капілярі.)
4. Чи впливає величина діаметра скляної трубки барометра на точність його показань? (Якщо діаметр трубки незначний, на показання приладу може впливати явище капілярності.)

Розв'язування задач

Знайдіть масу води, яка піднялась по капілярній трубці діаметром 0,5 мм. Змочування повне.

Дано:	СІ	Розв'язання
$d = 0,5 \text{ мм}$	$d = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	Вода припиняє підніматись по капіляру, коли рівнодійна сил поверхневого натягу зрівноважується з силою тяжіння, що діє на стовп води.
З таблиці:		
$\sigma = 73 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$	$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	
$g = 10 \text{ Н/кг}$	$g = 10 \text{ Н/кг}$	$F_{\text{п.н.}} = mg, \sigma l = mg, \sigma \cdot 2\pi R = mg,$
$m - ?$		$\sigma \cdot 2\pi \cdot \frac{d}{2} = mg,$

$$\sigma \cdot \pi \cdot d = mg, m = \frac{\sigma \pi d}{g}, [m] = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \text{м}}{\frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{кг}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \text{кг},$$

$$m = \frac{73 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{10} = 11,4 \cdot 10^{-6} \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m = 11,4 \text{ мг}$.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель рекомендує учням самостійно підбити підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Визначити, на яку висоту підніметься масло гнотом, виготовленим з тканини, діаметр капілярів якої становить 0,2 мм. Густина масла $870 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, поверхневий натяг $26 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$.
 - 2) У скляній капілярній трубці вода на Землі піднімається на висоту 1 см. На яку висоту вода підніметься в тій самій трубці на Місяці, де прискорення вільного падіння $1,6 \text{ м/с}^2$?
3. Виконати творче завдання.

Написати есе (див. додаток 11) на тему «Явища змочування й капілярності в природі, побуті і техніці».

УРОК № 52/16

Тема. Будова й властивості твердих тіл. Кристалічні і аморфні тіла.

Мета: формування знань про кристалічні і аморфні тіла та їх властивості, типи кристалів, механічні властивості твердих тіл.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: набір кристалічних тіл, вирощений кристал мідного купоросу, плакати з зображеннями кристалічних ґраток або моделі ґраток, шматок глини, пластиліну, гумова стрічка, пружина, пристрій для демонстрації деформацій.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	2	Метод «Гірлянда питань»

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за допомогою плану вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	1	Аргументоване пояснення
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	24	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	12	Розв'язування задач
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Оскільки певні знання про твердий агрегатний стан речовини учні вже мають з курсу фізики 7–8 класів, учитель ставить низку запитань за методом «Гірлянда питань» (див. додаток 6).

Запитання до класу

1. Чи мають тверді тіла об'єм? форму?
2. Чи утворюють тверді тіла струмені? течуть?
3. Чи можна тверді тіла стиснути?
4. Як розміщені молекули й атоми у твердих тілах? Як вони рухаються?
5. Що можна сказати про взаємодію молекул в твердих тілах?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку і пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносити корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Кристалічні й аморфні тіла та їхні властивості.
2. Типи твердих кристалів.
3. Механічні властивості твердих тіл.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Земна куля — тверде тіло; наші оселі побудовані з твердих тіл. Практично все, чим користувались і користуються люди, зроблено з твердих тіл — від рубила, меча та плуга до космічних кораблів і комп'ютерів. Те, що різні матеріали мали безпосередній вплив в розвиток суспільства, свідчать назви цілих періодів історії: кам'яний вік, бронзовий, залізний тощо.

Роль матеріалів у розвитку цивілізації залишається величезною. У XX ст. стався колосальний прорив у матеріалознавстві — науці про властивості матеріалів. Створено безліч матеріалів із заданими властивостями. Ера космосу, інформатизації, нанотехнологій — це результат серйозних досягнень у матеріалознавстві. Отже, вивчення властивостей твердих тіл — важлива і життєво необхідна задача в фізичній науці.

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Кристалічні й аморфні тіла та їхні властивості

Отже, тверді тіла зберігають свою форму і об'єм, характер молекулярного руху — коливання атомів чи молекул навколо положень рівноваги.

Розрізняють кристалічні та аморфні тверді тіла.

У аморфних тіл зберігається ближній порядок у розміщенні атомів, але відсутній дальній.

Властивості аморфних тіл:

- 1) вони не мають фіксованої температури плавлення, оскільки не мають кристалічної ґратки;
- 2) **ізотропія** — фізичні властивості однакові у всіх напрямках.

До аморфних тіл належать смола, скло, пластмаси.

У кристалічних твердих тіл атоми і молекули займають певне, упорядковане положення в просторі. Наслідком цього є геометрично правильна кристалічна ґратка. Вузол кристалічної ґратки — це точка, відносно якої атом (молекула) здійснює коливання.

Властивості кристалів:

- 1) **анізотропія** — залежність фізичних властивостей від вибраного в кристалі напрямку.
- 2) наявність чіткої температури плавлення; уся енергія, яка підводиться до тіла за даної температури, йде на збільшення потенціальної енергії молекул та руйнування кристалічної ґратки. Кінетична енергія молекул незмінна, тому температура тіла під час плавлення не змінюється.
- 3) залежність від типу кристалічної ґратки.

До кристалів належать метали, лід, сіль, кварц тощо. (Демонстрація кристалів.)

Кристали поділяються на монокристали («моно» — один) — великі поодинокі кристали (кварц, турмалін, сегнетові солі тощо) та полікристали («полі» — багато) — кристали, які складаються з великої кількості дрібних і хаотично орієнтованих кристалів (метали, глина, сплави металів тощо).

2. Типи твердих кристалів

Залежно від виду частинок, розміщених в вузлах кристалічних ґраток, і характеру сил взаємодії між ними кристали поділяють на чотири типи.

Типи кристалів

Тип кристалів	Що знаходиться у вузлах кристалічних ґраток	Приклади кристалів
Іонні	Іони розміщуються по чергові з протилежними зарядами	Сіль NaCl
Атомні	Нейтральні атоми, які утримуються ковалентними зв'язками квантово-механічного походження	Алмаз
Металічні	Позитивні іони (між вузлами — електронний газ)	Метали з високою електропровідністю
Молекулярні	Нейтральні молекули, які взаємодіють за рахунок зміщення електронних оболонок атомів	Парафін, Br_2 , CH_4

3. Механічні властивості твердих тіл

Якщо до твердого тіла прикласти силу, воно деформується — змінює свою форму або об'єм (а найчастіше і те й інше).

Сила, яка виникає під час деформації і перешкоджає цій деформації та напрямлена перпендикулярно до поверхні деформованого тіла, — сила пружності.

Розрізняють пружну і пластичну деформації.

- 1) **Пластична деформація** — не зникає після припинення дії зовнішніх сил. (Демонстрація пластичної деформації за допомогою шматка глини, пластиліну.) За пластичних деформацій відбувається ковзання молекулярних шарів один відносно

одного, при цьому не виникає «повертальної сили», оскільки відстані між атомами не змінюються.

- 2) **Пружна деформація** — повністю зникає після припинення дії зовнішніх сил. (демонстрація пружної деформації за допомогою пружини, гумової стрічки). За пружних деформацій змінюються відстані між атомами, оскільки намагається набути попередньої форми.

У випадку пружної деформації сила пружності визначається законом Гука.

Закон Гука: сила пружності прямо пропорційна абсолютному подовженню тіла і протилежно йому напрямлена:

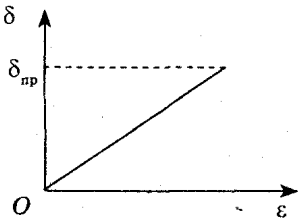
$$F_{\text{пр}} = -kx,$$

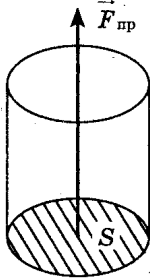
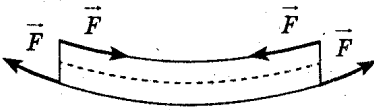
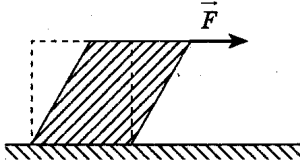
де x — абсолютне подовження тіла, що визначається різницею кінцевої і початкової довжини тіла (у СІ вимірюється в метрах (м)), k — коефіцієнт пружності або жорсткості (у СІ вимірюється в ньютонах на метр (Н/м)).

Коефіцієнт пружності залежить від геометричних розмірів тіла (початкової довжини тіла l_0 та площі поперечного перерізу тіла S) та виду речовини (E — модуль Юнга або модуль пружності).

Модуль Юнга E чисельно дорівнює механічній напрузі, яка виникає в тілі при подовженні тіла на величину, яка дорівнює його початковій довжині. (В СІ модуль Юнга вимірюється в паскалях (Па).) Ця величина характеризує опірність матеріалу пружній деформації. Модуль Юнга представлений в фізичних довідниках.

Види деформацій

Вид деформації	Рисунок	Коментар
Розтяг або стиск		Закон Гука в цьому випадку має такий вигляд: механічна напруга σ прямо пропорційна відносному видовженню ε: $\sigma = E \cdot \varepsilon$

Вид деформації	Рисунок	Коментар
		Максимальна напруга, за якої виконується закон Гука, називається межею пропорційності $\sigma_{\text{п}}$. Відносне видовження — це величина, яка дорівнює відношенню абсолютного подовження тіла до його початкової довжини. $E = \frac{\Delta l}{l_0}$ Механічна напруга — це відношення модуля сили пружності до площі поперечного перерізу тіла: $\sigma = \frac{F_{\text{пр}}}{S}$
Вигин та кручення		
Зсув		

Виклад даного запитання доречно супроводжувати демонстраціями різних видів деформацій за допомогою пристрою для демонстрації деформацій.

VI. Закріплення нового матеріалу

Запитання до класу

1. Куля, виточена з монокристалу, під час нагрівання може змінити не тільки свій об'єм, а й форму. Чому?
2. Яка різниця між шматком цукру і кристаликами цукру-піску?

3. Чому у мороз сніг хрустить під ногами?
4. Чому ковзани добре ковзають по льоду, а в великі морози ковзання погіршується?
5. Що станеться з пляшкою з молоком, якщо її винести на мороз?

Розв'язування задач

Якою може бути площа поперечного перерізу сталевго троса, якщо ліфт масою 1,5 т може рухатися з прискоренням $1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$?

Дано:	СІ	Розв'язання
$a = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$a = 1,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	Найбільша сила натягу троса, якщо прискорення ліфта напрямлено вгору $P = m(g + a)$,
$m = 1,5 \text{ т}$	$m = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг}$	$\sigma = \frac{P}{S}, \sigma = \frac{m(g + a)}{S}, S = \frac{m(g + a)}{\sigma},$
З таблиці:		
$\sigma = 500 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}$	$\sigma = 500 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	$[S] = \frac{\text{кг} \cdot \left(\frac{\text{Н}}{\text{кг}} + \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \right)}{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{Н}} = \text{м}^2,$
$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	$g = 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	
$S = ?$		

$$S = \frac{1,5 \cdot 10^3 (9,8 + 1,4)}{500 \cdot 10^6} = 0,33 \cdot 10^{-3} (\text{м}^2).$$

Відповідь: $S = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель рекомендує учням самостійно підбити підсумок уроку та оцінює діяльність учнів; обговорює домашнє завдання і демонструє вирощений кристал мідного купоросу.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Вантаж масою 500 кг висить на дроті діаметром поперечного перерізу 28 мм. Визначте механічну напругу на тросі.
 - 2) Чому дорівнює видовження латунного стрижня завдовжки 4 м, що має площу перетину $0,4 \text{ см}^2$, під дією сили 1 кН?
3. Виконати творче завдання.

Виростити кристал мідного купоросу в домашніх умовах, скориставшись інтернет-підтримкою, (<http://www.sense-life.com>, <http://livinternet.ru>, <http://klol.ru>).

Тема: Рідкі кристали. Полімери.

Мета: ознайомлення учнів із фізичними явищами: пароутворенням конденсацією, видами пароутворення (випаровуванням та кипінням), поняттями насиченої і ненасиченої пари.

Тип уроку: урок-семінар.

Обладнання: мультимедійна установка для демонстрації комп'ютерних презентацій.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	5	Метод «Розминка»
II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Пояснення учителя, інструктаж
III. Закріплення учнями вивченого матеріалу	30	Презентація
IV. Підбиття підсумків уроку	5	Метод «Капелюшки, що думають»
V. Домашнє завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

Семінар доречно розпочати за методом «Розминка» (див. додаток 1).

Учитель пропонує розминку «Чарівна скринька», мета якої створення емоційного настрою учнів перед груповою роботою.

На дошці можна записати епіграфи до використання групової навчальної діяльності та девізи до роботи в групах. Наприклад «Один за всіх, всі — за одного!», «Ми — одна команда!», «Твій успіх йде на користь мені, а мій — на користь тобі, бо він у нас — спільний!», «Ми потонемо чи впливемо, але — разом», «Нам не обійтися без тебе!».

Членам кожної групи роздаються смужки кольорового паперу. Групі необхідно придумати свій девіз, який би спонукав учнів до діяльності в групі та записати його на смужку.

Потім ці смужки складаються в «чарівну скриньку» — красиво оформлену коробку, яка передається між учнями. Один з учасників кожної групи витягає папірець і читає девіз. У такий спосіб учні емоційно налаштовуються на роботу в групах.

II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему і мету семінару. Оголошує запитання, які будуть розглядатися в ході семінарського заняття та критерії, за якими оцінюватиметься робота кожної групи.

Критерії роботи групи:

- Науковість інформації.
- Доступність викладання інформації.
- Презентабельність (наявність ілюстрацій, схем або комп'ютерної презентації).
- Дотримання в регламенту (максимально 4 хв).
- Виступ всіх учасників групи або інший внеску кожного учасника в групову роботу.
- Участь групи на етапі підбиття підсумків семінару.

III. Закріплення учнями вивченого матеріалу

Презентація учнівських робіт

Теми презентацій:

- Рідкі кристали, їх фізичні властивості. Демонстрація залежності властивостей кристалів від температури.
- Класифікація рідких кристалів.
- Застосування рідких кристалів.
- Полімери та їх особливості.
- Класифікація полімерів.
- Застосування рідких полімерів.
- Створення матеріалів із наперед заданими технічними властивостями.

IV. Підбиття підсумків уроку

Підсумок семінарської роботи організовується за методом «Капелюшки, які думають» (див. додаток 3).

- 1) «Білий капелюшок» — «статистика, факти». Учні аналізують, до яких питань звернулися на семінарі, яку інформацію вони отримали.
- 2) «Жовтий капелюшок» — «позитив». Учні відзначають, що найбільше сподобалось у семінарі, презентація якої групи була найкращою і чому.
- 3) «Чорний капелюшок» — «негатив». Учні аналізують, що було важким у підготовці до семінару, з якими труднощами зіштовхнулися під час підготовки, що було складним у сприйманні інформації під час семінару.
- 4) «Синій капелюшок» — «життєвий урок». Учні відзначають, наскільки важливою була інформація, подана на семінарі,

з точки зору розвитку пізнання, розуміння внеску фізичної науки в життєдіяльність людини.

Учитель підбиває підсумок роботи семінару, оцінює діяльність учнів.

Основні принципи організації уроку-семінару:

- Клас наперед ділиться на групи за будь-яким принципом групування.
- Наперед оголошується тема, план і список літератури до семінару.

Основні правила уроку-семінару:

- Тема семінару визначається учителем, виходячи з її доречності.
- Учні мають бути наперед ознайомлені (за 3–4 уроки) з темою, планом та літературою майбутнього семінару.
- Обов'язкове вироблення регламенту (це дає змогу виступити на уроці якомога більшій кількості учнів класу і не дає їм бути пасивними).
- Учні мають бути проінформовані про форму подання результатів своєї роботи.

V. Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за темою «Молекулярна фізика і термодинаміка».
2. Підготуватися до контрольної роботи.

УРОК № 54/18

Тема. *Контрольна робота № 5 «Молекулярна фізика і термодинаміка»*

Мета: *оцінення знань і умінь учнів з даної теми, виявлення прогалини в знаннях учнів для подальшого їх усунення.*

Тип уроку: *контроль і корекція навчальних досягнень учнів.*

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар учителя, інструктаж щодо виконання контрольної роботи
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота учнів за посібником [2]
III. Домашнє завдання	2	Коментар, інструктаж учителя

УРОК № 55/1

Тема. Внутрішня енергія тіл. Два способи зміни внутрішньої енергії.

Мета: формування знань учнів про внутрішню енергію та способи її зміни, поняття теплопередачі та її видів, кількості теплоти.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Актуалізація опорних знань	3	Фронтальне опитування
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Пояснення, бесіда
IV. Мотивація навчальної діяльності	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу	20	Пояснення вчителя з елементами евристичної бесіди
VI. Закріплення нового матеріалу	10–11	Розв'язування задач
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Метод «Ключові слова» Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

У 8-му класі вже розглядалися поняття внутрішньої енергії та способи її зміни, зміна енергії при зміні агрегатного стану речовини, поняття теплових машин. Отже, ці знання і будуть

підґрунтям для вивчення теми «Термодинаміка», учні зможуть поглибити і систематизувати набуті знання.

Фронтальне опитування

1. З яких частинок складаються всі речовини? Як можна охарактеризувати їх рух?
2. Чому рух частинок називають тепловим? Як рух частинок речовини пов'язаний з температурою?
3. Що таке енергія? В яких одиницях вона вимірюється?
4. Що таке потенціальна енергія? кінетична енергія?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Термодинаміка. Термодинамічна система.
2. Внутрішня енергія. Способи її зміни.
3. Теплопередача, її види.
4. Кількість теплоти.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Як відомо, вивільнення, трансформація і використання внутрішньої енергії тіл — одна з найактуальніших проблем сучасної фізики.

Запитання до класу

1. Які види енергії використовуються в наш час для практичних потреб?
2. Чому вміння використовувати внутрішню енергію тіл є однією з найважливіших задач фізичної науки?

V. Сприймання й первинне осмислення нового матеріалу

1. Термодинаміка. Термодинамічна система

Термодинаміка, основоположником якої був французький вчений С. Карно, як наука сформувалася в першій половині XIX ст., її виникнення і розвиток були зумовлені створенням теплових двигунів. Сьогодні ж термодинаміка — самостійна наука, методи якої широко застосовуються не тільки в фізиці, а й в хімії, біології та інших природничих науках.

Термодинаміка — розділ фізики, який вивчає загальні властивості макроскопічних систем, які перебувають в стані термодинамічної рівноваги.

Вона вивчає найбільш загальні закономірності перетворення енергії, але не розглядає молекулярної будови речовини.

Термодинамічна система — це будь-яка система, яка складається з великої кількості частинок — атомів, молекул, йонів та електронів, які здійснюють тепловий хаотичний рух та під час взаємодії обмінюються між собою енергією.

Якщо тіла системи взаємодіють тільки між собою, то така система називається **ізолюваною (замкненою)**. Такими системами є гази, рідини і тверді тіла. Стан термодинамічної системи зумовлюється температурою, об'ємом, та зовнішнім тиском.

■ 2. Внутрішня енергія. Способи її зміни

Учитель пропонує учням пригадати, що називають внутрішньою енергією.

Внутрішня енергія макроскопічного тіла дорівнює сумі кінетичних енергій безладного руху всіх молекул (або атомів) та потенціальних енергій взаємодії молекул (або атомів) між собою.

Якщо йдеться про ідеальний газ, то для нього не розглядається взаємодія молекул між собою. Отже, **внутрішня енергія ідеального газу** дорівнює тільки сумі кінетичних енергій безладного руху всіх молекул (або атомів), з яких він складається.

Для ідеального газу внутрішня енергія визначається формулою

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT,$$

де U — внутрішня енергія, m — маса газу, i — число ступенів свободи молекул. Число ступенів свободи — це число незалежних величин, за допомогою яких може бути задано положення тіла або частинки. Для одноатомного газу $i=3$, двоатомного $i=5$, трьохатомного $i=6$ і т. д.

Способи зміни внутрішньої енергії: 1) теплопередача; 2) здійснення роботи над тілом чи самим тілом.

■ 3. Теплопередача, її види

Учитель пропонує учням пригадати, що називають теплопередачею, які види її існують?

Теплопередачею або теплообміном називається процес передачі енергії від одного тіла до іншого без здійснення роботи.

Способи теплопередачі: 1) теплопровідність, 2) конвекція, 3) випромінювання.

Теплопровідність — вид теплопередачі, під час якої передавання внутрішньої енергії від одних тіл до інших відбувається при їх безпосередньому контакті і зумовлена взаємодією атомів і молекул.

Конвекція — вид теплопередачі, при якій внутрішня енергія від одних тіл до інших передається рухомими струменями рідини чи газу.

Випромінювання — це передача тепла за допомогою електромагнітних хвиль (світлового потоку).

Завдання класу

1. Наведіть приклади передачі енергії способом теплопровідності.
2. Які тіла мають найбільшу теплопровідність? Чому?
3. Наведіть приклади передачі енергії способом конвекції.
4. Як утворюються конвекційні струмені? Як вони завжди напрямлені?
5. Наведіть приклади передачі енергії способом променевого теплообміну.
6. Які тіла — темні чи світлі — краще випромінюють тепло? Які краще поглинають?

4. Кількість теплоти

В процесі теплообміну одні тіла віддають, а інші отримують деяку кількість теплоти. Кількість теплоти позначається символом Q .

Кількість теплоти — це та частина внутрішньої енергії, яку тіло втрачає чи отримує при теплопередачі. Це скалярна величина. В СІ вимірюється в джоулях (Дж).

У ході теплообміну не відбувається перетворення енергії з однієї форми в іншу: частина внутрішньої енергії гарячого тіла передається холодному; теплообмін припиняється як тільки їхні температури зрівнюються.

Теплообмін у замкненій системі описується рівнянням теплового балансу:

$$Q_{\text{одерж}} = Q_{\text{від}},$$

де $Q_{\text{одерж}}$ — сумарна кількість теплоти, одержана тілом при теплообміні; $Q_{\text{від}}$ — сумарна кількість теплоти, віддана тілом при теплообміні.

VI. Закріплення нового матеріалу

Розв'язування задач (усно)

1. Як зміниться внутрішня енергія цеглини, якщо її занурити в гарячу воду? підняти з першого поверху на третій?
2. Якщо налити окріп в металеву кружку, то вона досить швидко стане гарячою. У який спосіб тепло від окропу переходить до стінок кружки?
3. Для чого труби теплових мереж обмотують мінеральною ватою?
4. В електрочайнику спіраль вмонтовано на дні. Чому не на бічній стінці або під кришкою?
5. У якому випадку вода у відрі швидше охолоне: якщо кинути в нього шматок льоду або поставити відро на лід?
6. Чому радіатори центрального опалення доцільно розташовувати під вікнами, а не над ними?
7. Сонце — це зоря, що дає землянам тепло для життя. Як Сонце передає тепло на Землю?
8. Чому для правильного вимірювання температури повітря, особливо влітку, термометр треба розташовувати в тіні?
9. Навіть у морозну погоду сніг може танути під сонячними променями. Який сніг танутиме швидше: чистий (за містом) чи забруднений (у місті)? Чому?
10. Які види теплообміну зведені до мінімуму в сучасних віконних системах?

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок, користуючись методом «Ключові слова» (див. додаток 4).

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником
2. Заповнити таблицю, користуючись підручником та довідниковою літературою.

Таблиця

Кількість теплоти, яку тіло отримує або втрачає при теплопередачі або внаслідок зміни агрегатного стану речовини

Кількість теплоти	Формула	Коментар
Отримана або втрачена тілом при нагріванні чи охолодженні		
Виділена при згорянні палива		

Кількість теплоти	Формула	Коментар
Поглинена при плавленні або виділена при кристалізації		
Поглинена при пароутворенні або виділена при конденсації		

Приклад виконання

Кількість теплоти	Формула	Коментар
Отримана чи втрачена тілом при нагріванні чи охолодженні	$Q = cm \cdot \Delta t$	c — питома теплоємність речовини, $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, c — таблична величина

Розв'язати задачу.

За якої температури внутрішня енергія 24 г гелію дорівнює 30 к Дж? (Гелій вважати одноатомним газом.)

УРОК № 56/2

Тема. Робота термодинамічного процесу. Перший закон термодинаміки.

Мета: формування знань про роботу ідеального газу, поняття адіабатного процесу; ознайомлення з першим законом термодинаміки та його застосуванням для різних ізопроцесів.

Тип уроку: комбінований.

Обладнання: скляна посудина із гумовою пробкою з трубкою, насос, повітряне кресало.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи і форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
I. Перевірка домашнього завдання	5	Фронтальне опитування. Вибіркова перевірка зошитів

Етапи уроку	Час, хв	Методи і форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
V. Застосування набутих знань	14	Самостійна робота
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Перевірка домашнього завдання

Фронтальне опитування

1. Що називається внутрішньою енергією?
2. Чим відрізняється внутрішня енергія термодинамічної системи від внутрішньої енергії ідеального газу?
3. Що таке кількість теплоти?

Завдання класу. Наведіть приклади явищ, пов'язаних з передачею тепла різними способами, які ми можемо спостерігати у побуті, наприклад на кухні.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Робота ідеального газу. Зміна внутрішньої енергії при виконанні роботи.
2. Поняття адіабатного процесу.
3. Перший закон термодинаміки. Застосування першого закону термодинаміки

IV. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. Робота ідеального газу. Зміна внутрішньої енергії при виконанні роботи

Завдання класу. Дайте означення роботи.

Термодинамічна робота здійснюється тілами в разі зміни їхнього об'єму. Оскільки тверді й рідкі тіла в ході нагрівання розширюються незначною мірою, то незначною є і здійснювана ними робота. Роботу в термодинаміці може здійснювати тільки газ, який під час нагрівання значно змінює свій об'єм.

Робота ідеального газу при ізобарному нагріванні газу є добутком тиску газу на зміну його об'єму:

$$A = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_1 - T_2).$$

Графічний зміст роботи газу: робота ідеального чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком залежності p від V , віссю V і ординатами початкового і кінцевого стану газу.

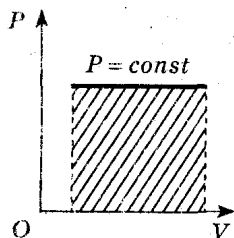


Рис. 1



Рис. 2

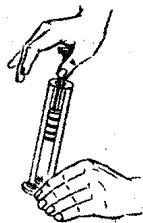


Рис. 3

Демонстрація 1. У товстостінну посудину накачують повітря. Через деякий час корок вилітає з посудини. Спостерігається утворення туману.

Запитання до класу

1. Під дією яких сил корок вилетів із посудини?
2. Про що свідчить утворення туману?
3. Який висновок можна зробити щодо зміни внутрішньої енергії газу, який міститься в посудині?

Демонстрація 2. «Повітряне кресало». На дно прозорого циліндра з поршнем кладуть шматочок вати і різко ударяють по штоку поршня. Вата у циліндрі спалахує і згорає.

Запитання до класу. Що призвело до спалахування вати? Який висновок можна зробити щодо зміни внутрішньої енергії газу, який знаходився в циліндрі?

Отже, робимо висновок: якщо газ сам виконує роботу, то його внутрішня енергія зменшується; якщо робота виконується над газом, то його внутрішня енергія збільшується.

Роботу, яку виконує система, вважають *доданою*, а роботу, яку виконують зовнішні сили над системою, — *від'ємною*.

2. Поняття адіабатного процесу

Запитання до класу. Які ізопроееси нам відомі? За яких сталих параметрах вони протікають?

Нехай газ міститься в посудині з теплоізовльованими стінками, через які тепло не проникає ні в посудину, ні в навколишнє середовище. За таких умов процес, який протікає в газі, називається адіабатним.

Адіабатним називається процес, який відбувається в термодинамічній системі без теплообміну з навколишнім середовищем.

На рис. 4 адіабата схожа на ізотеру, але має більш крутий вигин. Це пояснюється тим, що під час адіабатичного стиснення збільшення тиску газу зумовлено не тільки зменшенням його об'єму, а й підвищенням температури. При адіабатичному розширенні температура знижується, при стисненні — підвищується.

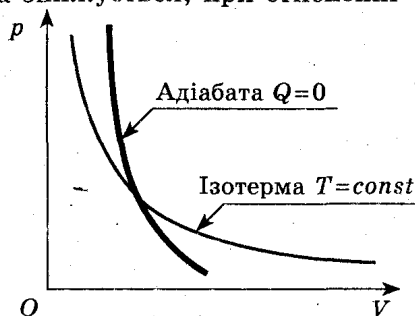


Рис. 4

3. Перший закон термодинаміки. Застосування першого закону термодинаміки

Завдяки дослідженням багатьох вчених, у першу чергу німецького лікаря Р. Майєра, англійського фізика Д. Джоуля й німецького фізика Г. Гельмгольца, було встановлено, що в ізовльованих системах, в яких відбуваються непружні деформації чи є в наявності тертя між частинами системи, зменшення механічної енергії завжди дорівнює збільшенню внутрішньої енергії системи, а повна енергія при цьому зберігається.

Закон збереження і перетворення енергії, поширений на теплові явища, називається **першим законом термодинаміки**.

Зміна внутрішньої енергії ΔU при переході її з одного стану в інший дорівнює сумі роботи зовнішніх сил A та кількості теплоти Q , переданої системі:

$$\Delta U = Q + A.$$

Якщо система сама виконує роботу над зовнішніми тілами, то перший закон термодинаміки можна сформулювати так: кількість теплоти Q , передана системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії ΔU і на здійснення системою роботи над зовнішніми силами A' :

$$Q = \Delta U + A'.$$

Застосування першого термодинаміки різних процесів у газі

Ізотермічний	Ізохорний	Ізобарний	Адіабатний
$T = \text{const},$ $m = \text{const}$	$V = \text{const},$ $m = \text{const}$	$p = \text{const},$ $m = \text{const}$	$Q = 0$
$\Delta T = 0$	$\Delta V = 0$	$\Delta p = 0$	$\Delta U + A' = 0$
$\Delta U = 0$	$A' = 0$	$Q = \Delta U + A'$	$\Delta U = -A'$
$Q = A'$	$Q = \Delta U$		$\Delta U = A$

V. Застосування набутих знань

Тест для самоперевірки

Позначте правильну, на вашу думку, відповідь.

- Укажіть одиницю внутрішньої енергії в СІ.
 А Вт
 Б Дж
 В Па
 Г моль
- Порівняйте внутрішню енергію реального (1) та ідеального (2) газів.
 А (1) завжди менша, ніж (2)
 Б (1) завжди більша, ніж (2)
 В (1) дорівнює (2)
 Г (1) може бути меншою, ніж (2), а може бути більшою
- У закритому поршнем циліндрі міститься ідеальний газ. Як зміниться внутрішня енергія газу, якщо стискати газ?
 А Зменшиться
 Б Збільшиться
 В Спочатку збільшиться, а потім зменшиться
 Г Не зміниться

4. Як змінюється внутрішня енергія ідеального газу під час ізобарного розширення?
А Зменшується
Б Не змінюється
В Спочатку збільшується, потім зменшується
Г Спочатку зменшується, потім збільшується
5. Укажіть процес, у якому газ не виконує роботу.
А Ізобарний
Б Ізохорний
В Ізотермічний
Г Адіабатний
6. Укажіть умову перебігу адіабатного процесу.
А Стала температура
Б Незмінний тиск
В Незмінний об'єм
Г Відсутність теплообміну з навколишнім середовищем
7. Укажіть процес, у якому робота зовнішніх сил дорівнює зміні внутрішньої енергії газу.
А Адіабатне стискання
Б Ізобарне нагрівання
В Ізотермічне розширення
Г Ізохорне нагрівання
8. Робота, виконана газом під час розширення, чисельно дорівнює площі під графіком залежності:
А об'єму від температури
Б тиску від об'єму
В тиску від температури
Г температури від об'єму
9. Газ одержав кількість теплоти 95 Дж і виконав роботу 35 Дж. На скільки змінилася внутрішня енергія газу?
А Збільшилася на 130 Дж
Б Збільшилася на 60 Дж
В Зменшилася на 130 Дж
Г Зменшилася на 60 Дж
10. Упродовж ізотермічного стискання зовнішні сили виконали над газом роботу 120 Дж. Яку кількість теплоти одержав або віддав газ?
А Віддав 120 Дж
Б Одержав 120 Дж
В Нуль
Г Віддав 60 Дж
11. Упродовж адіабатного розширення газ виконав роботу 20 Дж. Чи змінилася при цьому і на скільки внутрішня енергія газу?
А Не змінилася
Б Збільшилась на 10 Дж
В Зменшилася на 20 Дж
Г Збільшилась на 20 Дж
12. Яку кількість теплоти одержав або віддав газ, виконавши роботу 170 Дж, якщо його внутрішня енергія зменшилася на 90 Дж?
А Одержав 80 Дж
Б Одержав 260 Дж
В Віддав 80 Дж
Г Віддав 260 Дж

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Б	Б	Б	А	Б	Г	А	Б	Г	Б	В	Б

Перевірка тесту відбувається методом «Ланцюжок» (див. додаток 8), учень називає правильну відповідь і коментує її.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Газ, який займає об'єм 6,6 л, розширюється до об'єму 33 л за постійного тиску 515 кПа. Яка робота виконується газом?
 - 2) На рис. 5 зображено ізобару в координатах p . Визначити роботу, виконану газом.

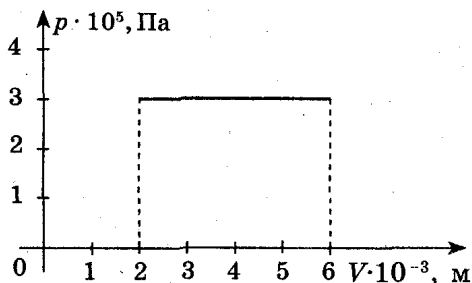


Рис. 5

УРОК № 57/3

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про внутрішню енергію та способи її зміни, перший закон термодинаміки та застосування його до ізпроцесів; продовження формування навичок і вмінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	10	Фізичний диктант
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Пояснення, бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Фізичний диктант

(Учитель читає речення, учні записують тільки його закінчення.)

Закінчіть речення так, щоб одержати правильне твердження.

1. Якщо тіла системи не взаємодіють тільки між собою, то така система називається ... (ізолюваною, або замкненою).
2. Процес передачі енергії від одного тіла до іншого без здійснення роботи називається ... (теплопередачею)
3. Існують три способи теплопередачі: ... (теплопровідність, конвекція, випромінювання)
4. Кількість теплоти, яке необхідно для нагрівання певної маси речовини, обчислюється за формулою ... ($Q = cm\Delta t$)
5. Кількість теплоти, яка виділяється при згорянні палива, обчислюється за формулою ... ($Q = q \cdot m$)
6. Кількість теплоти, яка необхідна для плавлення речовини певної маси, обчислюється за формулою ... ($Q = \lambda \cdot m$)
7. Кількість теплоти, яка необхідна для пароутворення речовини певної маси, обчислюється за формулою ... ($Q = Lm$)
8. Процес, який протікає в термодинамічній системі без теплообміну з навколишнім середовищем ... (адіабатним)

9. Математичний запис першого закону термодинаміки ...
($\Delta U = Q + A$)

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему й мету уроку, звертає увагу на типи задач, які будуть розв'язані на уроці.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

- Газ міститься у вертикальному циліндрі, герметично закритому зверху поршнем. Циліндр поміщають у термостат з високою температурою. Чи однакову кількість теплоти отримує газ, якщо поршень закріплений і легко переміщується?
(Більшу кількість теплоти газ отримує, якщо поршень легко переміщується. Якщо поршень закріплений, маємо ізохорне нагрівання, якщо легко переміщується, — ізобарне. Оскільки зміна температури в обох випадках однакова, однакова і зміна внутрішньої енергії ΔU . Згідно з першим законом термодинаміки при ізохорному процесі $Q_1 = \Delta U$, а при ізобарному $Q_2 = \Delta U + A'$, де A' — робота, яку виконує газ при ізобарному розширенні. Оскільки $A' > 0$, то $Q_2 > Q_1$.)
- Газ можна перевести зі стану A у стан B двома способами (рис. 1, а). У якому з випадків виконується більша робота?
(Робота газу чисельно дорівнює площі фігури, обмеженої графіком залежності p від V , віссю V і ординатами початкового і кінцевого стану газу. Виходячи з цього у випадку A виконується більша робота (рис. 1, б).

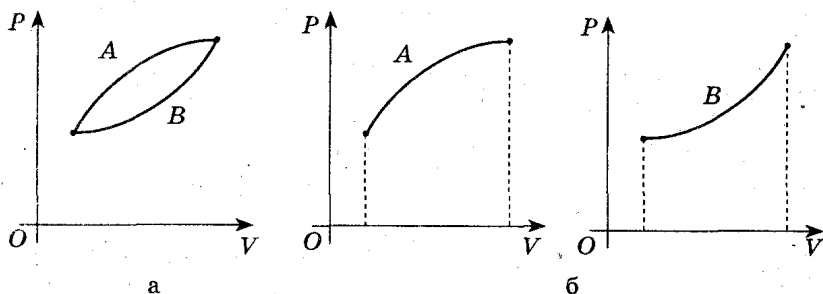


Рис. 1

Розв'язування задач (письмово)

- Яку масу спирту потрібно спалити, щоб нагріти 2 кг води від 14 до 50°C, якщо вся теплота, що виділяється внаслідок згорання спирту, піде на нагрівання води?

Дано:

$$m_a = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 14^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 50^\circ\text{C}$$

З таблиці:

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$q = 27 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_c = ?$$

Розв'язання

$$Q_b = Q_c, m_a \cdot c(t_2 - t_1) = m_c q, m_c = \frac{m_a c(t_2 - t_1)}{q}$$

$$[m_c] = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Дж}} = \text{кг}$$

$$m_c = \frac{2 \cdot 4200 \cdot (50 - 14)}{27 \cdot 10^6} = 0,0112 \text{ (кг)}$$

Відповідь: $m_c = 11,2 \text{ г}$.

2. Яка кількість теплоти необхідна для того, щоб перетворити у водяну пару лід масою 2 кг, взятий при 0°C ?

Дано:

$$m_a = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

З таблиці:

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 34 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$L = 20 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = ?$$

Розв'язання

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$, $Q_1 = \lambda \cdot m$ — кількість теплоти, необхідна для плавлення льоду.

$Q_2 m \cdot c(t_2 - t_1)$ — кількість теплоти, необхідна для нагрівання води від 0°C до 100°C .

$Q_3 = L \cdot m$ — кількість теплоти, необхідна для пароутворення.

$$Q = \lambda \cdot m + m \cdot c(t_2 - t_1) + L \cdot m = m(\lambda + c(t_2 - t_1) + L),$$

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{Дж} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) = \text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = \text{Дж},$$

$$Q = 2 \cdot (34 \cdot 10^4 + 4200 \cdot (100 - 0) + 20 \cdot 10^6) = 2152 \cdot 10^4 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $Q = 21\,520 \text{ кДж}$.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.

- 1) Яка маса льоду, взятого при температурі 0°C , розплавиться, якщо йому передати кількість теплоти, яка виділиться під час конденсації 8 кг водяної пари при 100°C і нормальному тиску?
 - 2) Записати перший закон термодинаміки для кожного випадку:
 - а) у холодну воду в калориметрі занурюють нагріте тіло;
 - б) молоток нагрівається внаслідок удару об колоду;
 - в) вода в чайнику нагрівається на газовій плиті;
 - г) газ у посудині ізобарно охолоджується.
 - 3) Газ, який займає об'єм 460 л за температури 280 К, нагріли до 295 К. Знайти роботу, виконану газом, якщо тиск не змінювався і дорівнював 999 кПа.
3. Виконати творче завдання.

Підготувати повідомлення за однією з тем: «З історії створення теплових двигунів», «Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів» (3 хв). Бажано, щоб повідомлення супроводжувалось ілюстративними рисунками, фото, комп'ютерною презентацією або слайд-шоу.

УРОК № 58/4

Тема. Теплові машини. Холодильні машини.

Мета: формування знань про теплові і холодильні машини та їхню будову, про фізичні процеси, що описують їх роботу, основні види.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: моделі різних видів теплових двигунів: двигуна внутрішнього згоряння, парової турбіни, реактивного двигуна; тіло на пружині, металева кулька, посудина з легким поршнем, наповнена газом, склянка з гарячою водою, металева ложка.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
I. Актуалізація опорних знань	5	Фронтальне опитування. Вибіркова перевірка домашнього завдання

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
IV. Мотивація навчальної діяльності	3	Метод «Прес»
V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення	20	Пояснення з елементами евристичної бесіди
VI. Застосування набутих знань	11	Фронтальне опитування
VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Пояснення і інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Оскільки у 8-му класі учні вивчали тему «Теплові двигуни» і мають певні знання про теплову машину, види теплових машин, ККД теплового двигуна, учитель демонструє учням моделі різних видів двигунів і ставить низку запитань.

Фронтальне опитування

1. Що називається тепловою машиною?
2. Які види теплових двигунів нам відомі? Моделі яких двигунів продемонстровано?
3. Для чого вводиться ККД теплового двигуна? Як обчислити ККД?
4. Як обчислити роботу ідеального газу?
5. Сформулювати перший закон термодинаміки, навести його математичний запис.

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. З історії створення теплових двигунів.
2. Теплові машини. Теплові двигуни. Цикл Карно.
3. Холодильні машини.
4. Поняття оборотних і необоротних теплових процесів.
5. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів.

IV. Мотивація навчальної діяльності

Запитання до класу. Чому є важливим вивчення теплових і холодильних машин? Обґрунтуйте відповідь, використовуючи попередньо набуті знання з фізики, власний життєвий досвід.

Учитель рекомендує учням дати структуровану відповідь, використовуючи опорні слова за методом «Прес» (див. додаток 5).

V. Вивчення нового матеріалу, його сприймання й осмислення

1. З історії створення теплових двигунів

Учень робить повідомлення про історію створення теплових двигунів, під час якої учні класу роблять нотатки в зошити.

2. Теплові машини. Теплові двигуни. Цикл Карно

Тепловий двигун — машина, що перетворює внутрішню енергію палива в механічну енергію.

Зазначене перетворення відбувається в два етапи:

- 1) під час згоряння палива хімічна енергія перетворюється на кінетичну енергію хаотичного руху молекул, при цьому нагрівається деяка маса газу;
- 2) газ розширюється, виконуючи роботу, при цьому він охолоджується, тобто кінетична енергія молекул перетворюється на механічну енергію.

Тепловий двигун має працювати циклічно. Після того як газ, виконавши роботу, розширився, його необхідно стиснути до попереднього об'єму, щоб він міг виконати роботу в наступному циклі.

Тепловий двигун складається з трьох основних частин (рис. 1): нагрівача (T_1) — джерело внутрішньої енергії; робочого тіла (газ чи пара), що виконує механічну роботу за рахунок внутрішньої енергії, отриманої від нагрівача; холодильника ($T_2 < T_1$), що забезпечує природний процес передачі тепла від більш нагрітого тіла до менш нагрітого (холодильником може бути навколишнє середовище).

Ефективність теплового двигуна тим вища, чим більш корисну роботу A він отримує за тієї ж самої кількості теплоти Q , отримані від нагрівача.

Коефіцієнтом корисної дії теплового двигуна називають відношення корисної роботи, виконаної двигуном, до кількості теплоти, отриманої від нагрівача:

$$\eta = \frac{A_k}{Q} \cdot 100 \%.$$

Оскільки $A_k = Q_1 - Q_2$, то $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100 \% ,$

де Q_1 — кількість теплоти, отримана від нагрівача; Q_2 — кількість теплоти, передана холодильнику.

Виходячи з цього, коефіцієнт корисної дії завжди менший за 100 %, отже, перетворити на механічну роботу можна лише частину кількості теплоти, отриману від нагрівача.

Від чого залежить ККД теплового двигуна, який може мати максимальний ККД, дослідив французький вчений С. Карно. Він довів, що максимальний ККД має так звана «ідеальна машина», під час роботи якої немає контакту тіл із різною температурою. Під час роботи такої машини виконується цикл Карно (рис. 2), у якому робоче тіло отримує від нагрівача деяку кількість теплоти за температури, що дорівнює температурі нагрівача; адіабатно розширюється, охолоджуючись до температури холодильника; віддає холодильникові деяку кількість теплоти за температури, що дорівнює температурі холодильника; адіабатно стискається, нагріваючись до температури нагрівача.

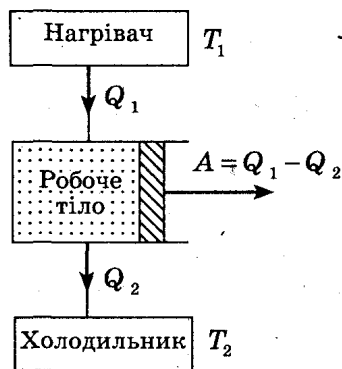


Рис. 1

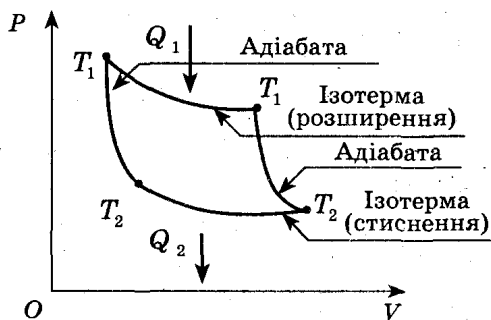


Рис. 2

Карно довів, що максимально можливий ККД дорівнює:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 \% = \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \cdot 100 \% .$$

ККД сучасних теплових двигунів становить 40–50 %.

Назвемо деякі види теплових машин: парова і газова турбіна; парові машини; поршневі двигуни внутрішнього згоряння (карбюраторні (бензинові) і дизельні); безпоршневі двигуни внутрішнього згоряння (реактивні двигуни).

3. Холодильні машини

Холодильна машина — це машина, яка підтримує в холодильній камері температуру нижчу, ніж у навколишньому середовищі.

Ознайомимось з такими видами холодильних машин, як холодильник, кондиціонер, тепловий насос.

Холодильник (рис. 3) передає тепло від холоднішого тіла (наприклад, холодних продуктів) до теплішого тіла (повітря у приміщенні). Щоб здійснити потік тепла в зворотному напрямку (від холодного тіла до теплого), доводиться стискати газ за високої температури, а за низької температури він розширюється. Стискає газ в холодильній машині компресор, який споживає енергію з електромережі.

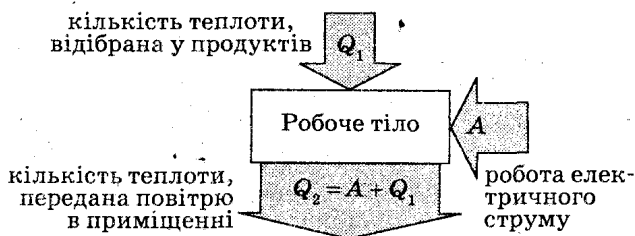


Рис. 3

Холодильний коефіцієнт k становить:

$$k = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1},$$

де Q_1 — кількість теплоти, яку передає робоче тіло при стисканні в оточуюче середовище; Q_2 — кількість теплоти, яку воно забирає у холодильної камери.

Розглянемо принцип роботи кондиціонера (рис. 4). Якщо відчинену холодильну камеру холодильника залишити всередині кімнати, а гарячі трубки теплообмінника винести назовні, то холодильна камера відбиратиме тепло в повітрі кімнати, а гарячі трубки теплообмінника віддаватимуть тепло зовнішньому повітрю, яке нагріватиметься.

Прилад з таким самим принципом дії, як і у холодильника, можна використовувати не тільки для охолодження, а й для обі-

гріву приміщення. Для цього необхідно «розвести у просторі» холодильну камеру та гарячі трубки теплообмінника, але трубки залишити у кімнаті, а камеру винести назовні. Холодильна камера тепер відбиратиме тепло у навколишнього повітря, а трубки теплообмінника передаватимуть тепло повітрю в приміщенні. Це і є тепловий насос. Сучасні побутові кондиціонери конструюють так, що вони можуть працювати і як кондиціонери, і як теплові насоси, залежно від пори року.

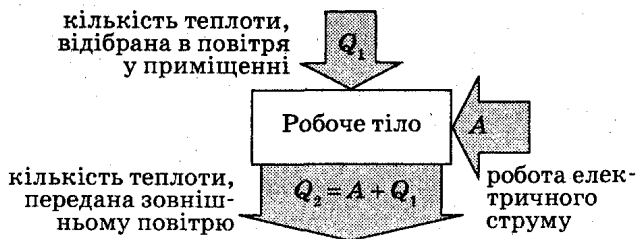


Рис. 4

4. Поняття оборотних і необоротних теплових процесів

Серед явищ, які відбуваються навколо нас, є такі, що можуть проходити однаково в прямому і «зворотному» напрямі в часі. Такі явища називаються **оборотними**.

Явища, які можуть протікати лише в одному напрямку, називаються **необоротними**.

Демонстрація 1. 1) Коливання вантажу на пружині. 2) Уповільнений рух кульки по поверхні стола.

Запитання до класу. Яке з продемонстрованих явищ є оборотним? необоротним? Чому?

Демонстрація 2. 1) У посудину з газом вставлено легкий поршень. Якщо відпустити поршень, він почне коливатися. 2) У посудину з гарячою водою занурити металеву ложку. Вона почне нагріватися.

Запитання до класу. Яке з продемонстрованих явищ є оборотним? необоротним? Чому?

Реальні процеси, які відбуваються в природі, є необоротними, оскільки тертя чи теплопередача певною мірою наявні в будь-якому процесі.

Твердження про необоротність теплових процесів у природі дістало назву другого закону термодинаміки. Є різні формулювання цього закону.

Однім з таких формулювань є формулювання Клаузіуса:
*неможливий процес, єдиним результатом якого є передача
тепла від тіл, менш нагрітих, тілам, більше нагрітим.*

■ 5. Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів

Учитель робить повідомлення «Екологічні проблеми, пов'язані з використанням теплових двигунів», у процесі доповіді учні роблять нотатки в зошити.

VI. Застосування набутих знань

Фронтальне опитування

1. Які перетворення відбуваються під час роботи теплового двигуна?
2. Назвіть основні елементи теплового двигуна.
3. Яку функцію виконують нагрівач і холодильник під час роботи теплового двигуна?
4. Що таке ККД теплового двигуна? Чи може він становити 100 %?
5. Чи дорівнюватиме ККД теплового двигуна 100 %, якщо зникне тертя між частинами машини?
6. Чи відрізняється робота побутового холодильника від теплового двигуна? Що в них спільного?
7. Що означає необоротність процесів у часі?
8. У яких випадках процеси та явища можна вважати практично оборотними?

VII. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів

Домашнє завдання

1. Вивчити теоретичний матеріал за конспектом.
2. Виконати творче завдання.
 - 1) Написати аргументоване есе на тему «Теплові двигуни — наш друг чи ворог?» (див. додаток 11).
 - 2) Скласти сенкан на тему «Тепловий двигун» (див. додаток 10).

УРОК № 59/5

Тема. Розв'язування задач.

Мета: систематизація знань про теплові та холодильні машини, фізичні процеси, що описують їх роботу; продовження формування навичок і вмінь учнів розв'язувати типові фізичні задачі, застосовуючи набуті знання.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Актуалізація опорних знань	10	Самостійна робота. Метод «Ланцюжок»
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку	3	Пояснення вчителя, бесіда
IV. Застосування набутих знань	25	Розв'язування задач з коментарем біля дошки, запис в учнівські зошити
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення і інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань

Учитель збирає на перевірку есе учнів.

Самостійна робота

Визначте правильну, на вашу думку, відповідь.

1. Робочим тілом у теплових двигунах є:

- А охолоджене повітря В нагріте повітря
Б охолоджена пара Г нагріта пара або газ

2. Виберіть спроб збільшення ККД ідеального теплового двигуна.

- А Збільшити температуру охолоджувача
Б Зменшити температуру нагрівача
В Збільшити температуру нагрівача і зменшити температуру охолоджувача
Г Зменшити температуру охолоджувача

3. Вкажіть процеси, з яких складається цикл Карно:
А дві ізобари, дві ізохори В дві ізохори, дві ізотерми
Б дві ізобари, дві ізотерми Г дві ізотерми, дві адіабати
4. Теплова машина одержала від нагрівника кількість тепло-
ти 600 кДж, а передала охолоджувачу 480 кДж. ККД тепло-
вої машини становить:
А 20 % Б 18 % В 16 % Г 14 %
5. Визначте ККД теплової машини, якщо температура нагрівни-
ка 400 К, а температура охолоджувача 280 К:
А 43 % Б 39 % В 34 % Г 30 %
6. Чи може ККД теплового двигуна становити 100 % і за яких умов?
А Може, якщо тертя в деталях звести до нуля
Б Не може, оскільки неможливо досягти абсолютного нуля
температур
В Може, якщо процес адіабатний
Г Не може, оскільки це б суперечило законам термодинаміки
7. Які види теплових машин дозволяють передавати тепло від
менш нагрітого тіла до більш нагрітого?
А Парові машини
Б Двигуни внутрішнього згоряння
В Холодильні машини
Г Газові та парові турбіни
8. Укажіть принципову відмінність в роботі холодильної маши-
ни і теплового двигуна.
А Робота виконується не робочим тілом холодильної маши-
ни, а над ним
Б Температура нагрівника холодильної машини нижча, ніж
нагрівника теплового двигуна
В Температура нагрівника холодильної машини вища, ніж
у теплового двигуна
Г ККД холодильної машини більший, ніж теплового двигуна
9. Оборотний процес — це процес, який у зворотному напрямку
відбувається:
А лише як частина іншого (складнішого) процесу
Б без теплообміну з навколишнім середовищем
В дуже швидко
Г дуже повільно

Тест перевіряється методом «Ланцюжок» (див. додаток 8).
Учні коментують вибраний варіант відповіді.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Г	В	Г	А	Г	Б	В	А	А

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему, мету уроку, звертає увагу на типи задач, які будуть розв'язані на уроці.

IV. Застосування набутих знань

Розв'язування задач (усно)

1. Як зміниться температура повітря у кімнаті, якщо відчинити дверцята холодильника, який працює?

(Тепло, яке віддають тіла, що знаходяться всередині холодильної камери, передається повітрю в кімнаті. Енергія, яку споживає холодильник із мережі, також перетворюється у внутрішню. Відкритий холодильник буде працювати, не вимикаючись, кількість спожитої електроенергії зросте. Внаслідок цього середня температура в кімнаті підвищиться, однак в різних місцях кімнати буде різною — біля розкритої дверці нижча, ніж біля його задньої стінки, де розташовано теплообмінник і відбувається виділення тепла).

Розв'язування задач (письмово)

1. ККД двигуна внутрішнього згоряння становить 28 % при температурі згоряння 927°C , температура відхідних газів 447°C . На скільки ККД двигуна менший від ККД ідеальної машини?

Дано:	Сі	Розв'язання
$t_1 = 927^{\circ}\text{C}$	$T_1 = 1200 \text{ К}$	$\eta_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 \%$,
$t_2 = 447^{\circ}\text{C}$	$T_2 = 720 \text{ К}$	$\Delta\eta = \eta_1 - \eta$,
$\eta = 28 \%$	$\eta = 28 \%$	$\eta_1 = \frac{1200 - 720}{1200} \cdot 100 \% = 40 \%$,
$\Delta\eta = ?$		$\Delta\eta = 40 \% - 28 \% = 12 \%$.

Відповідь: $\Delta\eta = 12 \%$.

2. Яку середню потужність розвиває двигун внутрішнього згоряння мотоцикла, якщо при швидкості 108 км/год витрачається 3,7 л бензину на 100 км шляху, а ККД установки двигуна 25 % ? Густина бензину 700 кг/м^3 .

Дано:	СИ	Розв'язання
$v = 108 \text{ км/год}$	$v = 30 \text{ м/с}$	$\eta = \frac{A}{Q}, A = N \cdot t, t = \frac{s}{v}, Q = mq,$
$V = 3,7 \text{ л}$	$V = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$m = V \cdot \rho. \text{ Отже, } \eta = \frac{N \cdot s}{V \cdot \rho \cdot q \cdot v},$
$S = 100 \text{ км}$	$S = 10^5 \text{ м}$	$N = \frac{\eta \cdot V \cdot \rho \cdot q \cdot v}{s},$
$\eta = 25 \%$	$\eta = 0,25$	$[N] = \frac{\text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт},$
3 таблиці:		$N = \frac{0,25 \cdot 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \cdot 46 \cdot 10^6}{10^5} =$
$\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		$= 8900 \text{ (Вт)}.$
$q = 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$		
$N = ?$		

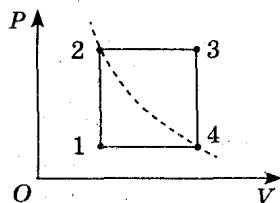
Відповідь: $N = 8900 \text{ Вт}.$

3. Один моль ідеального газу виконує замкнений процес, який складається з двох ізохор і двох ізобар. Температура у точці 1 дорівнює T_1 , а у точці 3 — T_3 . Визначте роботу, виконану газом за цикл, якщо точки 2 і 4 лежать на одній ізотермі.

Розв'язання

Робота газу дорівнює площі прямокутника 1—2—3—4 (див. рисунок):

$$A = (p_2 - p_1) \cdot (V_4 - V_1), \quad A = p_2 V_4 - p_2 - p_1 V_4 - p_1 V_4. \quad (1)$$



Записуємо рівняння Менделєєва—Клапейрона для кожного стану газу (для 1 моля газу):

$$p_1 V_1 = R \cdot T_1, \quad p_2 V_2 = R \cdot T_2, \quad p_3 V_3 = R \cdot T_3, \quad p_4 V_4 = R \cdot T_4.$$

Враховуючи, що $p_1 = p_4$, $p_2 = p_3$, $V_1 = V_2$, $V_3 = V_4$, $T_2 = T_4 = T$.

Звідси $p_2 V_4 = p_3 V_3 = R \cdot T_3$, $p_2 V_1 = p_2 V_2 = R \cdot T_2 = R \cdot T_1$,

$$p_2 V_4 = p_4 V_4 = R \cdot T_4 = R \cdot T_1, \quad p_1 V_1 = R \cdot T_1.$$

Підставляючи ці формули у (1), маємо:

$$A = R \cdot T_3 - R \cdot T - R \cdot T + R \cdot T_1 = R \cdot (T_3 - 2T + T_1).$$

З ізохорного процесу випливає, що:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{T}{T_1}, \quad \frac{p_3}{p_4} = \frac{T_3}{T}, \quad \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_4} \Rightarrow \frac{T}{T_1} = \frac{T_3}{T} \Rightarrow T^2 = T_1 T_3 \Rightarrow T = \sqrt{T_1 T_3},$$

$$A = R(T_3 - 2\sqrt{T_3 T_1} + T_1), \quad A = R(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2.$$

Відповідь: $A = R(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2.$

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку, оцінює діяльність учнів.

Домашнє завдання

1. Повторити теоретичний матеріал за підручником.
2. Розв'язати задачі.
 - 1) Яка маса льоду, взятого при температурі 0°C , розплавиться, якщо йому передати таку кількість теплоти, що під час конденсації виділиться 8 кг водяної пари при 100°C і нормальному тиску?
 - 2) Записати перший закон термодинаміки для кожного випадку:
 - а) в холодну воду в калориметрі опускають нагріте тіло;
 - б) молоток нагрівається внаслідок удару об колоду;
 - в) вода в чайнику нагрівається на газовій плиті;
 - г) газ у посудині ізобарно охолоджується.
 - 3) Газ, який займає об'єм 460 л за температури 280 К, нагріли до 295 К. Знайти роботу, виконану газом, якщо тиск не змінювався і дорівнював 999 кПа.

УРОК № 60/6

Тема. Контрольна робота № 6 «Основи термодинаміки».

Мета: оцінка знань й умінь учнів із даної теми, виявлення прогалин в знаннях учнів для подальшого їх усунення.

Тип уроку: контроль і корекція навчальних досягнень учнів.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	3	Коментар учителя, інструктаж щодо виконання контрольної роботи
II. Виконання контрольної роботи	40	Самостійна робота за посібником [3]
III. Домашнє завдання	2	Коментар, інструктаж учителя

Організація лабораторного практикуму

У час бурхливого розвитку науково-технічного прогресу, технологій й переходу до нового змісту освіти зростає роль експериментаторської діяльності учнів у навчанні фізики в школі. Фізичний практикум сприяє глибшому й усебічному засвоєнню учнями програмного матеріалу, допомагає їм ознайомитися з принципами вимірювання фізичних величин, оволодіти способами і технікою вимірювань та методами аналізування похибок.

Мета фізичного практикуму — спостереження за явищами, самостійне відтворення їх на дослідах і дослідження під час проведення робіт практикуму; глибоке і більш свідоме засвоєння програмового матеріалу, набуття навичок користування фізичними приладами та установками, вимірювання фізичних величин та опрацювання результатів вимірювань.

Організація учителем лабораторного практикуму

1. Учитель заздалегідь перевіряє всі комплекти приладів, які будуть використовуватися під час лабораторного практикуму, в разі потреби лагодить їх, здійснює дрібний ремонт.
2. Учитель проводить групування учнів класу. У зв'язку з тим, що лабораторний практикум у 10-му класі складається із п'яти робіт, учні об'єднуються у п'ять груп, склад яких не змінюється протягом усього терміну практикуму.

Групування можна провести в такий спосіб:

- 1) на основі розміщення учнів у класній кімнаті, яке існує на даному уроці, тобто об'єднуються учні, які сидять за сусідніми партами (цей спосіб має формальну основу);
 - 2) учні самостійно об'єднуються в групи (найбільш природний спосіб самоорганізації);
 - 3) учителем обираються за певними критеріями лідери груп, які потім самі набирають членів групи.
3. Учитель складає графік проведення робіт лабораторного практикуму, до кожної роботи наводить теоретичний матеріал, який необхідно повторити. Графік вивіщується в кабінеті фізики.
 4. Перед початком проведення лабораторного практикуму проводиться вступне заняття (можна використати резервний час або частину уроку перед першою роботою лабораторного практикуму).

На вступному занятті учитель має:

- 1) провести інструктаж із техніки безпеки під час виконання робіт лабораторного практикуму;

- 2) повторити з учнями способи вимірювання фізичних величин та оцінки похибок вимірювання (див. урок № 2/2);
 - 3) ознайомити учнів з новими засобами й пристроями для вимірювання, потрібними для виконання практикуму, повторити принципи дії тих, які давно не використовувались;
 - 4) оголосити порядок виконання робіт лабораторного практикуму;
 - 5) наголосити, що у виконанні робіт лабораторного практикуму мають брати участь усі учасники групи, змінюючи протягом роботи свої функції;
 - 6) оголосити критерії оцінювання робіт лабораторного практикуму.
5. Кожна робота починається з заліку за теоретичними питаннями. Учні кожної групи отримують картки з запропонованими питаннями, протягом 5 хв відповідають письмово на окремих аркушах, після чого учитель збирає аркуші. Відповіді на питання ураховуються під час виставлення балу за відпрацьований практикum.
6. Роль учителя у проведенні лабораторного заняття зводиться в основному до спостереження за роботою кожної групи, надання в разі потреби вказівок щодо користування приладами. Учитель також корегує хід роботи, радить, як раціональніше використати час, дає вказівки щодо опрацювання результатів експерименту, а також з'ясовує, як учні підготовлені до роботи, наскільки активно працюють, оцінює їх уміння і навички вимірювати фізичні величини.
7. Після заняття учитель перевіряє результати вимірювань, схеми і рисунки, опрацювання результатів експерименту, висновки.

Порядок підготовки і виконання робіт лабораторного практикуму учнями

1. До початку лабораторно практикуму слід провести групування. Кожний учень має чітко знати, до складу якої групи він входить. Склад груп не змінюється протягом всього практикуму.
2. Учні ознайомлюються з графіком проведення робіт практикуму; з'ясовують теоретичний матеріал, який слід повторити до певної роботи.
3. До початкової підготовки до роботи учні приступають удома, користуючись описом роботи, наведеним в посібнику.

Учні уважно читають опис роботи, з'ясовують її суть і поставлене завдання. Повторюють теоретичний матеріал, запропонований учителем. Опрацьовують теоретичні відомості, наведені

в роботі, опрацьовуючи при цьому всі математичні викладки. Ознайомлюються з експериментальною частиною опису роботи, усвідомлюють метод її проведення, послідовність операцій, читають поради і зауваження, з'ясовують, які вимірювання доведеться виконувати з найбільшою точністю, звертають увагу на вказівки щодо опрацювання результатів.

4. Перед початком роботи учні розподіляють функції в групі:

1-й учень — спікер; читає і пояснює при необхідності інструктаж щодо виконання роботи.

2-й учень — дослідник; виконує експеримент (працює з обладнанням).

3-й учень — секретар; веде протокол досліду (записує всі отримані результати).

4-й учень — аналітик; обчислює шукані величини, аналізує їх імовірність, обчислює похибки.

5-й і 6-й учні — генератори ідей; помічники; надають допомогу учням, які виконують інші функції.

У виконанні роботи мають брати участь усі члени групи, змінювати протягом заняття свої функції.

5. Перед роботою учні перевіряють наявність обладнання.

6. Усі результати спостережень, вимірювань учні акуратно записують у відповідні графі таблиць у зошиті для лабораторних робіт.

7. Усі обчислення учні роблять у зошитах для лабораторних робіт.

УРОК № 61/1

Тема. Дослідження руху тіла під дією сили тяжіння.

Мета: закріплення в учнів знань про рух тіла під дією сили тяжіння та удосконалення набутих знань шляхом проведення дослідів з дослідження характеристик даного руху.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Залік	5–6	Самостійна письмова робота

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД	2	Пояснення учителя, інструктаж
IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групі
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	25	
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Залік

Завдання класу

1. Охарактеризуйте силу тяжіння як фізичну величину за планом характеристики фізичної величини.
2. Чи однаковим є час падіння вільно падаючого тіла і тіла, кинутого горизонтально з тієї самої висоти?
3. Що називається абсолютною похибкою вимірювань?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД

Учитель оголошує, яка група учнів виконуватиме певну роботу практикуму згідно зі складеним графіком, інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій

Спираючись на індивідуальну підготовку до роботи, здійснену вдома за наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи, члени групи колективно визначають мету роботи, з'ясовують, яке необхідно обладнання, його призначення, вивчають хід роботи та способи обчислення похибок вимірювання.

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Як вплине на результат робота кожного члена групи?
4. Що в роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя

Учні самостійно виконують роботу за наведеним у посібнику [2] алгоритмом, учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

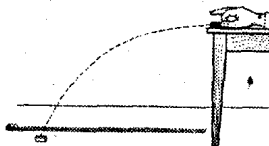
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання роботи практикуму.
2. Виконати експериментальне завдання.

Покласти гумку на край столу и надати їй поштовхом пальця деяку швидкість у горизонтальному напрямі (див. рисунок). Помітити місце падіння гумки. Скласти алгоритм виконання досліду. Провести необхідні вимірювання і визначити модуль початкової швидкості гумки.



УРОК № 62/2

Тема. Дослідження механічного руху з урахуванням закону збереження енергії.

Мета: закріплення в учнів знань про рух тіла з урахуванням закону збереження енергії та удосконалення засвоєних знань шляхом проведення досліду з дослідження характеристик даного руху.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Залік	5–6	Самостійна письмова робота учнів

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД	2	Пояснення учителя, інструктаж
IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групі
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	25	
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Залік

Запитання до класу

1. Сформулюйте закон збереження механічної енергії.
2. За якої умови механічна енергія зберігається?
3. Що називається відносною похибкою вимірювань? Як її обчислити?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД

Учитель оголошує, яка група учнів виконуватиме певну роботу практикуму згідно зі складеним графіком, інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій

Спираючись на індивідуальну підготовку, здійснену вдома за наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи, члени групи колективно визначають мету роботи, з'ясовують, яке необхідно обладнання, його призначення, вивчають хід роботи, способи обчислення похибок вимірювання.

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Як вплине на досягнення результату робота кожного члена групи?
4. Що в цій роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя

Учні самостійно виконують роботу за наведеним у посібнику [2] алгоритмом, учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

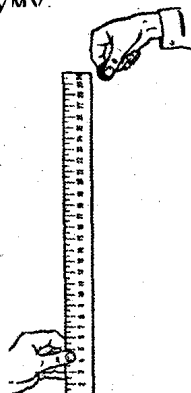
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання роботи практикуму.
2. Виконати експериментальне завдання.

Виміряти масу кульки (див. рисунок) або іншого тіла у будь-який спосіб. Поставити лінійку на стіл вертикально і відпустити кульку з певної висоти. Обчислити модуль швидкості кульки в момент її падіння на стіл; максимальну кінетичну і потенціальну енергію; роботу сили тяжіння відносно стола під час падіння кульки. Порівняти роботу зі зміною кінетичної енергії кульки. Зробити висновки.



УРОК № 63/3

Тема. Вивчення одного з ізопроесів.

Мета: закріплення в учнів знань про рух тіла з урахуванням закону збереження енергії і удосконалення засвоєних знань шляхом проведення учнями досліду з дослідження характеристик даного руху.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
II. Залік	5–6	Самостійна письмова робота
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД	2	Пояснення учителя, інструктаж
IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групі
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	25	
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Залік

Запитання до класу

1. Який процес називають ізотермічним? Який закон його описує?
2. Як класифікуються похибки?
3. Які похибки називаються систематичними?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД

Учитель оголошує, яка група учнів виконуватиме певну роботу практикуму згідно зі складеним графіком, інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій

Спираючись на індивідуальну підготовку, здійснену вдома за наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи, члени групи колективно визначають мету роботи, з'ясовують, яке необхідно обладнання, його призначення, вивчають хід роботи, способи обчислення похибок вимірювання.

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Як вплине на результат робота кожного члена групи?
4. Що в цій роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують роботу за наведеним у посібнику [2] алгоритмом, учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання роботи практикуму.
2. Творче завдання.

Продумайте й запишіть план проведення експерименту, який дасть змогу перевірити закон Бойля—Маріотта за допомогою саморобного манометра. При цьому вкажіть:

- 1) обладнання, яке знадобиться;
- 2) алгоритм виконання роботи;
- 3) при яких вимірюваннях будуть найбільші похибки.

Проведіть експеримент.

УРОК № 64/4

Тема. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу.

Мета: закріплення в учнів знань про особливі властивості поверхневого шару рідини, силу поверхневого натягу і коефіцієнт поверхневого натягу і удосконалення засвоєних раніше знань шляхом проведення досліду з визначення коефіцієнта поверхневого натягу.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Залік	5–6	Самостійна письмова робота учнів
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД	2	Пояснення, інструктаж учителя

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групі
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	25	
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Залік

Запитання до класу

1. Що називають силою поверхневого натягу? Наведіть формулу.
2. Охарактеризуйте коефіцієнт поверхневого натягу як фізичну величину.
3. Як класифікуються похибки? Які похибки називаються випадковими?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД

Учитель оголошує яка група учнів виконуватиме певну роботу практикуму згідно зі складеним графіком, інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій

Спираючись на індивідуальну підготовку, здійснену вдома за наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи, члени групи колективно визначають мету роботи, з'ясовують, яке необхідно обладнання, його призначення, вивчають хід роботи, способи обчислення похибок вимірювання.

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Як вплине на результат робота кожного члена групи?
4. Що в даній роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують роботу за наведеним у посібнику [2] алгоритмом, учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання роботи практикуму.
2. Виконати експериментальне завдання.
 - 1) Утворити мильний розчин і покласти на його поверхню швацьку голку. Спостерігати явище. Визначити силу поверхневого натягу, яка діє на неї.
 - 2) Покласти на поверхню чистої води сірник. Доторкнутися шматочком мила до поверхні води біля сірника. Спостерігати за рухом сірника. Пояснити побачене.

УРОК № 65/5

Тема. Визначення модуля пружності.

Мета: закріплення в учнів знань про пружні деформації, силу пружності удосконалити засвоєні раніше знання шляхом проведення учнями дослідів по визначенню модуля пружності.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь і навичок

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	2	
II. Залік	5–6	Самостійна письмова робота
III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД	2	Пояснення, інструктаж учителя

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій	5	Робота в групі
V. Самостійне виконання учнями завдання під контролем учителя	25	
VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	5	Пояснення, інструктаж учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Залік

Запитання до класу

1. Що називається деформацією? Які деформації існують?
2. Охарактеризуйте силу пружності як фізичну величину.
3. Як класифікують вимірювання? Які вимірювання називають прямими?

III. Повідомлення теми, мети й завдань уроку; інструктаж із БЖД

Учитель оголошує, яка група учнів виконуватиме певну роботу практикуму згідно зі складеним графіком, інструктує учнів щодо дотримання правил і вимог безпечної праці на уроці.

IV. Осмислення змісту і послідовності застосування практичних дій

Спираючись на індивідуальну підготовку, здійснену вдома за наведеним у посібнику [2] алгоритмом виконання даної лабораторної роботи, члени групи колективно визначають мету роботи, з'ясовують, які необхідне обладнання, його призначення, вивчають хід роботи, способи обчислення похибок вимірювання.

Запитання до класу

1. Що буде результатом вашої роботи?
2. Яким шляхом можна досягти цього результату?
3. Як вплине на досягнення результату робота кожного члена групи?
4. Що в даній роботі може виявитися найскладнішим? Які шляхи подолання труднощів?

V. Самостійне виконання учнями завдання

під контролем учителя

Учні самостійно виконують роботу за наведеним у посібнику [2] алгоритмом, учитель за необхідності допомагає учням, відповідає на їхні запитання.

VI. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

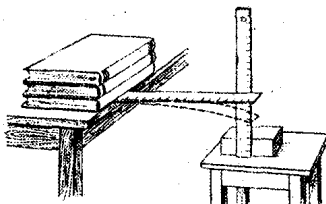
домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

1. Оформити звіт про виконання роботи практикуму.
2. Виконати експериментальне завдання.

Закріпити один кінець металевої лінійки (див. рисунок), на другому кінці створити петлю. Згинати лінійку за допомогою динамометра чи звичайної пружини, вимірюючи при цьому силу, яку показує динамометр або видовження пружини, а також значення стріли прогину. Стрілу прогину виміряти за допомогою вертикально поставленої лінійки. Зробити висновок щодо залежності стріли прогину від прикладених зусиль.



УРОК № 66

Тема. Сучасні погляди на простір і час. Взаємозв'язок класичної та релятивістської механіки.

Мета: ознайомлення учнів з розвитком поглядів на простір і час, які склалися у XVII—XIX ст., показати зв'язок класичного і релятивістської механіки.

Тип уроку: урок-лекція.

План-схема уроку

Етапи уроку	Час, хв	Методи й форми роботи з класом
I. Організаційний етап	1	
II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку.	2	Визначення мети уроку за планом вивчення теми
III. Мотивація навчальної діяльності		Метод «Асоціативний куш»
IV. Викладання нового матеріалу	39—40	Лекція
V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення домашнього завдання	3	Коментар учителя

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Повідомлення теми, мети й завдань уроку

Учитель повідомляє тему уроку, пропонує учням ознайомитися з планом її вивчення, записаним на дошці. Потім просить учнів самостійно сформулювати мету уроку і за необхідності вносить корективи у їхні відповіді.

План вивчення теми

1. Простір і час — загальні форми існування матерії.
2. Основні концепції простору й часу XVII—XIX ст.
3. Розвиток поглядів про простір і час у XX ст.

III. Мотивація навчальної діяльності

Учитель пропонує учням створити «асоціативні кущі» з ключовими словами «простір» і «час» за методом «Асоціативний куш» (див. додаток).

Запитання до класу. Чи відрізняються, на вашу думку, поняття простору і часу, які зустрічаються в фізиці, філософії, історії, астрономії тощо?

V. Викладання нового матеріалу

1. Простір і час — загальні форми існування матерії

Простір і час — загальні форми існування матерії, вони не існують не існують поза матерією та незалежно від її.

Просторові характеристики: положення відносно інших тіл (координати тіл); відстані між ними; кути між різними просторовими напрямками.

Тимчасові характеристики — «моменти», у які відбуваються явища, тривалості процесів. Відносини між цими просторовими й тимчасовими величинами називаються метричними.

Безпосередній зв'язок між цими характеристиками спостерігається в русі матерії, який вивчається кінематикою. Сучасна фізика виявила більш глибоку єдність простору і часу, що відображено в теорії відносності.

Запитання до класу

1. Який розділ механіки називається кінематикою?
2. Яка механіка називається класичною?
3. Який розділ фізики називається теорією відносності?

Для вимірювання просторових і тимчасових величин користуються системами відліку. Згадаємо, що називається системою відліку.

Поняття простору є складовою частиною картини світу в цілому, тому входить також у предмет філософії. Але вчення про простір і час поглиблюється й розвивається з розвитком насамперед фізики, з інших наук про природу значну роль у прогресі навчання про простір і час зіграла насамперед астрономія і космологія.

2. Основні концепції простору й часу XVII-XIX ст.

Протягом майже всієї історії природознавства й філософії існували дві основні концепції простору і часу. Одна з них іде від древніх атомістів — Демокріта, Епікура, Лукреція, які ввели поняття порожнього простору й розглядали його як однорідну і нескінченну субстанцію. Поняття часу тоді було розроблено вкрай слабо й розглядалося як суб'єктивне відчуття дійсності.

З розвитком основ динаміки нову концепцію простору і часу розвив І. Ньютон. Згідно з нею простір і час — особливі субстанції, що існують незалежно від матерії й одне від одного. Власне простір є порожнє «вмістище тіл», абсолютно нерухоме, безперервне, однорідне й ізотропне, проникне — не впливає на матерію й не піддається її впливам, нескінченне; воно має три виміри. Також Ньютон ввів поняття довжини тіла як властивості, завдяки якій

тіла займають певні місця в просторі. Положення тіл і відстані між ними можна визначати тільки стосовно інших тіл.

Час у концепції Ньютона є щось абсолютне й ні від чого не залежне, чиста тривалість. Він є порожнім «вмістищем подій», які можуть його заповнювати, але можуть і не заповнювати; хід подій не впливає на перебіг часу. Час універсальний, однорозмірний, безупинний, нескінченний, однорідний (скрізь однаковий).

Концепція простору і часу, розроблена Ньютоном, панувала в природознавстві протягом XVII-XIX ст., бо відповідала науці того часу — евклідової геометрії, класичній механіці й класичній теорії тяжіння.

Згідно ньютонівської теорії дії від одних часток речовини до інших передаються миттєво через порожній простір. Ньютонівська концепція простору і часу, таким чином, відповідала всій фізичній картині миру тієї епохи, зокрема уявлення про матерію як нескінченно протяжну й по природі своїй незмінну. Але ж суттєвим протиріччям концепції Ньютона було те, що простір і час залишалися в ній невизначеними шляхом досвіду. Відповідно до принципу відносності класичної механіки, всі інерціальні системи відліку рівноправні й неможливо відрізнити, чи рухається система відносно простору і часу чи знаходиться в спокої.

Запитання до класу. Які системи відліку називаються інерціальними?

Це протиріччя служило доводом для прихильників протилежної концепції простору і часу, яка була розроблена Г. Лейбніцем, який спирався на деякі ідеї Декарта. Особливість цієї концепції простору і часу полягає відкиданні подання про простір і час, як про самостійні начала буття, що існують поряд з матерією й незалежно від її. На думку Лейбніца простір — це порядок взаємного розміщення безлічі тіл, час — порядок явищ або станів тіл, які змінюють одне одного. Однак лейбніцева концепція не відіграла істотної ролі в природознавстві того часу, бо не могла дати відповіді на питання, поставлені наукою тієї епохи. Насамперед концепція Лейбніца суперечила класичній механіці.

Інші філософи-матеріалісти вирішували проблему простору і часу в основному в дусі концепцій Ньютона або Лейбніца, хоча, як правило, повністю не приймали будь-яку із них. Тільки через два століття почалося нагромадження наукових фактів, що показали обмеженість концепцій і теорій про простір і час, що панували на ті часи.

3. Розвиток поглядів про простір і час в XX ст.

Наприкінці XIX — початку XX ст. відбулася глибока зміна наукових уявлень про матерію й відповідно радикальна зміна понять простору і часу. У фізичну картину світу увійшла концепція

поля як форми матеріального зв'язку між частинками речовин як окремої форми матерії. Всі тіла, таким чином, являють системи заряджених частинок, зв'язаних полем, яке передає дії від одних частинок до інших з кінцевою швидкістю — швидкістю світла. Пізніше було встановлено, що при русі тіл із швидкостями, близькими до швидкості світла, відбувається зміна поля, що приводить до зміни просторових і тимчасових властивостей тіл; при цьому Лоренц уважав, що довжина тіл у напрямі їхнього руху скорочується, а ритм фізичних процесів, які відбуваються в них, сповільнюється, причому просторові й тимчасові величини змінюються узгоджено.

Було також встановлено, що в будь-якій інерціальній системі відліку всі фізичні закони, у тому числі закони електромагнітних взаємодій, однакові. Спеціальна теорія відносності А. Ейнштейна, заснована на двох фундаментальних положеннях — про граничність швидкості світла й рівноправність інерціальних систем відліку, виявилася новою фізичною теорією простору і часу. З неї випливало, що просторові й тимчасові відношення — довжина тіла (загалом відстань між двома матеріальними точками) і тривалість процесів, які відбуваються в просторі, — є не абсолютними величинами, як стверджувала ньютонівська механіка, а відносними. Відносність просторово-тимчасових характеристик тіл повністю підтверджена досвідом.

Подальший розвиток теорії відносності показав, що просторово-тимчасові відносини залежать також від концентрації мас. При переході до космічних масштабів геометрія простору-часу не є евклідовою (або плоскою), а змінюється від однієї ділянки космосу до іншої залежно від густини їх мас та їхнього руху (вивчається космологією). У масштабах метagalактики геометрія простору змінюється внаслідок розширення метagalактики. Тобто розвиток фізики й астрономії показав неспроможність розуміння простору і часу форм як незмінних й незалежних від матерії, так і ньютонівської догматичної концепції простору-часу.

Завдання класу. Зробіть висновок про зв'язок класичної механіки та релятивістської механіки.

V. Підбиття підсумків уроку та повідомлення

домашнього завдання

Учитель підбиває підсумок уроку.

Домашнє завдання

Написати есе (див. додаток 11) на тему «Роздуми про час».

**УРОКИ № 67–70
(РЕЗЕРВНИЙ ЧАС)**

1. Метод «Розминка»

Метод дозволяє замінювати організаційні моменти класичного уроку й може бути використаний як ланка між різними етапами уроку. «Розминка» може бути використана:

- для об'єднання тих, хто навчається разом;
- для активізації емоційної, розумової діяльності, зосередження на конкретному навчальному предметі на початку кожного заняття;
- для відпочинку, зміни виду діяльності протягом заняття.

Приклад розминки «Закінчи речення одним словом».

- 1) Учитель на початку уроку пропонує учням закінчити речення: «Уміти мислити необхідно для того, щоб...» одним словом так, щоб отримати правильне твердження.

(Можливі варіанти відповідей учнів: працювати, жити, спілкуватись, вирішувати тощо.)

- 2) Учитель перед початком уроку пропонує учням залучитись підтримкою однокласників у навчальній діяльності і пропонує закінчити одним словом речення: «Я бажаю тобі...» (Можливі варіанти відповідей учнів: успіху, перемоги, наснаги, творчості тощо.)

2. Метод «Асоціативний куш»

Асоціація спонукає до вільного і відкритого мислення і рекомендується для використання на етапах актуалізації і рефлексії.

Для складання асоціативного куща слід дотримуватися таких правил:

- 1) записати на дошці або в центрі аркуша ключове слово чи фразу, виділити її певним чином;
- 2) записати слова чи фрази, які спадають на думку;
- 3) ставити знаки питання біля частин куща, в яких є невпевненість;
- 4) заповнивши «куш», указати проблеми або теми, для розгляду яких потрібна додаткова інформація.

Якщо до складання «куща» учитель звернувся на початку вивчення теми, то після її вивчення можна звернутися до «куща» знову — для уточнення.

3. Метод «Обери позицію»

Цей метод допомагає навчитися вибирати позицію щодо спірних проблем, висувати аргументи на захист свого вибору.

Учитель пропонує учням розглянути проблемну ситуацію.

Учні мають виконати такі дії:

- 1) позначити свою позицію, поставивши крапку на шкалі (на аркуші паперу або дошці);
- 2) навести аргументи на підтвердження своєї думки;
- 3) ознайомитися з матеріалом або провести практичний дослід, або розібрати необхідне доведення, або виконати обчислення, які допоможуть вирішити проблему;
- 4) після завершення роботи, якщо думка змінилася, зайняти іншу позицію (хоча дотримання цієї позиції не є обов'язковим).

Метод може бути використаний на етапі актуалізації опорних знань, рефлексії.

4. Метод «Ключові слова»

Зміст методу полягає у визначенні «ключових» слів уроку, тобто основних термінів, які позначають фізичні величини, явища, пристрої, знання про які були отримані протягом уроку.

Метод можна застосовувати на початку уроку після оголошення теми та плану її вивчення для визначення мети або наприкінці уроку для підбиття підсумку. Учні виділяють «ключові» слова уроку і пояснюють свою позицію.

5. Метод «Прес»

Цей метод допомагає навчитися знаходити вагомі аргументи і формулювати свою думку щодо спірного питання; формулювати ідеї у вигляді чіткої й логічної структури.

Метод може бути використаний на будь-якому етапі уроку у такий спосіб:

- 1) висловити свою думку: «Я вважаю...»;
- 2) пояснити підґрунтя такої думки: «Оскільки...»;
- 3) навести приклад додаткових аргументів на підтримку своєї позиції «... наприклад...»;
- 4) узагальнити, формулювати висновки: «Отже,...» або «таким чином...».

6. Метод «Гірлянда питань»

Мотивацію навчальної діяльності, актуалізацію опорних знань або закріплення нового матеріалу можна здійснити на основі діяльнісного підходу до навчання, використовуючи метод «гірляндних» запитань.

Метод являє собою тезаурус (сукупність) послідовних запитань; зміст полягає у використанні багаторівневого підходу до освітлення питання. Учитель пропонує учням питання, записані на дошці або на картках.

7. Метод «Фізичний футбол»

Під час фронтального опитування за низкою запитань учитель вибирає для відповіді першого учня, а далі учень, який відповідає, вибирає наступного. Тобто умовно «дає пас» у «фізичному футболі».

8. Метод «Ланцюжок»

У ході відповіді на «гірляндні» запитання з метою надання характеристики фізичних величин за узагальненими планами утворюється «ланцюжок» учнів. Кожному учневі у такому ланцюжку надається порядковий номер, під яким він відповідає на поставлене запитання. Утворення «ланцюжка» дозволяє економити час опитування.

9. Метод «Тест так — ні»

Тест проводиться за допомогою сигнальних карток двох кольорів. Наприклад, «так» — червона картка, «ні» — синя. Учитель формулює твердження, а учні погоджуються або ні, сигналізуючи картокою. Цей метод дає швидкий зворотній зв'язок, учитель може побачити прогалини у знаннях учнів, визначити, скільки учнів засвоїли або не засвоїли певні питання.

10. Метод «Сенкан»

Сенкан — це білий вірш, в якому синтезована інформація в короткому вислові з п'яти рядків (від фр. cinq — п'ять, п'ятиряддя). Сенкан допомагає підсумувати інформацію, визначити головні ідеї, думки.

Алгоритм складання сенкану:

- 1) один іменник — назва поняття;
- 2) два прикметника — описання поняття;
- 3) три дієслова — визначення дії;
- 4) фраза з чотирьох слів — ставлення до теми;
- 5) одне слово (синонім до теми) — відображення змісту чи формулювання висновку.

Схема сенкану:

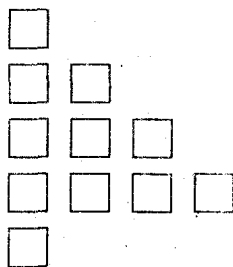
Тема (1 іменник)

Описання (2 прикметника)

Дія (3 дієслова)

Відношення (фраза з 4 слів)

ПЕРЕФРАЗУВАННЯ ЗМІСТУ (1 слово)



Приклад
Фізика
Класична, фундаментальна
Спостерігає, досліджує, пояснює
Дає основу знань про природу
Наука

11. Метод «Есе»

Есе — різновидність нарису, в якому головну роль відіграє не відтворення факту, а відображення вражень, роздумів, асоціацій.

Єдиної моделі або зразка есе не існує. Як метод, що може застосовуватися в фізиці, есе полягає у написанні вільного письма.

Алгоритм написання есе:

- 1) збір інформації щодо певної проблеми;
- 2) аналіз інформації;
- 3) з'ясування власної думки щодо теми;
- 4) викладення цієї думки.

Есе може бути абсолютно вільним або аргументованим; необмеженим у часі чи займати 5, 10, 15, 20 хв. Найчастіше на уроках есе використовується для підбиття підсумку уроку або як результат дискусії чи диспуту.

12. Метод «Діаграма Ейлера—Вена»

Алгоритм складання діаграми:

- 1) за допомогою аналізу встановити ознаки об'єктів, що порівнюються;
- 2) здійснити порівняння за загальними і специфічними ознаками, використовуючи дві форми порівняння: співставлення й протиставлення;
- 3) оформити діаграму у вигляді будь-яких фігур, що перетинаються, записати їх різницю у ліву і праву частину діаграми, спільне — в ділянки перетину ліній.

13. Метод «Капелюшки, що думають»

Метод використовується для аналізу проблемного питання, для групової дискусії, якщо необхідно розглянути предмет під різним кутом зору, об'єктивно оцінити явище, змодельовати різноманітні ситуації та спрогнозувати їх розвиток. Цей метод учить різносторонньо оцінювати ситуацію, прогнозувати події.

Можна запонувати учням створити групи під кожним «капелюшком» або працювати індивідуально.

Необхідно пам'ятати, що саме означає певний капелюшок, наприклад:

- 1) білий — виділення фактів, цифри, відомості, статистика ця група інформацію не оцінює;
- 2) чорний — критика, негативні аспекти ситуації;
- 3) червоний — емоції, почуття, передчуття, визначення здібностей, на розвиток яких вплинула ситуація, що розглядається;
- 4) жовтий — оптимістичні, позитивні сторони, вміння побачити добре в будь-якій ситуації;
- 5) зелений — творчість (відображення даної ситуації у формі вірша, пантоміми тощо), почуття гумору;
- 6) синій — значимість ситуації, її завуальовані сторони, життєвий урок, що з неї випливає.

Приклад використання методу для аналізу уроку.

«Білий капелюшок» може орієнтуватись на такі запитання.

- Яка тема даного уроку?
- Які знання, вміння було відтворено на початку уроку?
- Які нові знання отримали на уроці? (Над формуванням якої навички працювали? Які вміння розвивали?)
- Які методи роботи на уроці використовували?
- «Червоний капелюшок» може орієнтуватись на такі запитання.
- В якому настрої ви перебували на даному уроці? Чому?
- В якому настрої, на вашу думку, перебувала решта учнів?
- Яким був настрій у вашого вчителя?
- На розвиток яких здібностей, рис характеру вплинув цей урок?
- «Чорний капелюшок» може орієнтуватись на такі запитання.
- Що на уроці заважало вам працювати продуктивно, успішно?
- Що заважало решті учнів, вчителю?
- Що було зайвим на уроці?
- Які негативні елементи уроку ви помітили?

■ 14. Узагальнені плани характеристики фізичних понять

Фізична величина

1. Явище, яке характеризує величина.
2. Означення.
3. Формули, які пов'язують дану величину з іншими величинами
4. Одиниці вимірювання.
5. Способи вимірювання.

Фізичне явище

1. Ознаки, за яким визначається явище.
2. Умови, за яких відбувається.
3. Зв'язок з іншими явищами.
4. Пояснення явища на основі фізичних теорій.
5. Приклади застосування або врахування на практиці.

Фізичний дослід

1. Мета.
2. Схема.
3. Умови проведення.
4. Хід.
5. Результату.

Прилад, пристрій, машина, механізм

1. Призначення.
2. Будова.
3. Принцип дії.
4. Сфера застосування.
5. Переваги і недоліки.

Фізичний закон

1. Формулювання та математичний запис.
2. Досліди, що підтверджують справедливості закону.
3. Приклади практичного застосування.
4. Межі або умови застосування.

Фізична теорія

1. Дослідне обґрунтування.
2. Основні поняття, положення, закони і принципи.
3. Основні наслідки.
4. Практичне застосування.
5. Межі застосування.

При характеризуванні певного фізичного поняття можна застосувати метод «Розумний куб». Для застосування цього методу виготовляється один куб для індивідуального або для фронтального опитування або декілька кубів у разі застосування групової форми роботи. На кожній із граней написано одне з питань, за яким можна дати характеристику поняття. Учень кидає куб і відповідає на запитання, яке випало на певній грані. Така робота надає можливість створювати на уроках ігрові моменти і позитивно сприймається учнями. Таким чином, на уроках фізики можна перевірити «кубуванням» всі фізичні поняття.

Приклад. Можна здійснити перевірку знань учнів про ту чи іншу фізичну величину за допомогою таких запитань, нанесених на грані куба:

- 1) Що характеризує величина?
- 2) Векторна вона чи скалярна? Чому?
- 3) Означення даної величини.
- 4) Яка формула пов'язує дану величину з іншими величинами?
- 5) В яких одиницях вимірюється в СІ?
- 6) Способи вимірювання.

15. «Утворюємо групу»

Способи утворення групи:

- 1) групи утворюються на основі розміщення учнів в класній кімнаті; у групи об'єднуються учні, які сидять за сусідніми партами. Це формальний спосіб, але потребує мінімального часу;
- 2) учні самостійно розподіляються в групи будь-яким шляхом;
- 3) на початку роботи за певними критеріями обираються лідери груп, які потім набирають членів групи серед учнів класу;
- 4) вибирається учень, який здійснює набір в групу, члени якої потім колегіально обирають лідера;
- 5) на дошці записується декілька проблемних питань; учні самостійно об'єднуються в групи згідно з вибраною проблемою та обирають лідера;
- 6) обираються лідери груп, які самостійно вибирають проблемні питання, над розв'язанням яких буде працювати група.

16. Метод «Шкала успіху»

«Найголовніша формула успіху — знання і мислення», вважав Теодор Рузвельт.

Цей метод можна застосовувати як на уроках засвоєння нових знань у процесі осмислення певних понять і закономірностей тощо, на етапах закріплення знань та підбиття підсумку уроку. Створення шкали дозволяє побачити пробіли в знаннях для подальшого усунення, вибрати рівень складності домашнього завдання тощо. Для створення «шкали успіху» матеріал розбивається на певні частини, засвоєння яких зазначається на шкалі в ході уроку або надається перелік питань, на які учні відповідають наприкінці уроку на етапі закріплення знань або здійснення самооцінки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фізика. Астрономія. 7—12 класи. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. — К.: Ірпінь, 2005.
2. Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О., Каплун С. В., Мухін В. І. Фізика. 10 клас. Рівень стандарту: Зошит для лабораторних робіт та фізичного практикуму. — Х.: Вид-во «Ранок», 2010.
3. Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Фізика. 10 клас. Рівень стандарту: Комплексний зошит для контролю знань. — Х.: Вид-во «Ранок», 2010.
4. Гончаренко С. У. Фізика 10 клас: Підруч. для середн. загальноосвітн. шк. — К.: Освіта, 2002.
5. Генденштейн Л. Е. Фізика 10 клас: Підруч. для загальноосвіт. навч. закл. суспільно-гуманітарного напрямку. — Х.: Гімназія, 2007.
6. Шахмаев Н. М., Шахмаев С. Н., Шодиев Д. Ш. Фізика. 10 клас: Учеб. для средн. шк. — М.: Просвещение, 1991.
7. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Фізика. 10 клас: Учеб. для средн. шк. — М.: Просвещение, 1990.
8. Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф. Фізика. 9 клас: Підруч. для середн. загальноосвіт. шк. — К.: Ірпінь, 2002.
9. Генденштейн Л. Е. Фізика. 9 клас: Навч. посіб. — Х.: Гімназія, Вид-во «Ранок», 2000.
10. Шахмаев Н. М., Шахмаев С. Н., Шодиев Д. Ш. Фізика. 9 клас: Учеб. для средн. шк. — М.: Просвещение, 1990.
11. Саєнко П. Г. Фізика. 9 клас: Учеб. для средн. шк. — М.: Просвещение, 1992.
12. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Фізика. 9 клас: Учеб. для средн. шк. — М.: Просвещение, 1990.
13. Соколович Ю. А., Богданова Г. С. Фізика: Довідник з прикладами розв'язування задач. — Х.: Вид-во «Ранок», 2008.
14. Касаткина И. Л. Репетитор по физике. Теория. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2006.
15. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерения. — Л.: Наука, 1977.
16. Гельфгат И. М., Генденштейн Л. Е., Кирик Л. А. 1001 задача по физике. — Х.: Гимназия, 1997.
17. Татарчук Н. В. Фізика. 7—11 класи: Посібник абітурієнту. — К.: Вид. центр «Академія», 2008.
18. Корсак К. В. Вчимо механіку на уроці та вдома: Збірник текстових та графічних задач. — Х.: Вид-во «Ранок», 2003.
19. Збірник різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики. — Х.: Гімназія, 2007.
20. Кирик Л. А. Фізика. 10 клас: Збірник завдань та самостійних робіт для класів суспільно-гуманітарного напрямку. — Х.: Гімназія, 2007.
21. Іваненко О. Ф., Махлай В. П., Богатирьов О. І. Експериментальні та якісні задачі з фізики. — К.: Рад. шк., 1987.
22. Тульчинский М. Е. Качественные задачи по физике. — М.: Просвещение, 1972.
23. Макаренко В. М., Туманцова О. О. Як опанувати технологію критичного мислення. — Х.: Вид. група «Основа», 2008.
24. Інформаційна мережа Інтернет.