В. Д. Сиротюк, В. І. Баштовий

ФІЗИКА

Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів

(рівень стандарту)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

КИЇВ «ОСВІТА» 2010

ББК

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України № 544 від 08.06.2010 р.)

ВИДАНО ЗА РАХУНОК ДЕРЖАВНИХ КОШТІВ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО

Наукову експертизу підручника проводив
Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова
Національної академії наук України
Психолого-педагогічну експертизу підручника проводив
Інститут педагогікиНаціональної академії педагогічних наук України

Експертизу підручника здійснювали: ***Л. І. Ятвецька*** — зав. науково-методичної лабораторії Одеського обласного інституту удосконалення вчителів; ***Г. В. Мачушинець*** — методист районного методичного кабінету відділу освіти Ківерцівської райдержадміністрації, Волинська обл.; ***І. В. Грийцаровська*** — старший вчитель Зборівської ЗОШ І—ІІІ ст. № 1, Зборівський район, Тернопільська обл.; ***В. В. Кумайгородськи***й — вчитель-методист Чупирянського НВО «Загальноосвітня школа І—ІІ ст. — дитячий садок», Білоцерківський район, Київська обл.

ISBN № 978-966-04… .

© В. Д. Сиротюк, В. І. Баштовий, 2010
© Видавництво «Освіта», 2010
© Видавництво «Освіта», художнє оформлення, 2010

ЗМІСТ

ВСТУП
Зародження і розвиток фізики як науки
Роль фізичного знання в житті людини і суспільному розвитку
Методи наукового пізнання

МЕХАНІКА

Розділ 1. КІНЕМАТИКА

§ 1. Механічний рух. Основна задача механіки та її розв'язання
§ 2. Фізичне тіло і матеріальна точка. Система відліку
§ 3. Відносність механічного руху
§ 4. Векторні і скалярні величини. Дії над векторами
Задачі та вправи
§ 5. Траєкторія руху. Шлях і переміщення
§ 6. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість руху тіла
§ 7. Закон додавання швидкостей
§ 8. Графічне зображення рівномірного прямолінійного руху
§ 9. Нерівномірний рух. Середня швидкість. Миттєва швидкість
§ 10. Рівноприскорений прямолінійний рух тіла. Прискорення руху тіла
§ 11. Графік зображення рівноприскореного руху
§ 12. Рівняння і графіки рівноприскореного прямолінійного руху
Задачі та вправи
§ 13. Точність вимірювання фізичних величин під час дослідів
Лабораторна робота №1. Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі
§ 14. Вільне падіння тіл. Прискорення вільного падіння
Задачі та вправи
§ 15. Рівномірний рух тіла по колу. Лінійна і кутова швидкості. Період і частота обертання
§ 16. Доцентрове прискорення тіла
Задачі та вправи
Історична довідка
Перевірте свої знання
Контрольні запитання
Що я знаю і вмію робити
Тестові завдання

Розділ 2. ДИНАМІКА

§ 17. Механічна взаємодія тіл
§ 18. Сила. Вимірювання сил. Додавання сил
Лабораторна робота № 2. Вимірювання сил
§ 19. Перший закон Ньютона. Інерція та інертність
§ 20. Інерціальна система відліку. Механічний принцип відносності Галілея
§ 21. Другий закон Ньютона
§ 22. Третій закон Ньютона. Межі застосування законів Ньютона
Задачі та вправи
§ 23. Гравітаційна взаємодія. Закон всесвітнього тяжіння
§ 24. Гравітаційна стала
§ 25. Сила тяжіння
§ 26. Рух під дією сили тяжіння
§ 27. Вага тіла. Перевантаження і невагомість
§ 28. Штучні супутники Землі. Розвиток космонавтики
Задачі та вправи
§ 29. Сила реакції опори. Сили пружності
§ 30. Сили тертя
Задачі та вправи

§ 31. Рівновага тіл. Момент сили
§ 32. Умова рівноваги тіла, що має вісь обертання
§ 33. Види рівноваги тіл
Лабораторна робота № 3. Дослідження рівноваги тіла під дією кількох сил
Задачі та вправи
§ 34. Імпульс тіла
§ 35. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух
Задачі та вправи
§ 36. Механічна енергія. Кінетична і потенціальна енергія
§ 37. Закон збереження енергії
Задачі та вправи
Історична довідка
Перевірте свої знання
Контрольні запитання
Що я знаю і вмію робити
Тестові завдання

Розділ 3. РЕЛЯТИВІСТСЬКА МЕХАНІКА

§ 38. Основні положення спеціальної теорії відносності. Закон взаємозв'язку маси і енергії
§ 39. Відносність часу. Перетворення Лоренца.. Швидкість світла у вакуумі як гранично допустима швидкість передавання взаємодії
§ 40. Розміри тіл і інтервали часу в різних системах відліку
Задачі та вправи
Історична довідка
Перевірте свої знання
Контрольні запитання
Що я знаю і вмію робити
Тестові завдання

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Розділ 4. ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ, РІДИН, ТВЕРДИХ ТІЛ

§ 41. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини. Розміри атомів і молекул
§ 42. Рух атомів і молекул
§ 43. Взаємодія атомів і молекул
§ 44. Маса атомів і молекул. Кількість речовини
§ 45. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів
§ 46. Абсолютна температура. Рівняння стану ідеального газу
§ 47. Газові закони для ізопроцесів
Лабораторна робота № 4. Дослідне підтвердження закону Бойля—Маріотта
Задачі та вправи
§ 48. Пароутворення і конденсація. Насичена і ненасичена пара
§ 49. Залежність тиску насиченої пари від температури. Кипіння
§ 50. Вологість повітря. Методи вимірювання вологості повітря
Лабораторна робота № 5. Вимірювання відносної вологості повітря
§ 51. Властивості рідин. Поверхневий натяг рідини
§ 52.Змочування. Капілярні явища
§ 53. Будова і властивості твердих тіл. Кристалічні й аморфні тіла
§ 54.Види деформацій. Закон Гука
§ 55. Механічні властивості твердих тіл
§ 56. Рідкі кристали та їх властивості
§ 57. Полімери: їх властивості та застосування
Задачі та вправи
Історична довідка
Перевірте свої знання
Контрольні запитання

Що я знаю і вмію робити
Тестові завдання

Розділ 5. ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

§ 58. Внутрішня енергія тіл
§ 59. Два способи зміни внутрішньої енергії тіла
§ 60. Перший закон термодинаміки
§ 61. Робота термодинамічного процесу
§ 62. Теплові машини. Холодильна машина
Задачі та вправи
Історична довідка
Перевірте свої знання
Контрольні запитання
Що я знаю і вмію робити
Тестові завдання

ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ

Робота 1. Дослідження руху тіла, кинутого горизонтально
Робота 2. Визначення швидкості руху тіла за допомогою балістичного маятника
Робота 3. Дослідна перевірка закону Гей-Люссака
Робота 4. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу води
Робота 5. Визначення модуля пружності (модуля Юнга) гуми

УЗАГАЛЬНЮЮЧІ ЗАНЯТТЯ

§ 63. Сучасні погляди на простір і час
§ 64. Взаємозв'язок класичної та релятивістської механіки

ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ

Фізичні задачі навколо нас
Словник фізичних термінів
Відповіді до задач і вправ
Відповіді до рубрики «Що я знаю і вмію робити»
Відповіді до рубрики «Фізичні задачі навколо нас»
Предметно-іменний покажчик

Юні друзі!

Ви щойно відкрили підручник, з яким працюватимете протягом навчального року. Сподіваємося, він буде добрим помічником у вашій подорожі до країни знань та допоможе вам докладніше ознайомитися з явищами навколишнього світу.

У 10 класі ви будете вивчати основи кінематики і динаміки, молекулярно-кінетичну теорію і термодинаміку, а також ознайомитеся з основними законами і теоріями механіки, молекулярної фізики і термодинаміки. Теоретичний матеріал у пропонованому підручнику допоможе вам зрозуміти і пояснити відповідні процеси і явища, закони і теорії. Звертайте увагу на текст, виділений жирним шрифтом. Це фізичні терміни, означення, важливі правила і закони, їх треба пам'ятати і вміти застосовувати.

Підручник містить у собі багато ілюстрацій, у ньому розглядаються досліди, які ви можете виконати самостійно або за порадами вчителя. Вони допоможуть глибше зрозуміти фізичний зміст явищ, що вивчаються. «Історична довідка» наприкінці кожного параграфа, без сумніву, розширить ваш кругозір.

Після кожного параграфа є запитання і завдання, відповіді на які допоможуть вам практично засвоїти викладений матеріал, закріпити формулюваня. Частина з них має творчий характер і для відповіді потребує умінь аналізувати умови завдання, а також простежувати логічну послідовність і зв'язки у перебігу фізичних явищ.

У рубриці «Розв'язуємо разом» наведено алгоритми і зразки розв'язання найважливіших видів задач. Підручник містить у собі задачі, вправи і запитання різних рівнів складності: А — на закріплення, Б — творчого характеру.

Виконані вами лабораторні роботи і роботи фізичного практикуму збагатять вас поглибленим розумінням закономірностей фізичних явищ та вмінням ставити досліди і користуватися вимірювальними приладами.

Тим, хто хоче знати більше, стане в нагоді інформація, що вміщена у рубриці «Це цікаво знати».

Якщо вам знадобиться дізнатися про якийсь фізичний термін або правило, то скористайтеся «Словником фізичних термінів» і предметно-іменним покажчиком, що містяться наприкінці підручника.

Виконуючи спостереження і досліди з фізики, будьте уважними, додержуйтеся правил безпеки.

Намагайтеся бути максимально активними у засвоєнні матеріалу. Частіше обмінюйтеся думками щодо прочитаного зі своїми товаришами. Для з'ясування важких і спірних питань звертайтесь, у першу чергу, до вчителя, довідників та енциклопедій. Для перевірки правильності розуміння вивченого матеріалу корисно обговорювати повідомлення, доповіді учнів, розв'язки задач.

З самого початку налаштуйтеся на те, що вивчення фізики — це нелегка праця. Радість пізнання дається тільки як нагорода за перемогу над труднощами, її можна порівняти з радістю альпініста, який підкорив вершину. Виявіть працездатність, волю, і робота з підручником надасть вам немало радісних хвилин.

Щасливої вам дороги до знань!

ВСТУП

- **Зародження і розвиток фізики як науки**
- **Роль фізичного знання в житті людини і суспільному розвитку**
- **Методи наукового пізнання**

ЗАРОДЖЕННЯ І РОЗВИТОК ФІЗИКИ ЯК НАУКИ

Народи Вавилонії, Єгипту, Ассірії, Індії, Китаю за багато років нагромадили значний запас природничо-наукових і технічних знань. Свідченням цього є величні споруди Вавилона, унікальні єгипетські піраміди, іригаційні системи, різного роду військові колісниці, метальні машини і пристрої.

Новий етап у розвитку науки починається з середини I тисячоліття до нашої ери, коли на історичну арену виходить Стародавня Греція. Родоначальником першої грецької філософської школи був **Фалес із Мілета** (бл. 625—547 до н.е.), якого називали одним із семи мудреців стародавніх часів. Від нього беруть початок наші знання з електрики й магнетизму. Він описав властивості натертого бурштину (янтарю) притягати легкі тіла, а магніту — залізо. Його наступником був **Анаксімандр** (610—546 до н.е.), який висловив думку про єдність матеріального світу. **Геракліт з Ефеса** (594—475 до н.е.) стверджував, що все існує і у той же час не існує, бо все тече. Піфагорійці «надали геометрії характеру справжньої науки». **Ксенофан** (580—488 до н.е.), **Парменід** (V ст. до н.е.), **Зенон** (V ст. до н.е.) стверджували єдність світу, але разом з тим проголосили тезу про незмінність і нерухомість усього існуючого. Проти рухомості особливо відомі висловлювання Зенона. **Демокріт** (460—370 до н.е.) перший з наївно матеріалістичних позицій пояснив, що всі тіла складаються з найдрібніших матеріальних частинок — атомів, що немає нічого, крім атомів і пустоти. Основна теза Демокріта — вічність і незнищуваність матерії. **Епікур** (341—270 до н.е.) стверджував, що всі тіла складаються з неподільних, щільних частинок, які розрізняються формою, вагою, величиною. Він також визнавав існування атомів і пустоти, стверджував вічність матерії. Епікур узагальнив усі наукові досягнення свого часу і виклав їх у таких творах, як «Фізика», «Метафізика», «Метеорологія» тощо. Значний вне-

сок у розвиток механікизробив **Арістотель**. Він не тільки дав означення механіки як науки, а й детально вивчав розбіжності тиску й удару, зробив важливий внесок у розв'язок задачі про важіль, увів поняття про два роди рухів — природні й вимушені, дав класифікацію руху тіл. **Архімед** (бл. 287—212 до н.е.) у дослідженнях значну увагу приділяв статиці.

У XIII ст. з'явився провісник нової експериментальної науки **Роджер Бекон** (1214—1294), який стверджував, що істинне знання здобувається дослідно; сам багато експериментував, зокрема дізнався про склад пороху, досліджував властивості пари, винайшов способи одержання у чистому виді фосфору, магнію, вісмуту тощо. **Микола Кузанський** (1401—1464) висловив думку про матеріальну єдність світу. Йому належать відомі досліди з вимірювання часу падіння різних тіл: дерева, каміння, свинцевої кулі тощо. **Леонардо да Вінчі** (1452—1519) вважав найправильнішим дослідне вивчення природи, стверджуючи, що дослід був учителем тих, хто добре писав, і що мудрість — дочка досліду, бо тільки ґрунтуючись на ньому, можна дістати позитивні результати у дослідженні природи. **Міколай Коперник** (1473—1543) у своїх працях не лише відкинув систему світу Птолемея, а й запропонував нову, геліоцентричну систему. З цього часу розпочалася наукова революція у природознавстві. **Галілео Галілей** (1564—1642), досліджуючи падіння різноманітних тіл, відкинув хибне твердження Арістотеля про залежність швидкості падіння тіл від їхньої ваги, доповнив і розвинув далі вчення Арістотеля про рух і розробив основи динаміки. **Френсіс Бекон** (1561—1626) виклав основний метод пізнання природи — метод індукції. Він приділив велику увагу питанню експерименту як абсолютно необхідній умові при виченні природи. **Рене Декарт** (1596—1650) дав чітке формулювання закону інерції і багато уваги приділив визначенню таких важливих понять, як маса, сила, тиск, удар тощо. Він вперше увів поняття про закон збереження кількості руху і сформулюв його: «...коли одне тіло зіштовхується з іншим, воно не може надати йому ніякого іншого руху крім того, що втрачає під час цього зіштовхування, як не може і відняти у нього більше, ніж одночасно придбати собі».

Даниїл Бернуллі (1700—1782) вважається одним із найвидатніших фізиків і математиків свого часу. Так, Паризька академія десять разів присуджувала премії Д. Бернуллі за кращі дослідження з проблем математики і фізики. **Л. Ейлер** (1707—1783) написав понад 860 праць, які становлять більше ніж 40 тис. друкованих сторінок. У 1736 р. у Петербурзі вийшла книга «Механіка, або наука про рух, викладена аналітично», яка стала важливою віхою у розвитку фізики. **Ж. Даламбер** (1717—1783) сформулював загальний принцип динаміки системи — так званий принцип Д'Аламбера, за яким рух системи точок відбувається так, що в кожний момент часу втрачені сили й сили (зв'язків) взаємно врівноважуються. **Ж. Ла- гранж** (1736—1813) остаточно затвердив нові аналітичні методи у механіці і створив аналітичну динаміку системи матеріальних точок. **М. В. Ломоносов** (1711—1765) уперше розробив основи молекулярно-кінетичної теорії, пояснив природу теплоти, сформулював закон збереження руху і матерії тощо.

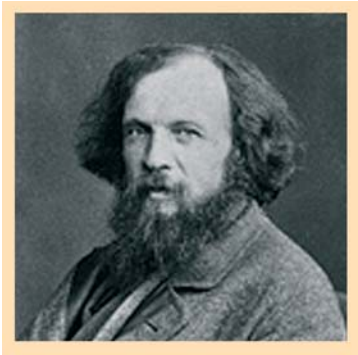
Д. Фаренгейт (1686—1736) у 1709 р. виготовив спиртові термометри, а в 1714—1715 рр. створив перші ртутні термометри з основними точками 0° і 212°. **Р. Реомюр** (1683—1757) описав винайдений ним спиртовий термометр, шкала якого між точкою танення льоду (взятої ним за 80°) і точкою

кипіння води (0°) була поділена на 80 рівних частин, **А. Цельсій** (1701—1744) запропонував у 1742 р. термометричну шкалу з основними точками 0° і 100°. **Г. Ріхман** (1711—1753) виконав важливі експериментальні дослідження з визначення впливу температури, форми і поверхні тіл та швидкості руху охолоджувального середовища на теплообмін, обґрунтував закон охолодження тіла, дослідив процеси випаровування залежно від стану середовища, температури. **А. Лавуазьє** (1743—1794) і **П. Лаплас** (1749—1827) у 1783 р. запропонували калориметричний метод вимірювання теплоємностей тіл і у праці «Мемуари про теплоту» описали сконструйований ними калориметр.

Саді Карно

Створені в кінці XVII — на початку XVIII ст. (в 1690 р. французьким фізиком **Д. Папеном** (1647—1714), у 1698 р. англійським інженером **Т. Севері** (1650—1712) і, нарешті, у 1705 р. англійським винахідником **Т. Ньюкоменом** (1663—1729)) вогнедіючі пароатмосферні машини не могли задовольнити потреби суспільства через свою технічну недосконалість. У цих машинах парові двигуни були зроблені у комбінації з водяними колесами, які відігравали роль передавального механізму; вони були надто громіздкі, неекономічні і використовувалися лише для відкачування води з шахт. Першу парову машину універсальної дії, яка забезпечила практичне застосування теплоти для механічних потреб, сконструював видатний російський теплотехнік **І. І. Ползунов** (1728—1766). У 1784 р. універсальну парову машину розробив англійський винахідник **Д. Уатт** (1736—1819), який вперше застосував у ній відцентровий регулятор з дросельною заслінкою для підтримування сталої кількості обертів вала. Універсальна машина Уатта завдяки значній економічності почала широко використовуватися.

Виникнення термодинаміки було тісно пов'язане з практичними вимогами знайти раціональні основи для будівництва теплових двигунів. Вивчення робочих циклів теплових машин бере свій початок від 20-х років XIX ст., тобто з часу виходу в світ теоретичної праці молодого французького інженера **С. Карно** (1796—1832) «Міркування про рушійну силу вогню і про машини, що здатні розвивати цю силу» (1824). Праці С. Карно відіграли важливу роль у розвитку наукових основ теплотехніки. Стало зрозумілим, що для підвищення ККД теплових машин важливо йти шляхом розширення температурних меж, між якими проходить цикл робочого тіла, тоді як заміна одного робочого тіла іншим сама по собі не може дати ніякої користі. Карно не зміг узагальнити елементарне формулювання другого начала термодинаміки на довільний оборотний коловий процес. Це зробили пізніше **Р. Клаузіус** (1822—1888) і **У. Томсон** (1824—1907). Дослідження С. Карно були продовжені в 1834 р. французьким інженером і фізиком **П. Клапейроном** (1799—1864), який застосував графічний метод — так званий метод індикаторних діаграм для графічного зображення робочих циклів. У 1834 р. Клапейрон вивів рівняння стану ідеального газу. Це рівняння узагальнив у 1874 р. **Д. І. Менделєєв**, який увів поняття універсальної газової сталої, розкрив її фізичну суть і записав рівняння



Дмитро Іванович Менделєєв

стану ідеального газу для будь-якої маси. Це рівняння було назване рівнянням Клапейрона—Менделєєва.

Слід зауважити, що у першій чверті XIX ст. були встановлені, переважно дослідно, основні газові закони і запроваджені такі важливі поняття, як газова стала, питомі теплоємності газів, парціальний тиск газу тощо. У 1802 р. французький фізик **Ж. Гей-Люссак** (1778—1850) відкрив закон, згідно з яким коефіцієнт об'ємного розширення для всіх газів при сталому тиску однаковий і дорівнює $\frac{1}{273}K^{-1}$. Паралельно з цими дослідженнями французький фізик **Ж. Шарль** (1746—1823) установив зв'язок між тиском газу, який займає сталий об'єм, і його температурою, причому і тут виявилося, що термічний коефіцієнт тиску однаковий для всіх газів і дорівнює $\frac{1}{273}K^{-1}$. Із закону Шарля неважко встановити існування температури, при якій майже припиняється рух молекул і яка дістала назву «абсолютного нуля». Абсолютний нуль, як відомо, лежить на $273{,}16^{\circ}$ нижче від 0° за шкалою Цельсія, і на його основі запроваджено нову шкалу температур, так звану абсолютну шкалу Кельвіна. У 1811 р. італійський фізик **А. Авогадро** (1776—1856) сформулював важливе для фізики твердження, яке було назване законом Авогадро.

40-і роки XIX ст. посідають особливе місце в розвитку термодинаміки: вони ознаменовані цілою низкою фундаментальних досліджень, які привели до остаточного визначення першого начала термодинаміки. **Г. І. Гесс** (1802—1850) вивів важливий закон, згідно з яким тепловий ефект будь-якої хімічної реакції не залежить від шляху (проміжних стадій), а залежить тільки від вихідного і кінцевого станів системи. Дослідженнями, в яких був сформульований принцип еквівалентності теплоти і роботи у зв'язку із загальною ідеєю про взаємоперетворюваність різних форм енергії, були праці німецького вченого **Р. Майєра** (1814—1878) «Про кількісне і якісне визначення сил» (1841) та «Замітки про сили неживої природи» (1842).

У 1843 р. російський фізик **Е. Х. Ленц** опублікував працю «Про закони виділення теплоти гальванічним струмом». англійський фізик **Дж. Джоуль** (1818—1889) видав працю «Про тепловий ефект електромагнетизму і величину роботи теплоти», в яких було встановлено закон теплової дії електричного струму. Джоуль здійснив серію експериментів для визначення механічного еквівалента теплоти за допомогою механічної роботи сил тертя і визначив його числове значення. У 1847 р. видатний німецький природодослідник **Г. Гельмгольц** (1821—1894) написав працю «Про збереження сил», в якій закон збереження і перетворення енергії набув строгої математичної форми. **У. Томсон** (1824—1907) поширив принцип Карно для процесів, які відбуваються в теплових машинах, на довільні явища, що пов'язані з тепловим рухом у макроскопічних тілах.

У наступне десятиліття, працюючи паралельно і незалежно, Томсон і особливо Клаузіус завершили створення класичної теорії другого начала термодинаміки, надавши йому сучасної математичної форми.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Назвіть древньогрецькі наукові школи, їх представників. Який внесок вони зробили в науку?
2. Розкажіть, як розвивалася механіка. Хто з учених зробив внесок у цю науку?
3. Дослідіть розвиток молекулярно-кінетичної теорії і термодинаміки.

РОЛЬ ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ В ЖИТТІ ЛЮДИНИ І СУСПІЛЬНОМУ РОЗВИТКУ

Розвиток фізики, як зазначалося раніше, обумовлений соціальними процесами, загальним рівнем культури суспільства і потребами техніки. Розглянемо, як розвивалися фізичні знання і яку роль вони відігравали, на прикладі найважливіших фізичних відкриттів. Можна поставити таке запитання: *чи міг принцип відносності відкрити Арістотель*. За часів Арістотеля не було затишних кают корабля, як за часів Галілея, або плавно від'їжджаючих поїздів і відлітаючих літаків, як у наш час. Побудовані у той час суденця плавали під дією нерівномірних рухів веслярів у неспокійному Егейському морі. Зрозуміло, старогрецький учений, що спирався лише на такого роду спостереження, не міг відкрити закон інерції і прийти до формулювання першого закону Ньютона. Отже, можна зробити висновок, що прогрес фізичної науки визначають умови життя і розвиток техніки.

За часів І. Ньютона проблема динамічного обґрунтування руху планет Сонячної системи була чітко поставлена перед ученими як конкретне наукове завдання, і багато вчених того часу (Р. Гук, Е. Галлей, Х. Гюйгенс) працювали над пошуками його розв'язання. Успіх прийшов до І. Ньютона, який зрозумів, що планети є найбільш ідеальними об'єктами застосування законів руху. Результатом цього став закон всесвітнього тяжіння — найвище досягнення науки XVII ст.

Відкриття закону збереження і перетворення енергії було неминучим в епоху технічної революції, коли «на сцені» з'явилася «її величність — пара». Це було соціальне замовлення науці, яке вона виконала. Ось чому майже одночасно закон збереження і перетворення енергії відкрили незалежно один від одного представники найбільш розвинених на той час країн: у Франції — Саді Карно (1832), у Німеччині — Роберт Майєр (1842) і Герман Гельмгольц (1847), в Англії — Джеймс Джоуль (1843).

Відкриття електромагнітної індукції ми пов'язуємо з дослідженням цього явища Майклом Фарадеєм, але варто зауважити, що одночасно з ним електромагнітну індукцію відкрив американський фізик Джозеф Генрі, а російський фізик Емілій-Крістіан Ленц встановив загальне правило визначення напряму індукційного струму.

В оптиці епохальні відкриття хвильових властивостей світла зробили незалежно один від одного англієць Томас Юнг і француз Огюстен Френель. Багато дослідників у всьому світі, спираючись на праці Джеймса

Максвелла і Генріха Герца, прагнули використовувати електромагнітні хвилі для практичних цілей, таким чином ідея радіо виникла у кількох учених одночасно. Перший радіоприймач було побудовано Олександром Степановичем Поповим, і водночас з ним успіху досягли й інші учені-інженери, наприклад, Гумельмо Марконі.

Спеціальна теорія відносності (СТВ) з'явилася не на порожньому місці. Вона виникла під час розв'язання так званої проблеми рухомих тіл, над якою, починаючи із середини XIX ст., працювало багато вчених, що прагнули виявити ознаки світлоносного середовища — так званого ефіру. Першим до кінця цю проблему вирішив Альберт Ейнштейн, але впритул до її розв'язання на початку XX ст. наблизились Гендрик Лоренц і А. Пуанкаре.

Закономірності наукових знань можна простежити також на прикладах з історії фізики, які показують діалектику випадковості і необхідності у розвитку фізичної науки.

Наприклад, «випадковими» фізичними відкриттями є: відкриття Луїджі Гальвані електричного струму в тілі тварин; виявлення Хансом Ерстедом магнітної дії електричного струму; відкриття рентгенівських променів; виявлення Беккерелем радіоактивного випромінювання; відкриття Генріхом Герцем явища фотоефекту. «Випадковим» було і відкриття фізиком П. А. Черенковим випромінювання світла електронами, рухомими у середовищі зі швидкостями, що перевищують швидкість світла у цьому середовищі.

Проте слід зазначити, що «випадковість» цих відкриттів полягала в непередбачуваності, незапланованості кожного з них, але всі вони з'явилися як наслідок напруженої творчої діяльності вчених-дослідників.

Фізичні знання мають також прикладну цінність. Відкриття Архімеда, Галілея, Торрічеллі, Ньютона, Карно та інших становлять наукові досягнення у рівній мірі як теоретичні висновки, так і практичні запровадження для задоволення потреб техніки і виробництва. І в наші дні фізика залишається основним знаряддям технічного прогресу. Слід звернути увагу і на такий бік розвитку науки: і в минулому, і сьогодні наука, що виникла з потреб виробництва і попиту людей, часто випереджає їх. Наукові ідеї, що зароджуються в учених, можуть довгі роки чекати практичної реалізації. Проілюструвати цю думку допоможуть такі приклади. Винахід Герона (еоліпил Герона) у Стародавній Греції не отримав будь-якого розвитку (сам Герон демонстрував винайдену ним парову турбіну як цікаву іграшку) і не мав впливу на розвиток науки і техніки перш за все тому, що не було потреби в індустріальному розвитку; мускульна сила рабів цілком задовольняла всі запити рабовласницького суспільства.

І. Ньютон у книзі «Математичні начала натуральної філософії» говорив про можливість запуску штучних супутників: «Якщо свинцеве ядро, кинуте горизонтально силою пороху з гармати, поставленої на вершині гори, відлетить по кривій, раніше ніж впасти на Землю, на дві милі, то, припускаючи, що немає опору повітря, якщо його кинути з подвійною швидкістю, воно відлетить приблизно удвічі далі, якщо з десятерною, то — далі вдесятеро. Збільшуючи швидкість, можна за бажанням збільшувати дальність польоту і зменшувати кривизну лінії, якою ядро рухається, так, що можна було б змусити його впасти на відстані і десяти градусів, і тридцяти, і дев'яноста, можна було б змусити його оперезати

Землю або навіть піднятися в небесні простори і продовжувати віддалятися до нескінченності. Подібно до того, як кинуте тіло може відхилятися силою тяжіння так, щоб описувати орбіту навколо Землі, так і Місяць... силою тяжіння може відхилятися від прямолінійного шляху і змушений обертатися своєю орбітою...» І. Ньютон розрахував також першу космічну швидкість, при якій забезпечується орбітальний рух супутників Землі, і вказав, що такі супутники обертатимуться тривалий час тільки за межами атмосфери (тобто врахував опір повітря). Тому цілком природним буде запитання: *чому в XVII ст. все ж таки не було запущено штучний супутник і цей великий проект чекав своєї реалізації аж до 4 жовтня 1957 року.*

Слід звернути увагу й на те, що і на сьогодні низка наукових ідей чекає свого підтвердження і використання для блага людини: ефект уповільнення часу (спеціальна теорія відносності), який дозволяє оптимістично дивитися на космічні подорожі до інших зоряних систем і дає можливість «потрапити» у майбутнє; розгадка природи гравітації і використання антигравітації; використання термоядерної енергії у мирних цілях, що дозволить ліквідувати таку насущну проблему людства, як «енергетичний голод» тощо.

Важливо також вказати на глибокий взаємозв'язок фізики й техніки. Розвиток техніки сприяє проведенню фізичних досліджень і, навпаки, відкриті вченими нові явища або закони стають потужним стимулом для розвитку техніки. Так, відкриття явища електромагнітної індукції привело до створення цілого прикладного напряму у фізиці — електрофізики, яка потім відокремилася від фізичної науки в самостійну галузь технічних знань — електротехніку. Подібну закономірність виникнення нових технічних напрямів з відповідних галузей фізики можна простежити при вивченні багатьох розділів шкільного курсу фізики. Наприклад, рівняння Максвелла → радіофізика → радіотехніка; геометрична і фізична оптика → оптичні прилади → оптична техніка і промисловість; явище індукованого випромінювання → квантова електроніка → лазерна техніка; ядерні реакції → ядерна фізика → ядерна енергетика тощо.

Отже, наука, а зокрема і фізика, є однією з головних продуктивних сил суспільства, яка проникає в усі галузі людської діяльності. Різко скорочуються терміни між фізичним відкриттям і його технічним і практичним втіленням (для порівняння можна навести такі факти: від відкриття явища електромагнітної індукції (1831) до промислового отримання змінного струму пройшло близько 50 років; від відкриття Максвеллом електромагнітних хвиль (1864) до використання їх у радіо — 35 років; відкриття реакції поділу важких ядер (1938) було реалізоване в атомній техніці вже через 5 років, а одне з величезних наукових досягнень епохи науково-технічної революції (НТР) — створення лазерів — практично відразу ж (через 2 роки) привело до розвитку могутньої лазерної техніки і використання її в усіх галузях науки і виробництва). Фізичні дослідження і технічні винаходи в епоху НТР мають тенденцію зливатися, так що не можна сказати, яким саме науковим результатом — теоретичним чи практичним — є, наприклад, такі досягнення, як синхрофазотрон, атомний реактор, лазер, транзистор, комп'ютерна техніка, нові види зв'язку, розвиток нанотехнологій тощо.

Варто було б поставити ще одне запитання: *чи може «закінчитися фізика як наука», тобто чи можуть бути зроблені всі фізичні відкриття.* У такому випадку припинився б і прогрес техніки. Її рівень залишався б тим самим, і з часом вона стала б відставати від загального соціально-культурного розвитку людства. Однак така ситуація неможлива, вона суперечить закону розвитку людської цивілізації, який також строго виконується і є об'єктивним, як і закони фізики.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Чим зумовлений розвиток фізичних знань?
2. Як впливає розвиток фізики на розвиток техніки, і навпаки? Відповідь обґрунтуйте прикладами.
3. Доповніть відомості про роль знань з фізики в житті людини і суспільному розвитку.

МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Про **дослід** як метод вивчення природи ви знаєте з основного курсу фізики. Шляхом узагальнення даних дослідів були сформульовані **фізичні поняття**, наприклад такі, як механічний і тепловий рухи, газ, рідина, тверде тіло тощо; введені **фізичні величини** для характеристики властивостей фізичних об'єктів: швидкість руху тіла, маса і об'єм тіла, тиск газу, температура тіла тощо; сформульовані **емпіричні** (отримані з дослідів) **закони**, наприклад закон Паскаля для рідин і газів, закон Джоуля—Ленца та ін.

Метод, який дає змогу одержати нові знання за допомогою проведення досліду (експерименту), називають **експериментальним.**

Цей метод — один із основних способів отримання наукових знань. Він найбільш часто застосовується в школі на уроках фізики. Проте важливо мати на увазі, що досліди, які проводяться на уроках або вдома, — це навчальні досліди. Вони відрізняються від дослідів, які проводяться в наукових лабораторіях.

Науковому експерименту передує обґрунтована **гіпотеза**. Вона визначає мету і зміст експерименту. Вимірювання проводяться у строго визначених умовах, дані вимірювань точно обробляються. Експеримент завершується оцінкою похибки отриманого результату.

У науковому експерименті вчені ставлять природі запитання, відповідь на яке наперед невідома. Для одержання надійних висновків дослід зазвичай повторюється багаторазово. Це приводить до того, що тривалість наукового експерименту часто вимірюється роками, а іноді й десятками років. Наприклад, досліди Джоуля з вимірювання відношення між роботою і кількістю теплоти продовжувалися з 1839 до 1850 року, а потім були повторені в 1878 році.

Дослід не може бути єдиним джерелом знань. **Спостереження**, наприклад, показують нам, що Сонце сходить і заходить, а Земля перебуває у стані спокою. Повсякденні спостереження показують, що важке тіло падає швидше, ніж легке, що без дії сили тіла не можуть рухатися. Наука, як відомо, за істинні приймає твердження, що суперечать цим безпосереднім спостереженням.

Дані досліду повинні бути осмислені і відтворені у системі наукових понять і законів. Тому поряд з дослідом як метод вивчення природи виступає **теорія** (теорія *з грецької* — наукове пізнання, дослідження; використання цього терміна правомірне тільки у застосуванні до науки).

Теорія узагальнює дані дослідів на основі мислення, збагачує їх і робить новими, більш глибокими знаннями. Теорія виходить за межі безпосереднього (чуттєвого) сприйняття і ставить завдання знайти об'єктивно існуючі закономірності. Видатний учений Д. І. Менделєєв говорив, що «...сила науки полягає у теоретичному мисленні. Якщо немає теоретичного узагальнення, то наші знання ще не є наукою, силою, а вони є рабством перед тим, що вивчається».

Експеримент часто проводиться для того, щоб підтвердити або відкинути теорію. Однак сам по собі експеримент, якщо він не пов'язаний з певними теоретичними передбаченнями, не має наукової цінності. Деякі експериментальні відкриття, наприклад відкриття електризації, у свій час ніяк не вплинули на розвиток фізики тому, що не була підготовлена теоретична база.

Експериментальний метод дає результати тільки у поєднанні з теоретичним.

Теорія систематизує дані дослідів на основі певних узагальнень, ідей. Вона слугує засобом отримання нових знань і вказує шляхи практичного використання відкритих закономірностей. Критерієм правильності висновків теорії є дослід, практика.

Процес розвитку знань, таким чином, іде від досліду (спостереження, експеримент) до абстрактного мислення — теорії, а потім до практики.

Наукові знання являють собою єдність **емпіричного** і **теоретичного**. Проте у пізнанні звичайно виділяють два рівні — емпіричний і теоретичний. Поділ цих рівнів пізнання відображає різницю у методах пошуку знань. Емпіричне дослідження містить у собі дослід як засіб отримання фактів і виявлення зовнішніх зв'язків, емпіричне узагальнення фактів, формування емпіричних понять і емпіричних законів. Теоретичні знання містять у собі, по-перше, систему вихідних теоретичних понять, принципів (принципіум *з латинської* — початок, основа; принципами називають судження, які узагальнюють дані досліду і слугують основними положеннями будь-якої теорії) і гіпотез; по-друге, сукупність висновків, наслідків (умовиводів), які одержують з основних положень за допомогою логічних і математичних викладів.

Вихідні поняття, принципи або гіпотези становлять **основу теорії**. В основі термодинаміки, наприклад, лежать поняття і два принципи (начала) термодинаміки — термодинаміка як теорія, що побудована на основі принципів. Молекулярно-кінетична теорія будується на іншій основі — на основі гіпотез про молекулярну будову тіл і про властивості молекул. Ці гіпотези задають модель (механічну аналогію) властивостей системи молекул, тому говорять, що молекулярно-кінетична теорія будується на основі модельних гіпотез. Принципи або гіпотези, покладені в основу теорії, являють собою узагальнення дослідних даних — спостережень, експерименту, виробничої практики. Однак в узагальненні дослідних даних міститься елемент теоретичного знання: як принципи, так і гіпотези не виводяться безпосередньо й однозначно з досліду. Для знаходження принципів і гіпотез одних даних досліду недостатньо.

Другу частину теоретичного знання, як уже зазначалося, становить система висновків, отриманих з основних положень за допомогою логічних висновків і математичних виведень, — система математичних співвідношень між фізичними величинами, які відображають властивості фізичних об'єктів. Відповідність цих висновків даним досліду слугує підтвердженням правильності вихідних положень теорії. Висновки з основних положень у тій або іншій теорії можуть бути одержані різними прийомами. Прийоми, що дають змогу отримати нові знання, слугують методами дослідження в рамках теорії. З термодинаміки, наприклад, ми дізнаємося про метод кругових процесів, із молекулярно-кінетичної теорії — про статистичний метод.

Фізична теорія правильно відображає природу явищ, які вона описує, якщо її застосовувати в тій сфері, для вивчення якої вона створена. Будь-яку теорію не можна вважати тотожною природі. Теорія — це відображення, картина реальних фізичних явищ, але відображення в єдності і цілісності, у системі. Її завдання, як вважав Л. Больцман,— слугувати скеровуючим початком для теоретичної думки й експерименту, бути способом пояснення і способом руху людської думки до істини.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ

1. Які ви знаєте методи наукового пізнання світу?
2. Що таке теорія? Яку роль відіграє гіпотеза у наукових дослідженнях?
3. Доведіть значення наукового експерименту.