

Волинський національний університет імені Лесі Українки
Навчально-науковий фізико-технологічний інститут

**Кафедра експериментальної фізики
та інформаційно-вимірювальних технологій**

Андрій Кевшин

ІСТОРІЯ ФІЗИКИ І ТЕХНІКИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Луцьк

2023

УДК 539.2
К-33

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Волинського національного університету імені Лесі Українки (протокол №9 від 22.05.2023 р.).

Рецензенти: *Назарчук П. Ф.* – канд. фіз.-мат. наук, доцент, кафедри фізики та вищої математики, ЛНТУ;

Трохимчук П. П. – канд. фіз.-мат. наук, доцент, кафедра теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського, ВНУ імені Лесі Українки.

К 33 Кевшин А. Г. **Історія фізики і техніки** : конспект лекцій. Луцьк, 2023. 80 с.

Конспект лекцій з дисципліни «Історія фізики і техніки» – складова комплексу робочих матеріалів написаних на українській мові, створених для забезпечення якісної практичної підготовки фахівців галузей знань 10 Природничі науки, 01 Освіта, галузей знань технічних наук.

Навчально-методичне видання рекомендовано здобувачам освіти спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 014 Середня освіта (Фізика), 104 Фізика та астрономія, спеціальностей галузей технічних наук.

ББК 22.37
УДК 539.2

© Кевшин А. Г. 2023
© Волинський національний
університет імені Лесі Українки, 2023

ЗМІСТ		
ВСТУП		4
ЛЕКЦІЯ 1. ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ІСТОРІЇ ФІЗИКИ. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК НАУКИ І ТЕХНІКИ		5
ЛЕКЦІЯ 2. АНТИЧНА НАУКА. НАУКА І ТЕХНІКА В АНТИЧНОМУ СВІТІ		11
ЛЕКЦІЯ 3. ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ		16
ЛЕКЦІЯ 4. ФІЗИКА І ТЕХНІКА ЕПОХИ ВІДРОДЖЕННЯ.		22
ЛЕКЦІЯ 5. ФОРМУВАННЯ ОСНОВ НАУКОВОГО ЗНАННЯ XVII-XVIII СТОЛІТЬ		28
ЛЕКЦІЯ 6. РОЗВИТОК ФІЗИКИ ТА ТЕХНІКИ У XIX СТ.		37
ЛЕКЦІЯ 7. ІСТОРІЯ ФІЗИКИ ТА ТЕХНІКИ XX СТОЛІТТЯ		45
ЛЕКЦІЯ 8. РОЗВИТОК НАУКИ І ТЕХНІКИ У XXI СТОЛІТТІ		51
ЛЕКЦІЯ 9. ВЕЛИКИЙ АДРОННИЙ КОЛАЙДЕР: ДИВО СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ.		62
ЛЕКЦІЯ 10. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ІНСТИТУТУ ВНУ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ. РОЗВИТОК НАУКОВИХ ШКІЛ		67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		79

Вступ

Наука і техніка є основою існування людей у навколишньому світі та найважливішою рисою сучасної культури. Без науки та техніки неможливе існування сучасної людини. Саме науково-технічний прогрес формує сучасне суспільство та визначає економічний розвиток держави в цілому та будь-якого окремо взятого суб'єкта господарювання. Тому історія науки та техніки є найважливішою складовою загальної історії, дає уявлення про конкретний етап розвитку людства.

Історія фізики і техніки – предмет, що вивчає історію виникнення та розвитку фізики і техніки як науки, як єдиного цілого, як суспільного явища, що займає важливе місце в житті суспільства, що відображає його найбільш передові погляди та погляди на навколишній світ і виконує своєрідну роль двигуна прогресу. Історію фізики слід сприймати як синтез природничо-наукового та гуманітарного підходів до вивчення явищ природи з урахуванням взаємозв'язку науки та техніки з життям та розвитком суспільства.

Знання історії і науки фізики є невід'ємною частиною природничо-наукової та гуманітарної освіти. Звичайно, знання, що відносяться до природничо-наукової частини предмета, можуть бути отримані безпосередньо при вивченні курсів загальної та теоретичної фізики. Однак у них не може бути приділено достатньої уваги історико-фізичним проблемам, що цілком природно, оскільки стосовно процесу вивчення цих дисциплін такі завдання не стоять. Водночас відсутність у викладача широких знань у галузі історії та методології даної науки істотно збіднює його науково-методичний та соціально-культурний кругозір. З цим і пов'язано запровадження даного курсу у програму ОП Прикладна фізика та наноматеріали.

Метою навчальної дисципліни «Історія фізики і техніки» є формування у студентів цілісного уявлення про зміст, основні етапи та тенденції історичного розвитку основних галузей та напрямів фізики та техніки, а також готовності використовувати їх у професійній діяльності.

Предметом історії фізики є історія виникнення та розвитку фізичної науки як єдиного цілого, суспільного явища, що займає певне місце в житті людей та грає в ній певну роль.

Завданнями навчальної дисципліни «Історія фізики і техніки» є:

- сприяти розвитку світогляду студентів;
- ознайомити студентів із основними етапами історії розвитку фізики, вкладами видатних вчених у галузі фізики та техніки;
- розвивати професійну культуру студента

ЛЕКЦІЯ 1. ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ІСТОРІЇ ФІЗИКИ. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК НАУКИ І ТЕХНІКИ

Слово «фізика» походить від грецького «фізис» – природа. У сучасному розумінні фізика – наука про будову матерії та про найпростіші форми її руху та взаємодії. Сучасна фізика досліджує елементарні частинки, атомні ядра, молекули, макроскопічні агрегати цих частинок – тверді тіла, рідини та гази, включаючи плазму, а також поля фізичні, що зв'язують частинки речовини в системи. Фізика як наука про природу сформувалася лише XVII столітті. До цього часу фізика була частиною натуральної філософії, яка включала у собі всеосяжні знання про природу.

Історія фізики – предмет, що вивчає історію виникнення та розвитку фізики як науки, як єдиного цілого, як суспільного явища, що займає важливе місце в житті суспільства, що відображає його найбільш передові погляди та погляди на навколишній світ і виконує своєрідну роль двигуна прогресу.

Предметом історії фізики є історія виникнення та розвитку фізичної науки як єдиного цілого, суспільного явища, що займає певне місце в житті людей та грає в ній певну роль. Фізика розглядається, по-перше, як щось єдине ціле, що виникло на певному щаблі розвитку людського суспільства. По-друге, розвиток фізики розглядається не ізольовано від історії суспільства взагалі. Виникла і фізична наука, яка розвивалася, зайняла в історії суспільства певне місце, стала грати в ній певну роль

Головною метою історії фізики, як і будь-якої історичної науки, є накопичення фактів, необхідне у тому, щоб, викладаючи в історичній послідовності, можна було відновити всю картину розвитку фізики. Отримана картина, будучи статичною, не повністю відображає всіх аспектів історії фізичних досліджень. До неї потрібно додати динамічну картину, тобто вивчення процесу розвитку фізичної науки. Такий підхід необхідний насамперед у тому, щоб зрозуміти, чому цей процес йшов так, а чи не інакше.

Історія фізики, як і будь-яка наука, вирішує три завдання: збирання матеріалу, систематизація матеріалу, аналіз та синтез матеріалу (висунення гіпотези). Якщо гіпотеза відповідає зібраному матеріалу, то вважається, що ми створили відповідну науку.

Будь-яка наука ставить своїм головним завданням встановлення відповідних законів: або законів природи, або законів суспільства. Однак, якщо завдання всіх наук – розкриття та встановлення відповідних законів, то метод дослідження їх різний. Якщо в природничих науках основа методу досліджень – експеримент, то в суспільних чи гуманітарних науках експеримент або неможливий, або його застосування надзвичайно обмежене. Для цих наук головним є спосіб історичного дослідження. Досліджуючи історичний процес розвитку тих чи інших суспільних явищ чи інститутів чи суспільства в

цілому, дослідник встановлює закони, дотримуючись яких відбувався їхній розвиток. Встановивши закони минулого, дослідник вважає, що вони справедливі й у майбутньому. Таким чином, на основі історичного дослідження, встановивши закони розвитку суспільства або окремих суспільних явищ, можна передбачити хід розвитку їх у майбутньому, тобто передбачити це майбутнє, а отже, і свідомо управляти розвитком окремих суспільних явищ або навіть розвитком суспільства в цілому.

Як будь-яка самостійна наука, історія фізики використовує специфічні методи дослідження, характерні лише для неї.

1. Дослідження джерел. Усі джерела діляться на первинні та вторинні. Первинними є рукописи, листи, журнали спостережень тощо. Вони мають дуже високу історичну і практичну цінність, тому що в них максимальним чином проявляється стиль роботи та мислення дослідника, вони мало схильні до кон'юнктурних міркувань і найбільшою мірою відображають думку автора. Вторинними джерелами є опубліковані роботи. Вони несуть у собі відбиток редагування, можуть містити твердження, що не належать автору, та інші міркування, з якими автор може бути не згоден. Саме тому настільки важливим є вивчення первинних джерел.

2. Моделювання історично значимих експериментів. Цей метод часто дає дивовижні результати, які показують, наприклад, що той чи інший знаменитий дослід, який проводиться без належної та ретельної підготовки, не забезпечує точності, необхідної для встановлення закону. Тільки потужний інтелект вченого, який проводив цей дослід, дозволив цей закон встановити.

3. Статистичний метод останнім часом використовується дуже часто. Особливо успішно він застосовується для аналізу розвитку сучасної фізики, яка дуже розширилася та набула нових напрямків.

4. Метод інтерв'ю, а також вивчення спогадів також належать до сучасної фізики. Ці методи багато в чому схожі на вивчення первинних джерел, оскільки вони найбільшою мірою відображають думку вчених, які безпосередньо проводили дослідження.

Людське суспільство живе та розвивається у матеріальному середовищі, що забезпечує можливість його життя та розвитку. На відміну від тварин, не здатних свідомо впливати на матеріальні умови свого існування, людина активно впливає на навколишній світ. У цьому активному впливі людина створює матеріальні блага: їжу, одяг, житло, паливо, знаряддя виробництва і т. д. – весь складний комплекс умов, який забезпечує існування та постійний розвиток суспільства.

Матеріальні блага створюються людиною у процесі праці. А сам процес праці передбачає обов'язкову наявність знарядь праці. Проте одних знарядь праці не завжди

достатньо для реалізації процесу праці. Так, наприклад, досвідчений слюсар, що має в своєму розпорядженні набір першокласні знаряддя інструментів, не зможе працювати в темряві, працюватиме непродуктивно при занадто високій або низькій температурі і т. д. Таким чином, крім знарядь праці, що безпосередньо впливають на предмет праці, необхідний додатковий комплекс матеріальних умов, що забезпечують можливість протікання процесу праці: освітлення, опалення, транспорт, вентиляція тощо. Разом із знаряддями праці цей додатковий комплекс становить засоби праці. Взяті разом засоби праці, що є у розпорядженні суспільства, становлять зміст поняття техніка.

Природознавство – це сукупність наук про природу. Його завдання – пізнання об'єктивних законів природи. Отже, нерозривний зв'язок між природознавством і технікою у тому, що природознавство відкриває закони природи, а техніка використовує в процесі виробництва матеріальних благ. З розвитком природознавства розвивалася і техніка, розвивалися форми зв'язку з-поміж них. Історія цього зв'язку почалася в давнину. Гостра кромка крем'яного ножа ріже, важке рубило дробить кістки, кинутий у звіра камінь летить у точній відповідності до законів природи. І трудовий досвід людини, необхідний для підтримки життєвих умов, спрямовував їх у пізнання законів природи у початковій формі дослідного передбачення результатів своїх дій з крем'яним ножом, кам'яним рубилом, кинутим у звіра каменем. З виробничою діяльністю виникав перший етап розвитку науки про природу – накопичення та перевірка фактів. Переважна більшість цих фактів належала до галузі явищ природи, що вивчаються фізикою.

Однак становлення фізики як науки, як системи знань відбулося пізніше, коли кількість помічених спостереженнями та підтверджених різними дослідженнями фактів створила основу для наукових узагальнень, для розкриття законів природи, коли зростання продуктивних сил суспільства створило умови для наукових досліджень та поставило перед дослідниками низку питань. Протягом тисячоліть люди, обробляючи землю, виготовляючи гармати, житло і т. д., накопичували фактичний матеріал емпіричних зв'язків між явищами природи, готуючи матеріал для подальших наукових відкриттів. Наприклад, люди тисячоліттями застосовували важіль, перш ніж Архімед відкрив закон його дії. Тисячоліттями люди використовували човни, але закони плавання тіл були відкриті Архімедом лише тоді, коли великі судна з сотнями рабів-гребців вже борознили моря.

Історія фізики – наука про закони розвитку фізики. Фізика сформувалася у систему знань, у науку лише тоді, коли для цього виникли певні умови. Потрібен був порівняно високий рівень продуктивних сил, на основі якого виникли міста та рабовласницькі

держави, щоб були створені передумови для розвитку науки, тобто для виникнення науки потрібні були певні суспільні умови, у створенні яких істотну роль відіграла техніка.

Землеробство – основа виникнення всієї сучасної цивілізації. Воно створило передумови виникнення стійких сільських і муніципальних поселень, уможливило розвиток ремесел і торгівлі. Воно послужило джерелом перших астрономічних, математичних та біологічних знань. Розвиток ремесла та торгівлі призвело до виникнення писемності, з виникненням якої з'явилася можливість фіксувати накопичені знання, виникла школа, почала розвиватися наука.

Батьківщиною сучасної науки, насамперед астрономії та математики, були країни стародавнього Сходу. Однак систематичні знання та наукові узагальнення стали можливими лише у високорозвинених рабовласницьких державах Греції та Риму. Назви окремих наук: філософія, фізика, математика, геометрія, географія, логіка, історія – нагадують нам про грецьке походження сучасної науки. Назва слова «техніка» також походить від грецького слова «техне» що означає «мистецтво», «вміння», «ремесло», «професія». Греки розуміли, що мистецтвом, умінням можна перемогти природу, перехитрити її. Нині давнє звучання слова «техніка» збереглося в оцінці особистої майстерності, коли ми говоримо про техніку скрипаля, художника, спортсмена. Але основне значення терміна "техніка" передано сукупності засобів праці, оскільки вона більш високою мірою, ніж уміння, визначає рівень продуктивності праці.

Наукові узагальнення насамперед належать до найрозвиненіших галузей техніки. Так, широке застосування в будівельній техніці стародавньої Греції важеля, блоків призвело до відкриття закону важеля. Суднобудування викликало відкриття закону плавання. Фізика виникла як наука про статику рідких та твердих тіл. Динаміка чекала свого часу, коли швидкохідні кораблі, ядра і кулі, які вилітають із гармат, поставлять перед наукою певні завдання, початок вирішенням яких поклав Галілей.

Наука стародавньої Греції, насамперед філософія та математика, досягла високого рівня. Досить сказати, що основний зміст сучасних шкільних підручників геометрії досі будується на основі знаменитих «Початків» геометрії, розроблених давньогрецьким математиком Евклідом. Філософські узагальнення Демокрита, Платона, Сократа, Аристотеля та Епікура і досі вивчаються та досліджуються. Ці досягнення були прямим і безпосереднім відображенням технічної виробничої практики. Практика навчила людину до абстрактного мислення, а навчившись, людина стала прагнути пізнати навколишню дійсність.

Для розвитку науки це прагнення не менш дієвий стимул, ніж практичні потреби у матеріальних благах. Ця обставина дуже ускладнює взаємозв'язки між наукою і технікою,

теорією і практикою. Історія цих взаємозв'язків показує нам не тільки розв'язок наукою задач, поставлених практикою, а й відкриття законів природи, значення використання яких для практичних цілей далеко ще не очевидно. Так, Фарадей на запитання про те, яка користь від його електричних дослідів, відповідав, що наука про електричні явища - ще дитина й ніхто неспроможний відповісти, яким вона буде у зрілому віці. Герц, який відкрив явище резонансу електромагнітних хвиль, і не думав про майбутню радіотехніку.

У середньовіччі спостерігається подальший технічний прогрес. Будується ряд досить складних машин, освоюється безперервне доменне виробництво металу, механічна енергія води і вітру замінює м'язову енергію людини. Поступово склалися передумови для революційного перетворення суспільства. У період буржуазних революцій XVI-XVIII ст. відбулася перша наукова та технічна революція. У цю епоху визначився тісніший зв'язок фізики та техніки, який надалі все більше зміцнювався і розвивався. Вже у XVI-XVII ст. відкриття у фізиці, астрономії та математиці використовуються в техніці. Годинник із маятником, астрономічна труба, пароатмосферна машина були споруджені на основі наукових відкриттів XVII ст. Вчені глибоко цікавляться технічними проблемами артилерії, кораблебудування, мореплавання, оптикою і т.д.

Технічна революція кінця XVIII ст., що почалася з перших технологічних машин, які заміняли руки робітників в текстильному виробництві, завершилася становленням машинобудування і переходом до машинного виробництва з новою енергетикою у формі універсального парового двигуна, була здійснена в основному виробничниками-практиками. Але після промислового перевороту капіталістична індустріалізація поставила перед наукою ряд завдань. Необхідність підвищення коефіцієнта корисної дії парових двигунів викликала необхідність розвитку термодинаміки, практика машинобудування вимагала поглиблення розуміння теорії пружності та теорії динаміки твердих тіл. Таким чином, техніка ставила перед наукою дедалі нові завдання. У свою чергу наука, особливо фізика, представляла техніці дедалі нові можливості. Достатньо згадати про відкриття Максвеллом та Герцем електромагнітних хвиль, що спонукало до розвитку радіотехніки.

Особливо тісним і глибоким став взаємозв'язок між наукою та технікою в сучасну нам епоху другої науково-технічної революції, яка закономірно збігається за часом з епохою революційного перетворення суспільства – епохою переходу від капіталізму до соціалізму. У цей час відбуваються відкриття в області електроніки та ядерної енергії. Ці відкриття призводять до того, що наука стає елементом продуктивних сил суспільства. Нині наука неспроможна існувати без техніки, а техніка розвиватися без науки. Наукова основа сучасної техніки – це насамперед фізика.

Розглянемо основні етапи розвитку фізики. Фізичні явища навколишнього світу давно привертали увагу людей. Спроби причинного пояснення цих явищ передували створенню фізики у сенсі цього терміну. В епоху греко-римської культури (6 ст. до н.е. – 2 ст. н.е.) вперше зародилися ідеї про атомну будову речовини (Демокріт, Епікур, Лукрецій), була створена геоцентрична система світу (Птолемей), встановлені найпростіші закони статички (правило важеля), відкриті закони прямолінійного поширення та відображення світла, сформульовані початки гідростатики (закон Архімеда), спостерігалися найпростіші прояви електрики та магнетизму.

Підсумок набутих знань був підбитий Аристотелем (4 ст. до н.е.). Фізика Аристотеля включала окремі вірні положення, але водночас відкидала багато прогресивних ідей попередників, зокрема, атомну гіпотезу. Визнаючи значення експерименту, Аристотель все ж віддавав перевагу умоглядним уявленням і не вважав експеримент головним критерієм достовірності знання. Вчення Аристотеля, канонізоване церквою, надовго загальмувало розвиток науки.

Наука відродилася лише 15–16 ст. у боротьбі з вченням Аристотеля. У середині 16 ст. Н. Коперник висунув геліоцентричну систему світу і започаткував звільнення природознавства від теології.

Потреби виробництва, розвиток ремесел, судноплавства та артилерії стимулювали наукові дослідження, що спираються на експеримент. Однак у 15 – 16 ст. експериментальні дослідження мали переважно випадковий характер. Лише у 17 ст. почалося систематичне застосування експериментального методу у фізиці, і це призвело до створення першої фундаментальної фізичної теорії – класичної механіки Ньютона.

Контрольні запитання до лекції №1.

1. Розкрийте суть поняття історія фізики та техніки?
2. Що є предметом вивчення дисципліни історія фізики і техніки?
3. Що є головною метою історії фізики і техніки?
4. Назвіть методи дослідження предмета фізики і техніки.
5. Охарактеризуйте основні етапи розвитку фізики?

ЛЕКЦІЯ 2. АНТИЧНА НАУКА. НАУКА І ТЕХНІКА В АНТИЧНОМУ СВІТІ

Епоха античності – епоха давньої грецько-римської культури, коли високого рівня розвитку досягли філософія, література, образотворче мистецтво, архітектура. Характерними рисами давньогрецького природознавства були систематичне накопичення фактів та спроби їх пояснення, слабкий емпіричний фундамент та велика кількість загальних гіпотез та теорій, в яких, правда, давньогрецька природничо-наукова думка часом передбачила чимало пізніших наукових відкриттів.

До VII ст. до н. е. Греція була периферією близькосхідної цивілізації. Греки навчалися біля Сходу: вони запозичили у фінікійців алфавіт та конструкцію кораблів, у єгиптян – мистецтво скульптури та початки математичних знань. Греція була малородючою країною, її населення не могло прогодуватися землеробством; багато хто займався рибальством, інші виїжджали у пошуках кращої долі в далекі країни, засновували колонії на берегах Середземного моря. Винаходом, яке зробило Грецію багатою країною, стало створення трієри – нового типу бойового корабля. Велика швидкість і маневреність дозволяли трієрі ефективно використати свою головну зброю – таран, який пробивав днище кораблів супротивника. Трієра дозволила грекам завоювати панування на Середземному морі та опанувати всю морську торгівлю. Великі прибутки від посередницької торгівлі забезпечили процвітання грецьких міст. Прибутки від торгівлі вкладалися у ремесло.

Греки навчалися ораторській майстерності у приватних школах, у яких викладали мудреці-софісти. Визнаним головою софістів був Протагор. Він стверджував, що «людина є мірою всіх речей» і що істина – це те, що здається більшості (тобто більшості суддів). Від софістів та Протагора пішла вся грецька філософія. Значною мірою вона зводилася до умоглядних міркувань, які сьогодні б назвали ненауковими. Проте, у міркуваннях філософів зустрічалися й раціональні думки. Сократ першим поставив питання про об'єктивність знання. Він ставив під сумнів звичні істини і вірування і стверджував, що «я знаю тільки те, що нічого не знаю».

Учнем Сократа був знаменитий філософ Платон (427-347). Соціологічні дослідження Платона продовжував Аристотель. Він написав знаменитий трактат «Політика», цей трактат містив порівняльний аналіз суспільного устрою більшості відомих тоді держав. Аристотелем було сформульовано знамениту геоцентричну модель Всесвіту, що панувала в науці до XVI ст. Безперечним досягненням Аристотеля стало створення формальної логіки. Саме Аристотелю належать праці, в яких викладено початки зоології, анатомії та фізіології. Серед них – порівняння функціонування живого організму із роботою механізму. Після його робіт наукове знання остаточно

відокремилася від філософії, відбулася диференціація: виділилися математика, фізика, географія, основи біології та медичної науки (Гіппократ). Аристотель був учителем Олександра Македонського, знаменитого завойовника півсвіту. Македонські завоювання були викликані новим винаходом у військовій сфері створенням македонської фаланги.

Першим великим механіком називають знаменитого будівельника військових машин Архімеда, який прожив велику частину життя в Олександрії. Архімед мовою математики описав використання клина, блоку, лебідки, гвинта та важеля. Архімеду приписується відкриття законів гідростатики та винахід «архімедового гвинта» – водопідйомного пристрою, який використовувався для зрошення полів (рис. 2.1.). Але Архімед був і великим ученим, який заклав основи математичної фізики. Причому практичну діяльність Архімед вважав другорядною. У статистиці Архімед ввів у науку поняття центру мас тіл, сформулював закон важеля. У гідростатиці він відкрив закон, що носить його ім'я.

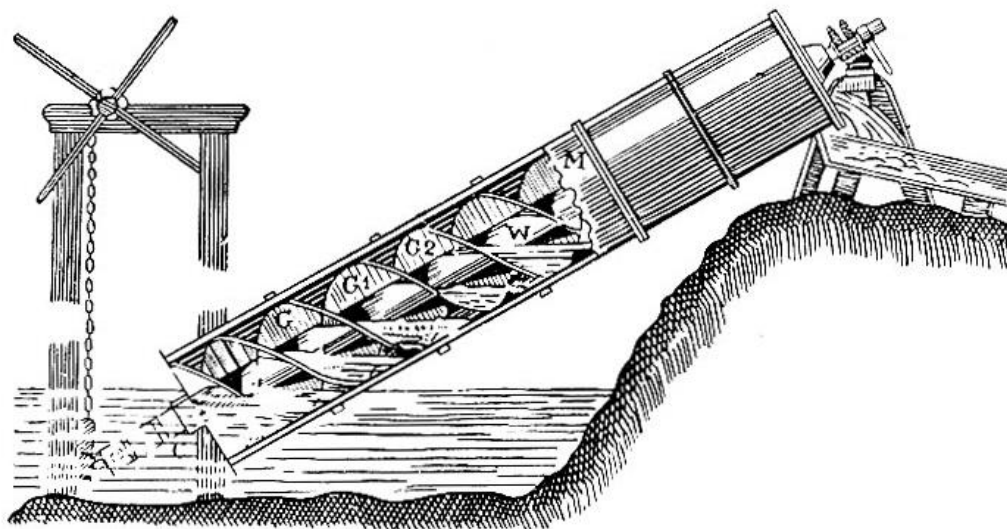


Рис. 2.1. Архімеді гвинт

У III столітті до н.е. починається епоха римських завоювань. Піднесення Риму було з новим військовим винаходом, створенням легіону. Римляни переважно користувалися знаряддями, які винайшли греки, щоправда, удосконаливши їх бойові якості. Головним технічним досягненням римлян було створення цементу та бетону. У Римі діяло 7 акведуків – водопроводів (найдовший – 70 км). Найзнаменитішим вченим та інженером римського часу був Марк Вітрувій, який жив у I столітті до н.е.

У епоху античності зародилися початкові ідеї про атомарну, дискретну будову матерії (Демокріт, Епікур, Лукрецій, V-IV ст. до н. е.). Була створена перша модель світобудови – геоцентрична система світу (Евдокс Кнідський, Аристотель, Гіппарх, Птолемей, IV ст. до н.е. – II ст. н.е.). Виникла ідея геліоцентризму (Аристарх Самоський, III ст. до н. е.), створено основи геометрії, відкрито закони прямолінійного поширення

світла та відбивання світла, покладено початок геометричній оптиці (Евклід, III ст. до н. е.), відкрито найпростіші електричні та магнітні явища (Фалес Мілетський, VI ст. до н. е.), виявлено заломлення світла, встановлено низку закономірностей статички (правило важеля, центр тяжіння) та гідростатички (закон Архімеда, умови плавання тіл). Фалес започаткував філософії природи, основною ідеєю якої була єдність природи та людини. Він вважав, що у основі природи перебувають якісь стихії: усі матеріальні об'єкти походять від неї і перетворюються в результаті на неї. Такою першоосновою він вважав воду. Питаннями прикладної механіки займався Герон Олександрійський, який зробив значний внесок у розвиток техніки. Герон сформулював так зване «золоте правило механіки» – варіант закону збереження енергії, згідно з яким жоден із простих механізмів не дає виграшу в роботі: у скільки разів виграємо в силі, у стільки ж разів програємо на відстані. Герон розробив вітряк, перший одометр (грец. *όδος* – прохід, дорога, *μέρος* – міра) – прилад для вимірювання кількості обертів колеса, за допомогою якого може бути вимірний шлях, пройдений транспортним засобом. У трактаті «Пневматика» (грец. *Πνευματικά*) Герон описав найпростішу парову турбіну, пожежний насос, автомат, який при опусканні монети видавав «священну воду».

Антична наука розвивалася з врахуванням рабовласницького ладу. Це визначило завдання та зміст її. Незважаючи на досить великий запас спостережень, незважаючи на заклики до експериментів таких філософів, як Арістотель, антична наука не могла бути експериментальною наукою. Експеримент, тісно пов'язаний з ремеслом, з рукоділлям, не міг користуватися повагою та визнанням у древніх, які високо цінували силу думки і вважали приниженням користуватися допоміжними експериментальними засобами для полегшення роботи.

Проблема заміни чи полегшення рабської праці робочою машиною не могла бути поставленою в рабовласницьку епоху. Знаряддя сільськогосподарського та промислового виробництва залишалися на низькому щаблі розвитку. Раб ненавидів свою підневільну працю і не прагнув підвищення її продуктивності, рабовласник не хотів використовувати зайві витрати для полегшення дешевої рабської праці.

Проте не можна сказати, що антична техніка була розвинена дуже слабо. Навпаки, в міру своїх завдань антична техніка досягла високого рівня. У цей час виникли цивільні споруди римлян: громадські будівлі, дороги, водопроводи, що викликають подив і у наш час.

Вивчення класичних зразків грецької та римської архітектури є необхідним елементом освіти сучасного архітектора. У свою чергу, самі греки дивувалися спорудам єгиптян і найдавнішим пам'ятникам мікенської та критської культур, називаючи їх

споруди «циклопічними». Дійсно, грубі масивні плити, з яких складені ці споруди, справляють враження, що вони виготовлені та пересунуті не руками людей, а руками казкових велетнів – «циклопів». Очевидно, що подібні споруди могли проводитися тільки володарями, які мали у своєму розпорядженні величезні маси рабів. Але і при цій умові так само очевидно, що при будівництві застосовувалися найпростіші пристрої: важелі, похилі площини.

Розвинене кораблебудування у греків пред'являло високі технічні вимоги. Питання плавучості, стійкості та керованості кораблів фактично стояли перед ними і вирішувалися емпірично. Техніка греків пішла вперед порівняно з єгипетською. Архіт з Тарента (430-365) є винахідником блоку, гвинта та автоматичного дерев'яного голуба. У «Механічних проблемах» псевдо-Аристотеля згадуються такі пристосування: важіль, колодязний журавель з противагою, рівноплечі ваги, безмін, кліщі, клин, сокира, кривошип, вал, коліно, ковзанка поліспасть, гончарний верстат, центрофуга, кермо і зубчасті коліщатка.

Високого рівня досягли будівельна та військова техніка у римлян. Терези, знайдені в Помпеї, показують, з якою віртуозністю римляни користувалися законами важеля. Але якщо ці витончені ваги ще справляють враження іграшок, то описи підйомників, що наводяться у Вітрувія, доводять, що римляни широко використовували при спорудах властивості важелів, блоків. Той же Вітрувій згадує і про рухові пристрої: ступальне колесо і водяні колеса млина.

У військовій справі римляни широко застосовували стінобитні машини (тарани), металеві вежі та артилерію: балісти, що стріляють кам'яними ядрами, і катапульти, що метають дротики та стріли. Деякі з цих машин представляли у своєму роді чудеса техніки. Але вся ця техніка, незважаючи на її високий рівень, не виходила із кола статичних проблем. В кінцевому рахунку, як вказує Папп Олександрієць (роки діяльності 305-284), все зводиться до п'яти простих пристроїв: вісь з колесом (воріт), важіль, поліспасть, клин і нескінченний гвинт. Інші завдання, крім статичних, ця техніка до науки не пред'являла. Ось чому, оцінюючи досягнення фізики античного періоду, ми повинні дивуватися низькому рівню античної динаміки порівняно зі статикою. А зважаючи на слабкий розвиток експерименту, не слід очікувати, щоб такі галузі фізики, як теплота, електрика, магнетизм та акустика, які вимагають для свого розвитку ретельних експериментальних досліджень, вийшли у давніх із зародкового стану. Статика, тісно пов'язана з нею геометрія і, в свою чергу, геометрична оптика, що базується на геометрії – ось основні досягнення античної фізики.

У силу соціально-історичних причин багато технічних винаходів античності на довгі роки виявилися забутими. Антична наука розвивалася у відриві від матеріального

виробництва. Наукове знання не передбачало діяльного оволодіння предметним світом і було незначною мірою пов'язане з розвитком у галузі техніки. Займатися фізичною працею для вільної людини було ганебним, зокрема, тому недооцінювалося пізнавальне значення досвіду. Експеримент як спосіб пізнання природи ще не був відомий. Відсутність експерименту в пізнавальному процесі зумовило суттєву обмеженість античної науки.

Контрольні запитання до лекції №2

1. Охарактеризуйте розвиток науки і техніки в епоху античності.
2. Опишіть основні моменти давньогрецького природознавства.
3. Опишіть, що особливого у науці залишив Архімед.
4. Який вплив мала фізика на розвиток будівельної та військової техніки у римлян?
5. Як впливав рабовласницький лад на розвиток науки в епоху античності?

ЛЕКЦІЯ 3. ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В ЕПОХУ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

У 573 р. н.е. під ударами варварів впала остання антична держава – Римська імперія. Це призвело не тільки до перекроювання географічної карти тодішнього світу, не тільки до відходу з історичної арени Античності як форми існування суспільства, але також до повної зміни культурних та наукових пріоритетів. Чинники, що зумовили розквіт античної науки, просто перестали існувати. Виникла нова реальність, що призвела до тривалої стагнації наукових досліджень.

На руїнах античного світу (VIII ст до н.е. – VI ст. н.е.) з'явилися нові держави, нові нації, нові способи виробництва і, що не менш важливо, посилили свій вплив (християнство) і з'явилися нові (іслам, 610 н.е.) релігії, відношення яких до науки суттєво відрізнялося від вільнодумства Античності. Таким чином, у історичному періоді, який прийнято називати Середньовіччям, змінилися економічні, політичні та ідеологічні умови. Це призвело до уповільнення темпів розвитку науки, перетворення її на «служницю богослов'я».

По відношенню до Середніх віків нерідко використовують епітет «похмурі». Певною мірою це правильно, принаймні для Європи. Феодальна роздробленість, слабка економічна база, засилля церкви в усіх галузях суспільного життя призвели до того, що культурна та наукова сфери в цей час розвивалися дуже повільно, що дозволяє говорити про «похмурість» Середньовіччя. Однак така характеристика, як це часто буває, не має абсолютного характеру. У VII-XII ст., поступово, звільняючись від клерикальних пут, у муках народжувалася нова «варварська» наука.

Основними «цеглинами», з яких будувалася середньовічна наука, стали досягнення вчених Античності. Процес відродження природничо-наукових досліджень відбувався насамперед у монастирях. Наявність у них багатих бібліотек, що мають серед іншого і безліч античних текстів, грамотність значної частини ченців, певну кількість вільного часу у мешканців монастирів – усе це передумови виникнення нової науки. З XII ст. цю тенденцію підхопили і університети і коледжі, що з'явилися в цей час, такі, наприклад, як університет у Франції, в Монпельє (заснований в 1180 р.), італійські університети у Вінченці (1205) і Падуї (1222) і т.д. Звичайно, головними предметами вивчення в університетах були науки, пов'язані з богослов'ям, проте проводилися і природничі дослідження, вага яких поступово збільшувалася.

У культурі Середньовіччя діяли три нерівноцінні початки: архаїчне (язичницьке), античне та християнське. Саме християнський світогляд як провідна ціннісна система цементувала і надавала нового змісту як язичницьким, так і античним формам свідомості та поведінки. У Середні віки відбулася зміна уявлень про природу, знання та людину.

Наприкінці античної культури всі ці три освіти розумілися досить раціонально. Тепер і природа, і наука, і людські дії починають переосмислюватися з погляду уявлень про живого християнського Бога.

Наука під впливом християнського світогляду набула нового осмислення. Знання (наука) – це тепер не просто те, що задовольняє логіку та онтологію, що описує існуюче, а те, що відповідає Божественному провидінню і задуму. Розум людини, її мислення мають бути налаштовані в унісон Божественному розуму, намагатися уподібнитися до нього.

Наприкінці XII – на початку XIII ст. найбільш популярні європейські школи стали перетворюватися на університети. Університети мали різну спеціалізацію, але, як правило, було чотири факультети: загальноосвітній (факультет мистецтв), медицини, права та теології.

Структура середньовічного наукового (точніше, переднаукового та напівнаукового) знання включає чотири основні напрями:

1) фізико-космологічний, ядром якого є вчення про рух. На основі натурфілософії Аристотеля воно об'єднує масив фізичних, астрономічних та математичних знань, що послужили ґрунтом для розвитку математичної фізики Нового часу;

2) вчення про світло: оптика у вузькому значенні слова є частиною загальної доктрини - "метафізики світла", в рамках якої будується модель Всесвіту, що відповідає принципам неоплатонізму;

3) вчення про живе, що розумілося як наука про душу, що розглядається як принцип і джерело і рослинного, і тваринного, і розумного життя;

4) астролого-медичні знання, до яких у певному відношенні примикають вчення про мінерали та алхімія.

Представляючи собою суперечливий сплав умоглядності та грубого, наївного емпіризму, будучи проміжною ланкою між технічним ремеслом та містичною натурфілософією, ці галузі знання, особливо з XIII-XIV ст., поступово руйнували ідеологію споглядальності, здійснювали перехід до експериментальної науки. Так, польський фізик та оптик Вітелій пояснив явище веселки як результат заломлення сонячних променів окремими краплями води. Р. Бекон, що представив у своєму головному творі "Велика справа" видатний енциклопедичний огляд усіх досягнень тодішньої світової науки, стверджував, що без власного експерименту не може бути ніякого глибшого пізнання і що чим ширше використовується математика, тим менше шансів залишається для сумнівів та помилок. Англійський математик Т. Брэдвардін описав ізометричні властивості багатокутників, кола, кулі, а також кутів дотику тощо, спробував математично висловити залежність між швидкістю, силою та опором. У ці роки його співвітчизник

У. Гейтсбері ввів у науку поняття про рух та прискорення. Професор Паризького університету Ж. Бурідан, займаючись проблемою джерела руху, не дав визначення поняттю "енергія", але ввів наближене до нього позначення та назвав його *impetus* (від лат. - натиск, заряд). На його думку, при створенні світу Бог повідомив небесним тілам великий запас імпетуса, і через цей запас вони здійснюють безперервний рух, не вимагаючи, однак, підштовхування з боку духу. Його молодші колеги А. Саксонський та Н. Орем розробляли проблему рівномірного та змінного руху.

Основними напрямками середньовічної «технологічної революції» були перетворення системи агротехніки, а також освоєння та використання нових енергетичних пристроїв.

До технічних новацій, які справили радикальний вплив на всю культуру Середньовіччя, відносяться:

- запозичення пороху, що призвело до створення пороходільного виробництва, а також розробка технології гранулювання пороху, що різко підвищило його ефективність;
- початок виробництва вогнепальної зброї, що докорінно змінило способи ведення бойових дій та призвело до розвитку нових технологій у ливарній справі, спрямованих на підвищення точності метання;
- запозичення паперу;
- створення та впровадження у господарський та культурний обіг різних механічних пристроїв, що створили згодом цілу інфраструктуру;
- запозичення та вдосконалення компасу, оптичних приладів (окуляри, підзорна труба);
- розвиток годинникової справи.

Мабуть, головною перешкодою, що ускладнювало швидший розвиток технічних знань у Середньовіччі, можна вважати навіть не теологізм, містицизм і споглядальність середньовічного мислення, а якісний характер знання. Середньовічна наука була не підвладна поняттю кількості, і в цьому саме полягає її корінна відмінність від сучасної науки. Вона оперувала поняттями «стихія» (ефір, вогонь тощо) і «сутність», що унеможливило становлення уявлень про об'єктивну причинність, природні закони.

У середньовічній європейській фізиці панували механіка та астрономія, засновані на ідеях Арістотеля. Так, Фома Аквінський рішуче заперечував можливість передачі тілу здібності до самостійного руху. Джерело руху завжди знаходиться поза тілом. Це суто кінематичний підхід. Втім, певні відхилення від прийнятих філософських догмів вже з'являлися. В університетах, а їх число збільшувалося, кращі уми приходили до висновків, відмінних від загальноновизнаних, і найбільше це стосувалося саме механіки та астрономії.

Методологічною базою наукових досліджень університетів у цей час була схоластика. Схоластика – філософська течія, головною метою якої був захист християнської релігії. У її основі лежать витлумачені у християнському дусі ідеї античних мислителів: Платона і особливо Аристотеля. Тісний зв'язок із релігією призвела до того, що схоластичні вчення були вкрай абстрактними, відірваними від реального життя. Вони не сприймали до уваги те, що основою вивчення природи, зокрема, фізики, є експеримент. Незважаючи на те, що у творах окремих учених-схоластів містилися раціональні моменти, схоластика стала в наступні часи синонімом абстрактного безплідного теоретизування. Саме у боротьбі зі схоластичними поглядами народилася нова наука.

В арабській культурі в середні віки з розділів механіки найбільшого розвитку набула статика, чому сприяли умови економічного життя середньовічного Сходу. Інтенсивна торгівля визначила розвиток вчення про зважування та теоретичну основу зважування – науки про рівновагу, створення численних конструкцій різних видів ваг. Арабські вчені широко використовували поняття питомої маси. Інтенсивний грошовий обіг та торгівля, як внутрішня, так і міжнародна, вимагали постійного вдосконалення методів зважування, і навіть системи мір і ваги. Це визначило розвиток вчення про зважування та теоретичну основу зважування – науки про рівновагу, створення численних конструкцій різних видів ваг. Необхідність удосконалення техніки переміщення вантажів у свою чергу сприяла розвитку науки про «прості машини».

Динаміка розвивалася з урахуванням осмислення творів Аристотеля. Середньовічні вчені обговорювали проблему існування порожнечі і можливості руху в порожнечі, характер руху в опірному середовищі, механізм передачі руху, вільне падіння тіл, рух тіл, кинутих під кутом до горизонту.

Розвиток кінематики був пов'язаний з потребами астрономії у суворих методах для опису руху небесних тіл. У цьому напрямку розвивається апарат кінематико-геометричного моделювання руху небесних тіл на основі «Альмагеста» К. Птолемея. Крім того, у низці робіт вивчалася кінематика «земних» рухів.

У період пізнього середньовіччя (XIV-XV ст.) поступово здійснюється перегляд основних уявлень античної природничо-наукової картини світу і складаються передумови для створення нового природознавства, нової фізики. Якісні зрушення відбуваються як у кінематиці, так і у динаміці. У кінематиці середньовічні схоласти вводять поняття «середня швидкість», «миттєва швидкість», «рівноприскорений рух» (його називали уніформно-дифформний). Миттєву швидкість в даний момент вони визначають як швидкість, з якою стало б рухатися тіло, якби з цього моменту його рух став рівномірним. З іншого боку, поступово визріває поняття прискорення.

В епоху пізнього середньовіччя значний розвиток набула динамічна «теорія імпетуса», яка була мостом, що поєднував динаміку Аристотеля з динамікою Галілея. Французький філософ-схоласт Жан Бурідан (XIV ст.) пояснював падіння тіл з погляду теорії імпетуса. Він вважав, що при падінні тіл, вага запам'ятовує в падаючому тілі імпетус, тому і швидкість його весь час падіння зростає. Величина імпетуса визначається і швидкістю, наданою тілу, і якістю матерії цього тіла. Імпетус витрачається у процесі руху на подолання тертя; коли імпетус витрачається, тіло зупиняється. Ці висновки стали передумовами переходу від поняття імпетуса до поняття інерції.

Падіння Римської імперії та створення «варварських королівств», нескінченна низка воєн, навали арабів, угорців, вікінгів, епідемії чуми сильно скоротили населення Європи. У результаті робочих рук поменшало, а земельні наділи скоротилися. Для того, щоб прогнати населення Європи необхідно було підвищити продуктивність праці у сільському господарстві та врожайність.

Зробити це допомогли три ключові винаходи, впроваджені в сільському господарстві в доіндустріальну середньовічну епоху та послужили запорукою випереджувального розвитку Європи – це плуг, млин та хомут.

Основними сільськогосподарськими знаряддями для оранки у Єгипті та Середземномор'ї були мотика і соха, якими у землі робили борозни. Глибина оранки сохою становить зазвичай 12 – 15 сантиметрів. У Північній Європі, де ґрунти гірші, цього було вже недостатньо. Там для отримання прийнятної врожаю потрібно було перевернути верхній шар землі.

У період римського панування (I – V століття) у Британії став поширюватися плуг – вдосконалена соха. Крім сошника (вертикального ножа, що розпушує ґрунт), він був оснащений лемешом, що вирізує ґрунт горизонтально, та відвалом, який перевертав зрізаний шар землі. Пізніше плуг поставили на колеса, що не тільки значно полегшило роботу і орачу, і тягловій тварині, але і дало можливість натисканням регулювати глибину оранки залежно від якості ґрунту.

Основними джерелами енергії в Середньовіччі, як і в стародавньому світі, залишалася м'язова сила людей і тварин. На протязі століть єдиною машиною, що застосовується в сільському господарстві, був млин. Конструкцію водяну млина описав ще в I столітті до нашої ери римський інженер і архітектор Вітрувій. Однак актуальним цей винахід став тільки тоді, коли робочих рук почало не вистачати. Вже до кінця XI століття лише в Англії налічується близько 6000 водяних млинів.

У XII столітті Берnard Клервоський, автор типового чернечого статуту католицької Європи, наказує кожному монастирю мати власний млин, щоб не залежати від постачання

хліба ззовні. Приблизно тоді в Європі почали з'являтися і вітряні млини, хоча водяні так і залишилися більш поширеними.

Млини стали використовувати не тільки при помелі зерна, але і для роботи пилюрам, насосів, пресів, а також первинної обробки каменю. Це була перша масштабна механізація господарства, яка прискорила як розвиток сільського господарства, так і ремесел, та торгівлі.

Тривалий час як тяглова сила і при оранці, і для переміщення важких вантажів використовувалися бики. На конях їздили або верхи, або запрягали її в легкий візок, колісницю. Причиною цього є використання як упряжі ярма чи нашійника. Ярмо дає навантаження на голову, нашійник, відповідно, на шию. В силу особливостей їх анатомії, биків можна запрягати і в ярмо, і в нашійник. Що ж стосується коня, то ярмо просто зламає їй шию, а нашійник можна використовувати тільки при невеликому навантаженні, інакше він її задушить. В результаті коні були поширені тільки для поїздок знаті та для військової справи. Проте навали кочівників принесли до Європи низку удосконалень, пов'язаних із конями. Серед них стремена та хомут. Хомут – це система широких ременів, яка розподіляє навантаження на груди та шию коня. Він дозволив запрягати у плуг кінь, який набагато спритніший за бика. Швидкість оранки збільшилася, це дозволило збільшити площу орних земель і, відповідно, виробляти більше хліба.

Таким чином, завдяки плугу, млину та хомуту Європа до XI – XII століття пододала аграрну кризу, викликану скороченням робочої сили у «темні віки». Крім того, в Середні віки в Європі впроваджено найважливіші технічні досягнення, такі як водяний та вітряний двигуни, механічний годинник, компас, порох, папір, окуляри. Вони вплинули і на подальший розвиток науки. Все вказане викликало зростання міст та розвиток торгівлі та культури. Пізня середньовічна цивілізація вже якісно відрізняється від античної.

Контрольні запитання до лекції №3.

1. Опишіть як будувалася середньовічна наука?
2. Які нерівноцінні початки діяли у культурі Середньовіччя?
3. Що було основою для вивчення в університетах XII – початку XIII ст.?
4. Який із розділів механіки найбільшого розвитку набув у арабській культурі?
5. Як розвивалося сільське господарство в Середньовіччі?

ЛЕКЦІЯ 4. ФІЗИКА І ТЕХНІКА ЕПОХИ ВІДРОДЖЕННЯ

Епоха Відродження – епоха інтелектуального та художнього розквіту, який розпочався в Італії у 14 столітті, досягнувши піку у 16 столітті та вплинув на європейську культуру. В цей період відбувається зміна провідного культурного початку: на перше місце знову виходять раціональні, філософсько-наукові уявлення. Виникає нове античне розуміння природи, науки та людської діяльності. Людина епохи Відродження усвідомлює себе вже не як створіння Боже, а вільний майстер, поставлений у центр світу, який за своєю волею та бажанням може стати чи нижчою, чи вищою істотою. Хоча людина визнає своє Божественне походження, вона і сама почувається творцем. Все це призвело не тільки до розвитку фундаментальних наук – математики, астрономії, механіки, біології, геології, а й, наприклад, виникнення мануфактурного виробництва та будівництва гідроспоруд. Великі географічні відкриття спричинили розвиток прикладних знань у таких галузях, як навігація і кораблебудування.

Поєднання натурфілософії та техніки, трансформація їх обох у новий тип науки відбувалися в XV і XVI ст. у багатьох областях найважливіших тоді наук. Це твердження підкріплюється безліччю прикладів. Так, у цей порівняно короткий проміжок історії жили знамениті вчені та інженери Л. да Вінчі та Л. Баттіста Альберті, Н. Коперник та Г. Галілей. Парацельс, А. Паре та А. Везалій революціонізували науки про людину, засновані як на натурфілософії, так і на середньовічній медицині, заклавши основи фармакології та хірургії. В. Гільберт заклав основи теорії магнетизму. П. Апіан, Г. Меркатор та інші працювали над теоріями та процесами, за допомогою яких можна було б скоординувати орієнтування на землі та астрономію. Математики та інженери Н. Тарталья, Д. Уффано розробили теорію балістики, яка поєднувала природну силу (гравітацію) зі штучною (імпульс снаряда) та дозволила вивести єдиний геометричний вираз їх обох. У сфері оптики примітні імена Ф. Мавролика та Д.Б. Парти.

Розвиток нових суспільних відносин у XV-XVI ст. супроводжувався посиленням інтересу до експериментального та математичного природознавства. Зміни у технічних прийомах випереджало їх теоретичне осмислення. У XVI столітті винаходять гідравлічні насоси, греблі, прес для карбування монет, в'язальна машина і т.д. Ці технічні винаходи демонстрували, з одного боку, роль інженерії, а з іншого – ставили перед природознавством нові проблеми, що вимагали фізичного експерименту (проблема тертя в машинах, проблема надійності інженерних споруд тощо).

Експериментальні дослідження цього часу значною мірою пов'язуються з ім'ям Леонардо да Вінчі. Дослідники його творчості вважають, що нічого істотно нового у розвиток теоретичної механіки не вніс. Його сила полягала у різноманітній

експериментальній діяльності. При цьому важливими виявлялися не так результати експериментів, скільки сама націленість експериментів як головне джерело знання і техніку постановки експерименту. Важливі експерименти були поставлені ним щодо проблем падіння тіл, впливу руху тіла на силу удару, випробування на розрив, тертя тіл. В галузі дослідження тертя між твердими поверхнями йому належить заслуга виведення з поставлених ним експериментів закону тертя, який говорив: "Кожним важким тілом перемагається опір тертя ваги, що дорівнює четвертій частині цієї ваги". Відкриття цього закону було важливим внеском у розвиток експериментальної механіки. Історики-фізики цілком справедливо вбачають важливість відкриття цього закону перш за все в тому, що вперше закон був відкритий в результаті фізичного експерименту – і в цьому сенсі Леонардо значно випереджав свій час не так результатами дослідження, як розумінням завдань, що виникали під впливом бурхливого розвитку техніки. Сама постановка подібних експериментів стимулювала інтерес до експериментальної фізики.

Протиставивши схоластиці експериментальне знання, Леонардо, таким чином, заклав основи експериментального методу природознавства, що відкриває широкі перспективи використання математики. «Мудрість є справа експерименту» і «Немає достовірності в науках, які не використовують математики» – ці проголошені ним принципи є двома сторонами його методу. І в цьому сенсі Леонардо справедливо сприймається як попередник сучасного природознавства.

Використання свого методу дозволило Леонардо сформулювати важливі положення. Аристотельська фізика виходила з того, що рух для свого збереження потребує сили. Леонардо на противагу цьому свідчить, що будь-який рух прагне свого збереження, тобто. тіло, що рухається, рухається до тих пір, поки в ньому зберігається сила його руху. Це твердження вже означало значний поступ у розумінні природи руху від аристотельських положень до відкриття закону інерції. Леонардо встановлює факт існування інерції, інерційного руху. Причиною руху є сила, причиною сили є рух. Сила народжується при раптовому збільшенні тіла (так при пострілі з гармати виштовхується ядро), а також шляхом скручування та згинання тіл всупереч їхньому природному стану (на цьому засновано рух балістів, лука).

Великою заслугою Леонардо є не лише звернення до природи як джерела технічних ідей і доказ можливості пояснити природу технікою. Він одним із перших у системі застосував у науці експеримент. У нього у записках міститься багато позначок про взаємини теорії та практики. Найбільш відомими винаходами да Вінчі стали пристосування для передачі руху (ланцюгова та ремінна передачі), роликові опори, карданне зчеплення, різного роду верстати, пристосування для карбування монет, ткацькі

машини, музичні інструменти, парова гармата, модель літального апарату та проект парашута. У його роботах відображено питання наукового характеру, проблему знаходження центру мас, умов рівноваги. Він зробив низку цінних спостережень з теоретичної акустики, висунув універсальну фізичну концепцію хвильового руху.

Дослідження у сфері механіки у добу Відродження пов'язані передусім з астрономією. Справа в тому, що неможливо розвивати механіку без врахування закономірностей руху небесних світил, що постійно повторювалися століттями в астрономічних спостереженнях, і в тому, що розвивати астрономію поза механікою руху цих небесних світил не можна було. Саме астрономії судилося здійснити переворот в античному стилі мислення. І цей переворот було здійснено великим польським астрономом Н. Коперніком (1473-1543), який поставив проблему відповідності між сутністю руху та його сприйняттям.

Справжню революцію у світогляді середньовічного суспільства зробила науково обгрунтована Миколою Коперником геліоцентрична система світу, яка докорінно змінила загально визнані до цього ставлення до світобудові. До появи вчення Коперника основою світорозуміння європейців була геоцентрична система античного астронома Птолемея. Згідно з нею нерухомим центром Всесвіту є Земля, навколо якої обертаються всі небесні



Ніколай Коперник

світила, включаючи Сонце. Птолемей та його послідовники розробили надзвичайно складні геометричні докази справедливості такої планетарної моделі. Вона мала безумовну підтримку церкви.

Книга Коперника «Про обертання небесних сфер», що вийшла в 1546 р., розповіла про одне з найбільших в історії людства природничих відкриттів - доказ існування Сонячної системи і навколосонячної орбіти Землі. Вчення Коперника потрясло основи середньовічного світогляду. Щоправда, масштаби катастрофи, яку зазнала християнська картина світу, оцінили церквою не відразу. Твір Коперника було заборонено в 1616 р. Але ще в 1600 р. за звинуваченням у ересі було спалено на багатті Джордано Бруно (1548-1600) – італійський вчений і поет, гарячий прихильник вчення Коперника. У 1633 р. був змушений зректися вчення Коперника засуджений Святою інквізицією Галілео Галілей (1564-1642) – великий вчений і винахідник, фізик, механік та астроном, один із засновників точного природознавства – науки Нового часу. Він перебував під наглядом церкви аж до смерті. Запеклий опір церковників геліоцентричній системі світу тривав понад двісті років, після чого католикам все ж таки довелося визнати її реальність.

Успіхи фізики 16 століття здаються незначними, але є першими завоюваннями нової культури, що звільняється від вантажу середньовічних традицій. Тут можна відзначити дослідження криволінійності траєкторії снаряда, що летить (Тарталья), незалежності швидкості падіння тіл від їх ваги (Бенедетті), рівноваги тіла на похилій площині (голландський учений Симон Стівен (1548-1620)). Також помітні роботи з оптики італійського вченого Франческо Мавролика (1494-1575), який розглянув кришталік ока як лінзу та першим досліджував заломлення світла у призмі. У 16 столітті з'явилася підзорна труба, яку випадково створили майстри ремісники з виготовлення окулярів, а не вчені. У цей час були зроблені великі географічні відкриття: відкриття Америки Христофором Колумбом 1492 р., 1519-1522 р. здійснилася перша кругосвітня експедиція Фердинанда Магеллана.

У цей період продовжилися також роботи з дослідження магнетизму: були відкриті магнітне схилення (Христофор Колумб – 1492) і магнітне нахилення (Георг Гартман – 1544). В Італії Порта в сьомій книзі своєї «Натуральної магії» описує оригінальні експериментальні дослідження за допомогою залізної тирси, використання залізної пластини як магнітного екрану та виявлення зникнення магнітних властивостей при нагріванні магніту. Гільберт щодо магніту сферичної форми зробив висновок про відповідність його магнітних властивостей магнітним властивостям Землі, тобто вперше лабораторні результати порівнюються з явищами космічного масштабу.

Гільберт Вільям (24.05.1544-30.11.1603) – англійський фізик. Народився у Колчестері. Навчався в Кембриджі та Оксфорді, був придворним лікарем королеви Єлизавети. У 1600 видав твір «Про магніт, магнітні тіла і великий магніт – Землю ...», де описав свої дослідження магнітних і електричних явищ і побудував перші теорії електрики і магнетизму. Розглядав теплоту як рух частинок. Виступав із критикою Аристотеля і сприяв поширенню в Англії вчення Коперника. Гільберту належить заслуга у зародженні науки про електрику: він виявив та досліджував електризацію низки нових речовин (електризація бурштину була відома ще в античні часи), створив перший електроскоп.

Великий внесок в обґрунтування нових методів наукового пізнання, побудованих на експерименті, вніс Френк Бекон (1561-1626). Саме він робить останній крок, оголошуючи природу основним об'єктом нової науки та трактуючи її повністю у природній модальності. Не менше значення має трактування англійським мислителем природи як умови практичної (інженерної) дії, яка здійснює "нову природу", як джерела природних процесів, проте викликаних (запушених) практичними діями людини. Важливим є і встановлений ним принциповий зв'язок наукового пізнання та практичної

дії. Ф. Бекон поєднав три ланки: уявлення про наукове пізнання, про інженерну дію і про природу як умову та об'єкт першого та другого. З цього періоду починає формуватись розуміння природи як нескінченного резервуару матеріалів, сил, енергій, які людина може використовувати за умови, якщо опише у науці закони природи.

Роджер Бекон – перший справжній пропагандист експерименту. Він сам багато експериментував. Найбільше його приваблювала оптика, досліджував, заломлення світла в лінзах, передбачав можливість побудови оптичних приладів. Р. Бекон значно просунув пояснення веселки, порівнюючи її кольори з райдужними переливами, що виникають при заломленні світла в кристаликах або краплях роси.

На думку Р. Бекона, наука має будуватися на суворих аргументах та точному досвіді. Тому він різко виступав проти захоплення ідеями Арістотеля. Щодо цього він був фактичним попередником Галілея. В цілому, однак, Р. Бекон не вплинув на розвиток європейської науки, хоча свого часу був широко відомий і навіть популярний. Його слід вважати скоріше символом науки, ніж її творцем.

У природничих науках епохи Відродження був створений новий метод мислення, звільнений від догм і схоластики. Завдяки цьому наука висувається на передові позиції у духовній культурі. У всіх сферах людської діяльності у цей час панує дух мистецтва. Це наклало відбиток та характер наукових досліджень. Наукові трактати писалися у літературному стилі. Технічні проекти видатних вчених та винахідників не підкріплювалися науковим обґрунтуванням і часом були дуже фантастичні. Однак у ряді напрямів, таких як механіка, оптика, хімія, електрика, магнетизм та ін. наука досягла порога великих змін.

Проте в епоху Ренесансу середньовічний морок не був повністю розвіяний світлом мистецтва та науки. Централізовані держави цієї доби були менш демократичними, ніж середньовічні феодальні королівства. В інтелектуальному плані Ренесанс у багатьох відношеннях був більш невиразним, ніж Середньовіччя. Досить згадати спалення відьом у період Реформації, інквізицію, звірства якої були гіршими за середньовічну жорстокість.

На всю наступну історію людства вплинули такі винаходи епохи Відродження:

- друкарство (І. Гуттенберг), яке зробило знання загальнодоступними;
- вдосконалення вогнепальної зброї;
- металургія та гірничодобувна промисловість. Г. Бауер (Агрікола) розробив класифікацію гірських порід, вперше застосував до корисних копалин поняття «чистий» і «суміш», винайшов і вдосконалив кілька машин, що застосовувалися в гірничорудній справі;

- міське будівництво та архітектура. Нові архітектурні ідеї спиралися на античні зразки, переосмислені та покращені сучасними архітекторами (базиліка Святого Петра в Римі та собор Санта-Марія дель Фьоре у Флоренції, собор Паризької Богоматері). Будувалися водозабірні системи, на зміну стічних каналів прийшли каналізаційні труби.

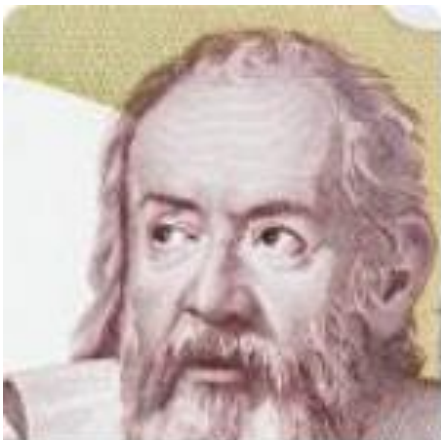
В епоху Відродження завершується перший – донауковий та переднауковий – період розвитку технічного знання, в рамках якого формуються три його різновиди: практико-методичні, технологічні та конструктивно-технічні знання. Людство підійшло до формування науки у сенсі слова, що у своє чергу мало зумовити виникнення її технічної галузі.

Контрольні запитання до лекції №4

1. Який часовий проміжок займає епоха Відродження?
2. Назвіть основних вчених цієї епохи.
3. Які технічні винаходи було введено в експлуатацію у XVI столітті?
4. Опишіть науковий світогляд Н. Коперніка.
5. Назвіть основні винаходи епохи Відродження, що найбільше вплинули на всю наступну історію людства.

ЛЕКЦІЯ 5. ФОРМУВАННЯ ОСНОВ НАУКОВОГО ЗНАННЯ XVII-XVIII СТОЛІТЬ

Найбільш розвиненою у науковому відношенні країною на межі XVI-XVII ст. була Італія, а найбільш значущою фігурою у європейській фізичній науці цього часу був



Галілео-Галілей (1564-1642)

Галілео Галілей, якого іноді називають першим фізиком. Це не так, і сам він, напевно, заперечив би. Він уважно вивчав Архімеда і високо шанував його. Знаменитий закон Архімеда про плавання тіл працює досі без жодних поправок і відомий кожному школяру. Коли ж Галілей навчався в університеті, першим і головним фізиком шанувався інший древній грек – Аристотель, який жив за століття до Архімеда та за двадцять століть до Галілея. Саме Архімед допоміг Галілею засумніватися у фізиці Аристотеля.

Під час навчання у Пізанському університеті, Галілей вивчав медицину, проте незабаром захопився геометрією та механікою, залишив університет і повернувся до батька у Флоренцію. Там Галілей протягом чотирьох років займався самостійно, причому дуже успішно, тому в 1589 р. був призначений професором Пізанського університету. З 1592 р. протягом 18 років він обіймав посаду професора університету у м. Падуя. Ще під час роботи у Падуї розпочалася боротьба Галілея за утвердження теорії Коперника. У католицькій Італії це було непросто. Обіймаючи посаду професора, Галілей був змушений говорити з кафедри про геоцентричну систему, хоча сам у неї не вірив. Захист ідей Коперника він вважав дуже важливою, але водночас і складною справою і не поспішав вступати з цього приводу в полеміку, накопичуючи знання та досвід.

Протягом усього життя Галілей активно підтримував вчення Коперника. Дуже важливо зрозуміти, що призвело його до такого світогляду. Поза всяким сумнівом, це результат творчого осмислення експериментальних фактів, що швидко множилися, у тому числі отриманих ним самим, зокрема в області астрономії.

У 1608 р. в Голландії – країні з розвиненою наукою та технікою виготовлення оптичних виробів, було винайдено зорову трубу. Дізнавшись про це, Галілей почав розмірковувати про її можливе застосування. У 1609 він створює свою власну зорову трубу, що складається з опуклої і увігнутої лінз, зі збільшенням у 30 разів. Галілей не був формальним винахідником зорової труби, однак, саме він вперше використав її для астрономічних спостережень, ставши таким чином першим ученим, який глянув на небо озброєним оком. Природно, що численні відкриття не змусили на себе чекати.

Що ж саме відкрив Галілей? Йому першому вдалося побачити кратери на Місяці та плями на Сонці, тисячі зірок у Чумацькому шляху. Існування фаз Венери свідчило про те, що вона, подібно до Землі, обертається навколо своєї осі. У вигляді Сатурна виявили особливості, суть яких Галілей тоді не зміг пояснити. Вже згодом Християн Гюйгенс дав їм вичерпне тлумачення, довівши існування кілець. У планети Юпітер виявилось принаймні чотири супутники: Іо, Європа, Ганімед і Каліпсо. Їх зараз називають галілеєвими. Система Юпітера була дуже схожа на Сонячну систему, будучи ніби її моделлю. Спостереження в телескоп показали, що «надмісячний» і «підмісячний» світи влаштовані однаково. Іншими словами, астрономічні відкриття Галілея зламали бар'єр між «земним та небесним», що існував з часів Аристотеля. Вони стали вагомим підтвердженням слушності моделі Коперника. Своє спостереження Галілео Галілей виклав у трактаті «Зоряний вісник», який за звичаєм на той час присвятив своєму меценату Козімо II Медічі.

Звернемося тепер до дослідів із механіки – головного досягнення Галілея-експериментатора. Галілей експериментально спростував вчення перипатетиків у тому, що швидкість падіння тіл пропорційна силі тяжіння. Це встановити йому допомогла знаменита Пізанська похила вежа. Скинуті з неї чавунна та дерев'яна кулі однакового розміру досягли землі практично одночасно. Невелика відмінність у часі падіння Галілей цілком слушно приписав опору повітря.

Експерименти з падінням тіл проводилися і до Галілея, але тільки він при їх постановці зумів відволіктися від безлічі несуттєвих обставин: температури та хімічного складу тіл, стану погоди і здоров'я експериментатора і т.д. Галілей зосередив свою увагу на головному – незалежності швидкості падіння від сили тяжіння. Історія фізики свідчить про те, що тільки за такої постановки експерименту його результати є достовірними. Галілей був першим ученим, який зрозумів це та здійснив на практиці. По суті саме з цього моменту і почалася експериментальна фізика.

Галілей у «Діалогах» зміг сформулювати закон інерції, хоч і не в тому вигляді, до якого ми звикли. Він не зміг відірватися від ідеальної поверхні (площини або поверхні кулі), пов'язуючи з нею «вічний рух», що відбувається без застосування сили. Проте Галілео Галілей у плутанині численних земних рухів виявив властивість тіл зберігати свою швидкість. Закон інерції він правильно застосував у конкретних випадках. Ядро, випущене з гармати, продовжуватиме летіти із заданою швидкістю, одночасно падаючи на землю.

Щоб засобами XVII ст. виміряти швидкість переміщення падаючого тіла, необхідно було значно зменшити її, не змінюючи при цьому умов падіння. Галілею

вдалося це зробити, використовуючи похилу площину. Він встановив, що швидкість скочування менша за швидкість падіння по вертикалі у визначене число разів, що відповідає відношенню довжини похилої площини до її висоти. Застосувавши похилу площину, Галілей зміг експериментальним шляхом встановити закон руху під час падіння тіл. Він здійснив експеримент, докладно описаний у «Бесідах»: «Гладка кулька з твердої бронзи» скочувалася по жолобу, «покритому лощеним пергаментом». Час вимірювалося водяним годинником з точністю до 1/10 биття пульсу, тобто 1/800 хвилини. Багато разів проводячи експеримент при різних нахилах ринви, Галілей встановив фундаментальний фізичний закон:

$$S = \frac{at^2}{2}$$

де S – модуль переміщення тіла; a – модуль прискорення тіла; t – час руху тіла.

Можна відзначити й інші здобутки Галілея. У «Бесідах» було закладено основи статички та навіть опору матеріалів. Він винайшов перший термометр (термоскоп Галілея). У розробці методологічних засад наукових досліджень Галілей пішов далі Ф. Бекона. Він зумів практично сформулювати так званий експериментальний метод, надавши йому сучасні риси: створення моделі реального процесу, абстрагування від несуттєвих фактів, багаторазові повторення дослідів тощо. Водночас він віродив математичний підхід Архімеда до дослідження природи, проголосивши, що книга природи написана мовою математики, її літерами служать трикутники, кола та інші геометричні фігури, без аналізу яких людині неможливо зрозуміти її мову.

Після смерті Галілея в природознавстві склалася ситуація, коли Аристотелеві уявлення про світ поступово здавали свої позиції під натиском нових теорій і даних експериментів. В Італії це було пов'язано з ім'ям Е. Торрічеллі – найталановитішого з учнів Галілея в Італії. Так сталося, що багатогранна наукова діяльність Торрічеллі була мало відома сучасникам: більшість його праць за життя не було опубліковано. Продовжуючи роботи Галілея, Торрічеллі істотно розвинув ту область механіки, яка близько стикається з балістикою. Саме він встановив параболічний характер траєкторії тіл, кинутих під довільним кутом до горизонту та інші теореми балістики. Ці роботи поховали уявлення перипатетиків про характер руху тіла, що рухається під кутом до горизонту.

Торрічеллі – дуже різнобічний учений, відомий нам своїми експериментами з ртутним та водяними барометрами, удосконаленням термоскопа Галілея та створенням спиртового термометра. Торрічеллі сформулював закон витікання рідини з отворів судини, вивів формулу для розрахунку швидкості струменя. Між іншим, саме він першим

встановив, що вітер – це рух повітряних мас, що виникає через атмосферний тиск. Торрічеллі завершує «золоте століття» італійської фізики.

Відкриття атмосферного тиску Торрічеллі викликало величезний резонанс. Декарт



Еванджеліста Торічеллі (1608-1647)

запропонував ідею вимірювання атмосферного тиску різних висотах, яку реалізував французький математик, фізик і філософ Блез Паскаль (1623–1662). Він провів вимірювання атмосферного тиску біля підніжжя та на вершині гори Пюї де Дом та встановив факт падіння тиску повітря з висотою. З експериментів Торрічеллі та Паскаля народилася наукова метеорологія.

Область фізичних досліджень неухильно розширювалася, захоплюючи нові плацдарми. Одним із них стали дослідження з оптики. Французький математик П'єр Ферма (1601-1665) запропонував для оптичних розрахунків дуже потужний метод, який називається принципом найменшого часу поширення світла. З його допомогою Ферма вивів, зокрема, закон заломлення. Принцип Ферма зіграв у подальшому розвитку фізики дуже позитивну роль.

У 1665 р., вже після смерті автора, вийшов твір вченого-єзуїта Франческо Марія Гримальді (1618–1663) «Фізична наука про світло, квіти та веселку», де поряд з іншими оптичними дослідженнями він описав експерименти, що призвели його до відкриття дифракції світла. У 1669 р. датський вчений Расмус Бартолін (1625-1698) описав подвійне променезаломлення в ісландському шпаті. Інший данець – Олаф Крістенсен Ремер (1644-

1710), складаючи таблиці затемнень супутників Юпітера, виявив запізнення цих затемнень і пояснив їх кінцевим значенням швидкості світла.



Роберт Гук (1635-1703)

Р. Декарт вважав, що світло поширюється миттєво, інакше це має призвести до аберацій, що спотворюють положення небесних світил. Їх виявив Джеймс Брадлей (1692-1762) в 1725 р., який на цій основі запропонував метод вимірювання швидкості світла. Оптичні дослідження розвивалися XVII в. дуже інтенсивно. Їх опис був би неповним без обговорення робіт Роберта Гука та Християна Гюйгенса.

Роберт Гук (1635-1703) – англійський фізик, член Лондонського королівського товариства, протягом шести років його секретар. Народившись на англійському острові Уайт, він мав з ранніх років дбати про засоби існування. Гук був дуже здібною дитиною, але мав слабе здоров'я. Тим не менш, піднімаючись соціальними сходами, він дістався університету, де спочатку з метою заробітку став асистентом Роберта Бойля (1627–1691). Це було корисно обом. Гук зіткнувся зі справжньою наукою, а Бойль отримав виключно здібного помічника.

Гук довгий час був куратором демонстраційних експериментів, де до його обов'язків входила демонстрація 3-4 дослідів на щотижневих засіданнях товариства. Ці обов'язки він покійно виконував протягом десятиліть, зберігаючи при цьому любов до конструювання приладів. Він був професором геометрії, талановитим архітектором, доглядачем робіт з відновлення Лондона після нищівної пожежі 1666 р. Проте головною пристрастю Гука була наука.

Почав Гук із дослідження капілярності та теорії теплоти. Особливу популярність набула його книга «Мікрографія», присвячена вдосконаленню мікроскопа та мікроскопії і започаткувала фізичну оптику. У ній же викладено думки автора про природу світла і теорію квітів, що дозволяють вважати його одним із основоположників хвильової теорії. В оптиці Роберт Гук був прихильником хвильової теорії світла, здійснив деякі досліди з дифракції, аналогічні дослідом Грімальді, висунув гіпотезу про поперечність світлових хвиль. Не цурався Гук і фізіологічних досліджень: ґрунтуючись на власних мікроскопічних дослідженнях, він описав будову низки рослин і навіть ввів термін «клітина».

У 1674 р. у роботі «Спроба довести рух Землі спостереженнями» Гук виклав свої погляди на рух небесних тіл, близькі до тих, які були розвинені Ньютоном. Таким чином, Гук був одним із тих учених, які здатні були відкрити тяжіння, а у 1660 р. вчений відкрив закон пружності, що носить його ім'я, перший в історії фізики кількісний закон. Як автор цього закону він відомий у широких колах людей, які вивчають фізику. Гук був також відомим винахідником, автором оптичного телеграфу, удосконаленого барометра, гігрометра, анеометра тощо.

На жаль, характер Роберта Гука був дуже складним. Різноманітність інтересів призвела до того, що він, як правило, лише висловлював ідеї у багатьох галузях фізики, проте до кінця свої роботи не доводив. Така постановка досліджень давала привід до численних позовів про пріоритет. Зокрема, відомі його постійні сутички з Ньютоном, Гюйгенсом та іншими сучасними вченими. Тим не менш, завдяки фанатичній відданості фізиці, Гук до самої смерті в 1703 користувався повагою всієї наукової Європи.



Христиан Гюйгенс (1629-1695)

Серед вчених особливе місце займає видатний голландський фізик, математик, астроном і винахідник Христиан Гюйгенс (1629-1695), який, як і більшість вчених того часу, одночасно займався і механікою, і оптикою.

Гюйгенс вплинув на І. Ньютона. З дитинства він захопився шліфуванням оптичного скла і займався цим протягом усього життя. Гюйгенс створив лінзи з гігантськими фокусними відстанями (54 та 63 м). Він займався удосконаленням оптичних

інструментів: мікроскопа та телескопа, сконструював окуляр, що використовується і досі (окуляр Гюйгенса).

За допомогою телескопа власної конструкції він відкрив снігові шапки на полюсах Марса, кільця Сатурна та його супутник Титан, смуги на Юпітері, туманність у сузір'ї Оріона. Гюйгенс впритул підійшов до відкриття закону всесвітнього тяжіння. Найвідоміший винахід Гюйгенса – маятниковий годинник. Як регулятор ходу годинника використовувався таутохронний маятник, період коливань якого не залежить від амплітуди.

Основні свої роботи Христиан Гюйгенс виконав з механіки та оптики. Зокрема, він розробив теорію зіткнення пружних куль, успішно використавши при цьому закони збереження, принцип відносності та перетворення координат. Гюйгенс впритул підійшов до встановлення зв'язку між силою та прискоренням (другий закон Ньютона). В оптиці Гюйгенс був прихильником хвильової теорії, розробив ряд її положень та принципів (принцип Гюйгенса), що використовуються й досі. У 1678 р. він відкрив поляризацію світла, разом із Р. Гуком встановив (1665) постійні точки термометра – точку танення льоду та точку кипіння води.

Період розвитку науки (до Ньютона) називають передісторією фізики. У цей час виникли всі області, які потім у розвиненій формі реалізувалися у фізиці, спочатку у класичній, а потім у некласичній. Розвиток класичної фізики починається в першій половині XVII століття і її теорія в основному вважається завершеною до кінця XIX століття. Ключовою фігурою у розвитку класичної фізики вважається Ісаак Ньютон (1643-1727) з його науковою роботою «Математичні початки натуральної філософії» (1687). Вважається, що саме з неї почалася вся класична сучасна фізика. Вважається, що початок класичної фізики було закладено І. Ньютоном, який сформулював основні закони

механіки, а завершено розвиток класичної фізики створенням у 1905 р. А. Ейнштейном спеціальної теорії відносності.

Ньютон отримав освіту в Кембриджському університеті у 1661–1665 рр. і став після його закінчення бакалавром. У цей час Англії бушувала чума. Ньютон у цей період в основному жив у селі, де зробив багато важливих відкриттів. Далі він поступив до Кембриджського університету, де працював, а у 1668 році захистив магістерську дисертацію. Далі Ньютон в основному займався оптикою, завдяки своїм дослідженням у 1672 році він став членом Лондонського королівського товариства (зокрема за конструювання телескопа-рефлектора), що відповідає сучасному статусу академіка.

У 70-ті роки XVII століття у Ньютона виникає безліч суперечок із Робертом Гуком щодо першості відкриттів. Гук вимагав, щоб Ньютон на нього посилався, а оскільки Гук наприкінці 70-х став вченим секретарем Лондонського королівського суспільства, то опублікувати роботи без його участі було вкрай важко. Щоб уникнути подальших суперечок, Ньютон дав слово, що не публікуватиме нічого що стосується оптики. В основному він дотримався своєї обіцянки, опублікувавши лише дві невеликі статті, а його перша серйозна книга «Оптика» вийшла лише 1704 року. З однойменною назвою існують і лекції, які Ньютон читав в університеті. Як зазначали сучасники вченого, читав він їх погано та незрозуміло, студентів на ці Лекції приходило дуже небагато.

До 90-х років XVII століття Ньютон став дуже відомою фігурою в науці, крім того, він мав безліч впливових прихильників, які його підтримували. У 1696 році він стає охоронцем Монетного двору, ця посада носила номінальний характер, але її оклад був непорівнянний з окладом професора Кембриджського університету. У 1699 Ньютона призначають директором Монетного двору, але для того, щоб обійняти цю посаду, йому було необхідно переїхати в Лондон. Робота в цій установі була дуже непростю, Ньютону довелося провести грошову реформу, в якій він досяг успіху, потім він намагався займатися бізнесом і багато втратив у своїй. Робота як директор Монетного двору передбачала, наприклад, участь у судах над фальшивомонетниками, включаючи відправлення їх на страту. У 1703 Ньютон обирається президентом Лондонського королівського товариства, в 1705 йому було присвоєно дворянське звання не дуже великого рангу, але на тлі того, що його походження було селянським, то був великий особистий успіх для вченого. У 1727 році овіяний славою Ісаак Ньютон помер і був похований у Вестмінстерському абатстві.

Найбільших успіхів механіка Ньютона досягла при поясненні руху небесних тіл. З законів руху планет, встановлених І. Кеплером з урахуванням спостережень Т. Браге та інших, Ньютон відкрив закон всесвітнього тяжіння. За допомогою цього закону вдалося з

великою точністю розрахувати рух Місяця, планет та комет Сонячної системи, пояснити припливи та відливи в океані.

Ньютон дотримувався концепції дальності, за якою взаємодія тіл (частинок) відбувається миттєво безпосередньо через порожнечу, а сили взаємодії мають визначатися експериментально.

У цей час Гюйгенс та Р. Лейбніц сформулювали закон збереження кількості руху. Гюйгенс створив теорію фізичного маятника, побудував годинник з маятником, Р. Гук відкрив основний закон пружності. Було закладено основи фізичної акустики. М. Мерсенн виміряв кількість коливань струни, що звучить, і вперше виміряв швидкість звуку в повітрі. Ньютон дав теоретичний висновок формули швидкості звуку. У 17 ст. в основному було побудовано класичну механіку та розпочато дослідження оптичних, електричних, магнітних, теплових та акустичних явищ.

У XVIII ст. продовжувався розвиток класичної механіки, зокрема небесної механіки. Уран став першою планетою, виявленою в Новий час та за допомогою телескопа. Про відкриття Урану Вільям Гершель оголосив 13 березня 1781 року. За невеликою аномалією у русі планети Уран вдалося передбачити існування нової планети – Нептуна. Справедливість механіки Ньютона не викликала. На її основі була створена єдина механічна картина світу, згідно з якою все різноманіття світу – результат відмінностей у русі атомів, що складають тіла, у русі, що підкоряється законам Ньютона. Ця картина багато років чинила сильний вплив на розвиток фізики. Пояснення фізичного явища вважалося науковим і повним, якщо це можна було звести до дії законів класичної механіки.

Важливим стимулом для розвитку механіки послужили запити промисловості, що зароджувалась. У роботах Л. Ейлера та ін. була розроблена динаміка абсолютно твердого тіла. Паралельно з розвитком механіки частинок і твердих тіл йшов розвиток механіки рідин, газів і деформованих тіл. Працями Д. Бернуллі, Ейлера. Ж. Лагранжа та ін. у 1-й половині XVIII ст. було закладено основи гідродинаміки ідеальної рідини, тобто нестисливої рідини, у якої відсутня в'язкість та теплопровідність. В «Аналітичній механіці» Лагранжа рівняння механіки представлені в такій узагальненій формі, що надалі їх вдалося застосувати і до немеханічних, зокрема електромагнітних процесів. Р. Гамільтон встановив загальний інтегральний принцип найменшої дії класичної механіки, який виявився застосовним у всій фізиці.

В інших областях фізики відбувалося подальше накопичення дослідних даних, формулювалися найпростіші експериментальні закони. Ш. Дюфе відкрив існування двох видів електрики та визначив, що однойменно заряджені тіла відштовхуються, а

різноіменно заряджені – притягуються. Б. Франклін встановив закон збереження електричного заряду. Г. Кавендіш та Ш. Кулон незалежно відкрили основний закон електростатики, що визначає силу взаємодії нерухомих електричних зарядів (закон Кулону). Виникло вчення про атмосферну електрику, зокрема, було доведено електричну природу блискавки.

В оптиці продовжувалося вдосконалення телескопа. Працями П. Бугера та І. Ламберта почала створюватися фотометрія. Було відкрито інфрачервоні (В. Гершель, У. Волластон) та ультрафіолетові (І. Ріхтер) промені. Помітний прогрес спостерігався у вивченні теплових явищ: почали розрізняти температуру та кількість теплоти. Це сталося після відкриття Дж. Блеком прихованої теплоти плавлення та експериментального доказу збереження теплоти в калориметричних дослідах. Було сформульовано поняття теплоємності, розпочато дослідження теплопровідності та теплового випромінювання. Водночас утвердилися неправильні погляди на природу теплоти. Теплоту розглядали як особливого роду незнищенну невагому рідину – теплород, здатну перетікати від нагрітих тіл до холодних. Корпускулярна теорія теплоти, згідно з якою теплота – це вид внутрішнього руху частинок, зазнала поразки, незважаючи на те, що її підтримували та розвивали такі видатні вчені, як Ньютон, Гук, Бойль, Бернуллі, Ломоносов та ін.

Контрольні запитання до лекції №5

1. Опишіть основні наукові досягнення Галілео-Галілея.
2. Які відкриття зробили Торрічеллі та Гримальді?
3. Які наукові погляди мали Гюйгенс та Гук?
4. У чому проявились найбільші успіхи Ньютона як науковця?
5. Як ви вважаєте, що стимулювало розвиток механіки XVII-XVIII століть.

ЛЕКЦІЯ 6. РОЗВИТОК ФІЗИКИ ТА ТЕХНІКИ У ХІХ СТ.

На поч. ХІХ ст. тривала конкуренція між корпускулярною та хвильовою теоріями світла завершилася остаточною, начебто, перемогою хвильової теорії. Це сталося після того, як Т. Юнг та одночасно О. Ж. Френель за допомогою хвильових уявлень успішно пояснили явища інтерференції та дифракції світла. Пояснити ці явища з допомогою корпускулярної теорії було неможливо. У той самий час було отримано вирішальний доказ поперечності світлових хвиль (Френель, Д. Ф. Араго, Юнг), відкритої ще у 18 ст. Розглядаючи світло як поперечні хвилі в пружному середовищі (ефірі), Френель знайшов кількісний закон, що визначає інтенсивність переломлених і відбитих світлових хвиль при переході світла з одного середовища до іншого (формули Френеля), а також створив теорію подвійного променезаломлення.

Велике значення у розвиток фізики мали відкриття Л. Гальвані та А. Вольта, які дозволили створити досить потужні джерела постійного струму – гальванічні батареї. Це дало змогу виявити та вивчити різноманітні дії струму. Насамперед було досліджено хімічну дію струму (Р. Деві, М. Фарадей), В. Петров отримав електричну дугу. Відкриття Х. К. Ерстедом у 1820 р. дії електричного струму на магнітну стрілку довело зв'язок між електрикою і магнетизмом. Грунтуючись на єдності електричного і магнітного явищ, А. Ампер дійшов висновку, що всі магнітні явища обумовлені зарядженими частинками, що рухаються - електричним струмом. Після цього Ампер експериментально встановив закон, що визначає силу взаємодії між електричними струмами (закон Ампера).

У 1831 році Фарадей відкрив явище електромагнітної індукції. При спробах пояснення цього явища за допомогою концепції далекодії виявились значні труднощі. Фарадей висловив гіпотезу (ще до відкриття електромагнітної індукції), за якою електромагнітні взаємодії здійснюються за допомогою проміжного агента – електромагнітного поля (концепція близькодії). Це послужило початком формування нової науки про властивості та закони поведінки особливої форми матерії – електромагнітного поля.

Дуже важливе значення для фізики та всього природознавства мало відкриття закону збереження енергії, який пов'язав до купи всі явища природи. У середині 19 в. дослідним шляхом була доведена еквівалентність кількості теплоти та роботи і, таким чином, встановлено, що теплота є не якоюсь гіпотетично збереженою субстанцією – теплородом, а особливою формою енергії.

У 40-х роках. 19 ст. Р. Ю. Майєр, Дж. Джоуль та Г. Гельмгольц незалежно один від одного відкрили закон збереження та перетворення енергії. Закон збереження енергії став основним законом термодинаміки – теорії теплових явищ, в якій не враховується молекулярна будова тіл. Цей закон отримав назву першого початку термодинаміки.

Ще до цього відкриття С. Карно у праці «Роздуми про рушійну силу вогню і про машини, здатні розвивати цю силу» (1824) отримав результати, що послужили основою



Юліус Роберт фон Маєр



Джеймс Прескотт Джоуль



Герман Гельмгольц

для іншого фундаментального закону – теорії теплоти – другого початку термодинаміки. Цей закон, сформульований у роботах Р. Ю. Клаузіуса у 1850 р. та У. Томсона (лорд Кельвін) у 1851 р., та є узагальненням експериментальних даних, що вказують на незворотність процесів у природі, та визначає напрямок можливих енергетичних процесів.

Поруч із розвитком термодинаміки розвивалася і молекулярно-кінетична теорія теплових процесів. Це дозволило включити теплові процеси до рамок механічної картини світу і водночас призвело до відкриття нового типу законів – статистичних, у яких всі зв'язки між фізичними величинами носять неоднозначний, імовірнісний характер.

На першому етапі розвитку кінетичної теорії найпростішого середовища – газу – Джоуль, Клаузіус та інші обчислили середні значення різних фізичних величин: швидкості молекул, числа зіткнень молекул за секунду, довжини вільного пробігу тощо. Була отримана залежність тиску газу від числа молекул в одиниці об'єму та середня кінетична енергія поступального руху молекул. Це дозволило розкрити глибоке фізичне значення температури як міри середньої кінетичної енергії молекул. В основі цих уявлень лежало припущення, що молекули беруть участь у хаотичному тепловому русі.

Другий етап розвитку молекулярно-кінетичної теорії розпочато Дж. К. Максвеллом. У 1859 р. він, ввівши вперше у фізику поняття ймовірності, знайшов закон розподілу молекул за швидкостями – ймовірність того, що швидкість молекули лежить

усередині певного інтервалу значень (розподіл Максвелла). Після цього можливості молекулярно-кінетичної теорії надзвичайно розширилися та призвели до створення статистичної механіки. Л. Больцман побудував кінетичну теорію газів та дав статистичне обґрунтування законів термодинаміки. Основна проблема, яку значною мірою вдалося вирішити Больцману, полягала у відповідності до оборотного за часом характеру руху окремих молекул з очевидною незворотною всіх макроскопічних процесів. Термодинамічній рівновазі системи, за Больцманом, відповідає максимум ймовірності цього стану. Необоротність процесів пов'язана із прагненням систем до найімовірнішого стану. Велике значення мала доведена Больцманом теорема про рівномірний розподіл середньої кінетичної енергії за ступенями вільності.

Статистична механіка отримала завершення у 1902 р. у роботах Дж. У. Гіббса, який створив метод розрахунку функцій розподілу для будь-яких систем (а не тільки газів) у стані термодинамічної рівноваги. Загальне визнання статична механіка отримала у 20 ст. після створення у 1905–06 рр. А. Ейнштейном та М. Смолуховським на основі молекулярно-кінетичної теорії речовини, теорії броунівського руху, що отримала експериментальне підтвердження у досліджах Ж.Б. Перрена.

У другій половині 19 ст. тривалий процес вивчення електромагнітних явищ був завершений Максвеллом, який написав рівняння для електромагнітного поля, які пояснювали всі відомі на той час факти з єдиної точки зору і дозволяли передбачати нові явища. Електромагнітну індукцію Максвелл інтерпретував як процес створення змінним магнітним полем вихрового електричного поля. Після цього він передбачив зворотний ефект – створення магнітного поля змінним електричним полем («струмом усунення»). Найважливішим результатом теорії Максвелла був висновок про скінчену швидкість поширення електромагнітних взаємодій (електромагнітних хвиль) та рівність її швидкості світла. Експериментальне виявлення електромагнітних хвиль Г. Р. Герцем (1886 – 89 рр.) підтвердило справедливості цього висновку. З теорії Максвелла випливало, що світло має електромагнітну природу. Тим самим оптика стала одним із розділів електродинаміки. Наприкінці 19 ст. П. Н. Лебедев експериментально виявив та виміряв тиск світла, передбачений електромагнітною теорією Максвелла. У цей час А. З. Попов і Р. Марконі вперше використовували електромагнітні хвилі для бездротового зв'язку.

У 19 ст. продовжувався також розвиток механіки суцільних середовищ. У 1859 р. Р. Кірхгоф і Р. Бунзен заклали основи спектрального аналізу. В акустиці було розроблено теорію пружних коливань і хвиль (Гельмгольц, Дж. У. Релей та ін.). Створено техніку отримання низьких температур. Були отримані у рідкому стані всі гази, крім гелію, а на

початку 20 ст. Х. Камерлінг-Оннес зрідив гелій. У 1911 р. ним було відкрито надпровідність.

Наприкінці 19 ст. фізику вважали майже завершеною. Здавалося, що всі фізичні явища можна звести до механіки молекул (або атомів) та ефіру. Ефір розглядався як механічне середовище, в якому розігруються електромагнітні явища. Лорд Кельвін звертав увагу лише на два незрозумілі факти: негативний результат експерименту Майкельсона щодо виявлення руху Землі щодо ефіру та незрозумілу з точки зору молекулярно-кінетичної теорії залежність теплоємності газів від температури. Однак саме ці факти стали першою вказівкою на необхідність перегляду основних уявлень фізики. Для пояснення цих та багатьох інших фактів, відкритих згодом, знадобилося створення теорії відносності та квантової механіки.

19 століття заклало основи для розвитку науки 20-го століття і створило передумови для багатьох майбутніх винаходів і технологічних нововведень, якими ми користуємося в даний час. Наукові відкриття 19 століття були зроблені в багатьох областях і вплинули на подальший розвиток. Технічний прогрес нестримно просувався. Розглянемо вплив відкритих законів фізики на розвиток техніки цього часу.

Ключовою особливістю розвитку науки 19 ст. є широке застосування електрики у всіх галузях виробництва. І люди вже не могли відмовитись від використання електрики, відчувши його суттєві переваги. Багато наукових відкриттів 19 століття було здійснено у цій галузі фізики. Тоді учені почали детально вивчати електромагнітні хвилі та їх вплив на різні матеріали. Почалося впровадження електрики у медицину.

У 19-му столітті у сфері електротехніки працювали такі відомі вчені, як француз Андре-Марі Ампер, два англійці Майкл Фарадей та Джеймс Кларк Максвелл, американці Джозеф Генрі та Томас Едісон. У 1831 Майкл Фарадей помітив, що якщо мідний дріт рухається у магнітному полі, перетинаючи силові лінії, то у ньому виникає електричний струм. Так виникло поняття електромагнітної індукції. Це відкриття створило ґрунт для винаходу електродвигунів. Перші електродвигуни були з постійними магнітами. Спочатку з'явилися електротехнічні пристрої зі зворотно-поступальним або качальним рухом якоря, які не знайшли практичного застосування. У 1834 р. Якобі (1801 – 1874) створює перший у світі електродвигун із безпосереднім обертанням робочого валу. Обертальний рух якоря в двигуні Якобі відбувалося внаслідок поперемінного притягання та відштовхування електромагнітів. Потужність такого двигуна становила лише 15 Вт.

У 1865 Джеймс Кларк Максвелл розробив електромагнітну теорію світла. Він припустив існування електромагнітних хвиль, з яких передається електрична енергія у просторі. У 1883 року Генріх Герц довів існування цих хвиль. Він також визначив, що

швидкість їхнього поширення – 300 тис. км/сек. На основі цього відкриття Гульєльмо Марконі та А. С. Попов створили бездротовий телеграф – радіо. Цей винахід став основою для сучасних технологій бездротової передачі інформації, радіо та телебачення, у тому числі всіх видів мобільного зв'язку, в основі роботи яких лежить принцип передачі даних через електромагнітні хвилі.

У галузі хімії у 19 столітті найзначнішим було відкриття Д.І. Менделєєвим Періодичного закону. На основі цього відкриття було розроблено таблицю хімічних елементів, яку Менделєєв побачив уві сні. Відповідно до цієї таблиці він припустив, що є ще невідомі тоді хімічні елементи. Передбачені хімічні елементи скандій, галій та германій згодом були відкриті у період з 1875 по 1886 р.р.

Хоча вважається, що перший комп'ютер з'явився в ХХ столітті, але вже у ХІХ столітті було збудовано перші прообрази сучасних верстатів з числовим програмним управлінням. Жозеф Марі Жаккар, французький винахідник, 1804 року винайшов спосіб програмування роботи ткацького верстата. Суть винаходу полягала в тому, що ниткою можна було керувати, використовуючи перфокарт з отворами в певних місцях, в яких передбачалося нанести нитку на тканину.

Вже на початку 19 століття почався поступовий переворот у машинобудуванні. Олівер Еванс був одним із перших, хто у 1804 році у Філадельфії (США) продемонстрував автомобіль із паровим двигуном.

Наприкінці 18-го століття з'явилися перші токарні верстати. Їх розробляв англійський механік Генрі Модслі. За допомогою таких верстатів вдалося замінити ручну працю, коли необхідно було проводити обробку металу з великою точністю.

У 19 столітті було відкрито принцип роботи теплового двигуна і винайдено двигун внутрішнього згоряння, що послужило поштовхом до розвитку більш швидкісних засобів пересування: паровозів, пароплавів та самохідних машин, які ми зараз називаємо автомобілями. Також почали розвиватись залізниці. У 1825 році в Англії Георг Стефенсон збудував першу залізницю. Вона забезпечувала залізничний зв'язок міст Стоктон та Дарлінгтон. У 1829 р. проклали гілку, яка зв'язала Ліверпуль і Манчестер. Якщо у 1840 році загальна протяжність залізниць становила 7700 км, то до кінця 19-го століття це було 1 080 000 км.

У 1842 р. Несміт (шотландський інженер) запатентував паровий молот. Перші молоти використовували вільне падіння, але пізніше було зроблено падіння з зусиллям. Оператор отримав можливість керувати силою кожного удару. Несміт любив хвалитися можливістю молота. Спочатку молот розбивав яйце, поміщене у фужер, не пошкоджуючи келихи, а потім завдав удару на повну силу, який тряс будинок. Молот Несміт набув

широкого застосування, до 1856 року було вироблено 490 одиниць, які були продані не лише у Європі, а й у Індії і навіть у Австралії.

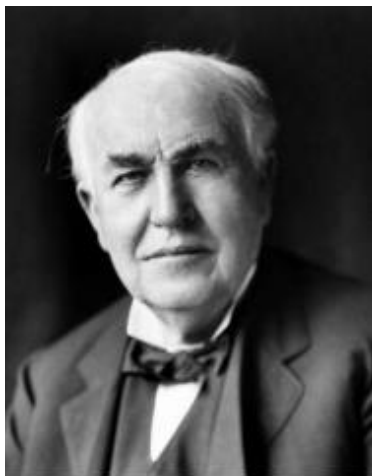
Ще одним із досягнень промислової революції стало вуличне освітлення. Його поява у британських містах стала можливим завдяки шотландському інженеру Вільяму Мердоку. Він винайшов процес отримання світильного газу шляхом піролізу (розщеплення складних органічних сполук на простіші при високій температурі) кам'яного вугілля, а також способи його накопичення, транспортування та використання в газових ліхтарях. Світильник газ – суміш водню (50 %), метану (34 %), окису вуглецю (чадний газ – 8 %) та інших горючих газів, одержувана при піролізі кам'яного вугілля або нафти. Перші газові світильники було встановлено в Лондоні 1812 – 1820 гг. Незабаром велика частина вугілля, що видобувається у Великій Британії, йшла на потреби освітлення, так як воно не тільки підвищувало комфорт і безпеку на міських вулицях, але й сприяло подовженню робочого дня на фабриках та заводах. Раніше заводи висвітлювалися дорогими свічками та масляними лампами.

В цей час проводилися дослідження і в галузі використання струму в електротермічних процесах. Джеймс Прескотт Джоуль (1818 – 1889) у 1841 р. та незалежно від нього у 1842 р. Емілій Християнович Ленц (1804-1865) відкрили закон виділення теплоти під час проходження струму – закон Джоуля – Ленца. Це відіграло величезну роль у встановленні закону збереження та перетворення енергії. Ленц сформулював правило, згідно якого індукований струм завжди спрямований так, що його магнітне поле протидіє процесам, що викликає індукцію. Варто відзначити також встановлені Робертом Густавом Кірхгофом (1824 – 1887) закони розгалуженого електричного кола та роботи Вебера та Гауса в галузі теорії магнетизму.

Найбільший інтерес у другому періоді розвитку електротехніки після телеграфії викликало електричне освітлення. Тоді вже були створені основні типи дугових ламп і безліч ламп розжарювання. Але для всього цього потрібне було надійне джерело дешевої електроенергії. Таким став електромашинний генератор, заснований на принципі електромагнітної індукції, відкритої Фарадеєм. Створенню його сприяло розвиток науки.

У другій половині 1870-х рр. завдяки роботам Павла Миколайовича Яблочкова (1847 – 1894), з'явилися генератори однофазного змінного струму. Вони отримали застосування лише завдяки свічці Яблочкова. Вона являла собою два стрижні, затиснутих у клеммах свічника та розділених ізоляційною прокладкою з каоліну. На верхніх кінцях запалювався дуговий розряд, і полум'я дуги яскраво світило, поступово спалюючи вугілля і випаровуючи ізоляційний матеріал.

У 1880-ті роки з'являються перші лінії електрифікованого залізничного транспорту, у тому числі міські (трамваї), винайдено електрозварювання, будуються



Томас Алва Едісон

електричні печі, підйомники та інші транспортуючі пристрої. Електрика широко впроваджується у хімічні технології (електроліз). В цей час яскраво розквітає талант Томаса Алва Едісона (1847 – 1931). У 1882 році Едісон запустив в експлуатацію першу у світі масштабну електромережу, яка постачала електроенергією 59 клієнтів у районі Нью-Йорка Нижній Манхеттен. Мережа була постійного струму, напругою 110 В. Винахідник заснував компанію Edison General Electric з виготовлення електродвигунів, лампочок, кабелів та освітлювальних приладів. У 1892 році компанія Едісона об'єдналася з

іншими компаніями у корпорацію General Electric. Томас Едісон поєднував талант винахідника з даром організатора «винахідницької промисловості». У 1889 р. на Всесвітній промисловій виставці в Парижі він продемонстрував європейцям плоди своєї творчості: телеграф, телефон, фонограф, різних електротехнічних приладів.



Нікола Тесла

У цей період широко проявляється талант Миколи Тесла (1856 – 1943). Він добре відомий завдяки своєму вкладу в створення пристроїв, що працюють на змінному струмі, багатофазних систем, синхронного генератора та асинхронного електродвигуна, що дозволили зробити так званий другий етап промислової революції. 12 жовтня 1887 р. Тесла дав чіткий науковий опис суті явища магнітного поля, що обертається. 1 травня 1888 р. він отримав свої основні патенти на винахід багатофазних електричних машин (у тому числі асинхронного

електродвигуна) та системи передачі електроенергії за допомогою багатофазного змінного струму. З 1889 р. Тесла розпочав дослідження струмів високої частоти (ВЧ) та високих напруг. Винайшов перші зразки електромеханічних генераторів ВЧ (у тому числі індукторного типу) та високочастотний трансформатор (трансформатор Тесла, 1891 р.), створивши цим передумови у розвиток нової галузі електротехніки – техніки ВЧ. Він виявив, що за частоті понад 700 Гц електричний струм протікає поверхнею тіла, не завдаючи шкоди тканинам організму. Електротехнічні апарати, розроблені Теслою для медичних досліджень, набули широкого поширення у світі.

XIX-е століття – це століття промислової революції, століття електрики, століття залізниць. Воно вплинув на культуру і світогляд людства, докорінно змінило систему цінностей людини. Поява перших електродвигунів, винахід телефону та телеграфу, радіо та нагрівальних приладів, а також лампи розжарювання – усі ці наукові відкриття 19 століття перевернули життя людей того часу.

Контрольні запитання до лекції №6

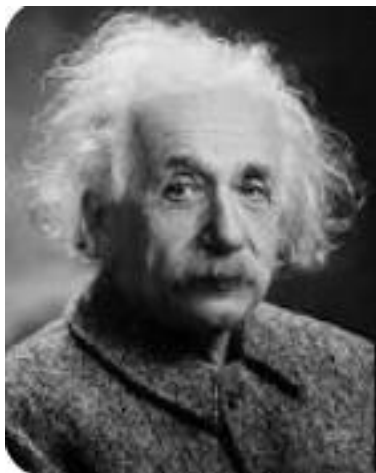
1. У чому була суть конкуренції між корпускулярною та хвильовою теоріями світла?
2. Проаналізуйте відкриття Л. Гальвані та А. Вольта та їх значення для подальшого розвитку фізики і техніки.
3. Як вплинуло відкриття Фарадеєм явища електромагнітної індукції на подальший розвиток електротехніки?
4. Які основні відкриття зробили Джоуль, Майєр, Гельмгольц?
5. Який вклад у розвиток електрифікації зробили Едісон та Тесла?

ЛЕКЦІЯ 7. ІСТОРІЯ ФІЗИКИ ТА ТЕХНІКИ ХХ СТОЛІТТЯ

Напередодні ХХ століття фізики мали почуття деякої самозаспокоєності. Їм здавалося, що основні факти фізичного світу вже відкриті і чекає деяке уточнення «за межами шостого десяткового знака». У. Томсон (Кельвін) говорив, що на цьому загальному благополучному тлі є лише дві легкі хмарки: досвід Майкельсона та проблема теплового випромінювання. Достатньо лише впоратися з цими загалом незначними труднощами – і фізика досягне повного благополуччя, картина світу буде цілком зрозуміла. Проте, як виявилось, це було не так, і у ХХ століття – історія фізики досягла небувалої за своїми масштабами наукової революції.

Перший підготовчий етап цієї революції припадає на початок століття, хоча у 1901-1917 рр. зовнішній хід розвитку фізики ще порівняно спокійний. Фізика розвивається темпами ХІХ століття, фізичні роботи класифікуються за розділами, встановленими ще цьому столітті. Знаменита робота Ейнштейна «До електродинаміки середовищ, що рухаються» йде в реферативних журналах під рубрикою «Електромагнітна індукція». Але в цій звичній картині плавного ходу фізичної науки і давалася ознаки революція.

Початок нової наукової революції поклав Альберт Ейнштейн, який розробив у 1905 р. на основі робіт Пуанкаре, Лоренца та ін. спеціальну теорію відносності. Ця теорія, що описує рух, і просторово – тимчасові відносини при довільних швидкостях, у тому числі близьких до швидкості світла. При цьому класична механіка Ньютона є наближенням теорії відносності, справедливим при малих швидкостях руху.



Альберт Ейнштейн

У 1916 Ейнштейн створює загальну теорію відносності, яка є узагальненням спеціальної теорії відносності для гравітаційних полів. Нова теорія перевернула уявлення всіх учених на той час. Відповідно до цієї теорії, гравітація – це не процес взаємодії полів і тіл у просторі, а результат викривлення простору – часу. Ця теорія пояснила появу у Всесвіті так званих чорних дірок, а також викривлення світлових променів від зірок при їх проходженні поруч із Сонцем.

Наступний революційний крок цього періоду – проникнення у світ атома. У 1911 р. Е. Резерфорд відкрив ядерну структуру атома, у 1912 р. Лауе, батько та син Бреггі довели хвильову природу рентгенівських променів та відкрили метод рентгенографічного аналізу структури кристалів. У 1913 р. Бор дав квантову теорію атома водню і знайшов ключ до розшифровки таємничих спектральних закономірностей. Революційні ідеї Бора про існування квантованих рівнів енергії в атомі

були підтверджені у 1914 експериментами Франка і Герца. У 1915 р. Зоммерфельд узагальнив правила квантування Бора на еліптичні орбіти і з допомогою ідеї просторового квантування пояснив ефект Зеємана. У 1917 р. Ейнштейн дав виведення формули Планка, що спирався на ідеї квантових переходів, і остаточно зупинився на квантовій теорії світла.

Створення теорії відносності та квантової моделі атома – найважливіші підсумки розвитку фізики на початку ХХ століття, що визначили подальший перебіг її історії.

До досягнень у галузі класичної фізики слід додати чудові результати експериментальної фізики. Розвиток фізики низьких температур відзначається відкриттям нового термодинамічного закону Нернстом у 1907 (При прямуванні температури будь-якої рівноважної термодинамічної системи до абсолютного нуля її ентропія прямує до деякої універсальної постійної величини, значення якої не залежить від будь-яких термодинамічних параметрів системи і може бути прийнято рівною нулю) та відкриттям надпровідності Камерлінг-Оннесом у 1911 р., лічильника Гейгера (1908), камери Вільсона (1911), метод парабол Томсона (1913). Електронна лампа діод була винайдена Флемінгом у 1904 р., тріод – де Форестом у 1907 р. Катодний генератор незагасаючих коливань був винайдений Мейснером у 1913 р. Наставала революція у фізичному експерименті, пов'язана з широким використанням електроніки.

Потім слідує короткочасний період 1918-1925 рр. відновлення нормальної наукової роботи, порушеної війною, відновлення міжнародних наукових зв'язків. Внутрішнє життя фізики характеризується подальшим прогресом квантової теорії. Встановлення Бором принципу відповідності (1918) мало важливе значення для подальшого розвитку цієї теорії. Тлумачення тонкої структури спектральних ліній та аномального ефекту Зеємана було дано у 1921 р. Ланде на основі формальної векторної моделі. У цьому ж 1921 р. Штерн і Герлах провели свій експеримент із молекулярними пучками, який підтвердив наявність магнітного моменту в атомів. У ці роки Бор розробляв теорію періодичної системи і показав теоретично, що з групою рідкісноземельних елементів може бути новий елемент. Цей елемент – гафній – було відкрито 1922 р. Хевеші і Костером.

У 1923 р. Комптон відкрив ефект, що носить його ім'я, який отримав наочне теоретичне тлумачення ним самим і Дебаєм за допомогою ідеї про фотон як частинку з певною енергією та імпульсом. Це відкриття зміцнило позиції квантової теорії світла, але водночас із ще більшою гостротою поставило питання поєднання хвильових і корпускулярних властивостей світла. У 1924 р. Де Бройль висунув ідею існування хвиль матерії. У тому ж 1924 р. Паулі ввів нове квантове «внутрішнє» число, яке після введення в 1925 р. Юленбеком і Гаудсмітом гіпотези про електрон, який обертається, отримало

значення «спінового» квантового числа. 1924 р. був також роком народження нової квантової статистики Бозе-Ейнштейна

Не менш важливі події відбувалися у ядерній фізиці. У 1919 р. Резерфорд відкриває першу ядерну реакцію. Того ж року Астон, продовжуючи в Кембриджі перервані війною дослідження, за допомогою свого мас-спектрографа відкриває ізотопи стабільних елементів. Бомбардуючи α -частинками легкі елементи, Резерфорд та Чедвік у 1921-1924 рр. отримали реакції з ядрами всіх елементів від бору до калію, крім вуглецю та кисню. Всі ці реакції були типу (α, p) , тобто ядра атомів, що бомбардувалися, поглинали α -частинку і випускали протон.

Великі успіхи випали на долю радіоелектроніки. У 1918 р. Армстронг винайшов супергетеродин. Радіотехніка почала освоювати короткохвильовий діапазон. Тріод став провідним приладом у електронній радіофізиці. Теорія цього приладу успішно розроблялася Баркгаузенем, Ленгмюром, Ікльсом та іншими у 1918-1920 рр.

Період 1918-1925 р.р. був у повною мірою періодом нагромадження сил перед вирішальним штурмом. На повну силу працювали такі фізики, як Резерфорд, Бор, Ейнштейн, Планк, Зоммерфельд, Еренфест, Лауе, Ланжевен, А. Ф. Іоффе, Д. С. Різдвяний, на плечі яких ліг перехід до нової фізики. У науку прийшли молоді сили: Паулі, Гейзенберг, Дірак, які поруч із фізиками старшого віку: Де Бройлем, Шредінгером, Борном і особливо Бором – зробили переворот у фізичному світогляді.

Період 1926-1939 р.р. був особливо важливим в історії наукової революції ХХ ст. Вже у 1925 р. з'явилася перша робота Гейзенберга з нової квантової механіки і Дірака. У 1926 р. з'явилися нові роботи Гейзенберга та Дірака, перші статті Шредінгера, роботи Борна з розробки математичного апарату нової механіки. Потім була робота з фізичного осмислення квантової механіки. У результаті були відкриті статистична інтерпретація хвильової функції Борном, принцип невизначеності Гейзенбергом.

1930 р. був роком створення прискорювачів. Цього року Кокрофт та Уолтон, використовуючи ідею множення напруги, запропоновану Грейнахером у 1920 р., збудували каскадний генератор. З протонами, прискореними на цьому прискорювачі, вони отримали цього року чудову реакцію розщеплення ядра літію. У цьому ж році Лоуренс знайшов принцип циклотрону, перша модель якого була побудована Лоуренсом та Лівінгстоном у 1931 р. У 1931 р. було створено і прискорювач Ван-дер-Граафа. У 1928 р. Відерое побудував лінійний прискорювач. Отже, тридцять років були роками виникнення техніки прискорювачів.

Але поки що важливі відкриття робилися зі старою технікою. У 1930 р. Боте і Беккер відкрили проникаюче випромінювання берилію, що виникає під час

бомбардування його α -частинками. Дослідження цього явища подружжям Ірен і Фредеріком Жоліо-Кюрі показало, що це випромінювання здатне вибивати з водневомісних речовин протони високої енергії. Правильну інтерпретацію цих дослідів дав Чедвік, який показав, що це проникаюче випромінювання є нейтронами (1932). У тому ж, 1932 р. Д. Д. Іваненко та В. Гейзенберг запропонували протонно-нейтронну модель ядра, що стала міцною базою ядерної фізики.

У 1932 р. була відкрита і перша античастка – позитрон. Вона була відкрита Андерсоном США за допомогою методу, запропонованого Д. В. Скобельциним: космічні частинки фотографувалися у камері Вільсона, поміщеної у магнітному полі.

Дуже важливим для розвитку ядерної фізики виявився 1934 р. Цього року подружжя Жоліо-Кюрі відкрило штучну радіоактивність, а Фермі розпочав свої знамениті досліди з бомбардування важких елементів, і насамперед урану нейтронами. У цьому ж році І. Є. Тамм та Д. Д. Іваненко запропонували обмінну теорію ядерних сил. Розрахунки І. Є. Тамма показали, що обмін електронами не забезпечує необхідної величини сил. Наступного року Юкава запровадив гіпотезу мезонного поля, припустивши, що ядерні сили обумовлені обміном частинками з масою, проміжною між масою електрона та протона. У 1937 р. Андерсон і Неддермейєр відкрили в космічних променях " μ -мезони. Слід зазначити, що з часів відкриття позитрону до відкриття антипротону в 1955 р. джерелом відкриттів нових частинок були космічні промені.

У 1936 р. з'явилася фундаментальна робота Бора про захоплення нуклону ядром. Водночас йшло інтенсивне обговорення суперечливих результатів дослідів Фермі щодо бомбардування важких ядер нейтронами. Дискусія навколо відкриття так званих "зауранових елементів" завершилася відкриттям у 1938-1939 роках. Ганом та Штрассманом поділу урану.

Отже, у 1930-1939 роках. у ядерній фізиці відбулися найбільші події. Було відкрито нейтрон, позитрон, мезон, утвердилася гіпотеза нейтрино. Було створено перші прискорювачі частинок, відкрито штучну радіоактивність, розподіл урану. Були зроблені перші кроки у побудові теорії ядерних сил, створено краплинну модель ядра, на основі якої було пояснено поділ урану. Наука підійшла впритул до практичного використання ядерної енергії.

Наприкінці XIX століття були зроблені винаходи, що корінним чином змінили життя людства у XX столітті. До них відносяться більш досконалі, ніж парова машина, теплові двигуни – ДВЗ та парова турбіна, нові засоби зв'язку – телефон і радіо, нові транспортні засоби – автомобіль та трактор та ін. Відмінність нового етапу наукового

прогресу полягала в тому, що його досягнення швидко знаходили практичне застосування, втілюючись у технічні устрою.

XX століття часто називають століттям електрики. Основним джерелом енергії на електростанціях стають парові та гідротурбіни. Електроенергія стала широко використовуватися не лише у промисловості та у побуті, а й на транспорті. Електрична тяга виявилася дуже ефективною, вже до початку століття з'являються електричні локомотиви, пасажирські вагони, оснащені тяговими електродвигунами та електричні трамваї. На електричну енергію переводяться лінії метро.

Початок XX століття характеризується процесом концентрації виробництва електроенергії з урахуванням створення великих районних електростанцій. Особливо стрімко цей процес протікав у США та Німеччині. Потужність окремих електростанцій за перше десятиліття століття виросло з 200 до десятків тисяч кіловат.

Наукові досягнення в галузі електротехніки дозволили створити нові види зв'язку. 14 лютого американець шотландського походження Олександр Грехам Белл подав заявку на винайдений ним телефон. У 1878 р. Т. Едісон створив новий тип апарату. Телефон став швидко поширюватися, наприкінці XIX ст. з'явилися вже міжміські лінії. У XX столітті телефон став основним засобом зв'язку. У 1921 р. створено радіотелефон, а в 1930-у – автоматичні телефонні станції. У другій половині XX століття створено стільниковий телефон. В даний час стільниковий зв'язок є найпоширенішим видом зв'язку.

Відкриті наприкінці 80-х років XIX століття радіохвилі послужили основою створення радіо. Італієць Гульєльмо Марконі (1874 – 1937) запатентував у Англії «спосіб передачі електричних імпульсів без дротів». Наступного року було створено акціонерне товариство з впровадження та експлуатації цього винаходу. Марконі отримав значні засоби для подальшої роботи та на початку XX століття зміг здійснити радіопередачу через Атлантичний океан. Радіо стало не лише засобом зв'язку та найважливішим засобом масової інформації у першій половині XX століття, але й дало початок розвитку таким науково-технічним напрямкам, як радіолокація, радіоастрономія, радіонавігація, радіометрологія та ін. У другій половині XX століття наймасовішим засобом поширення інформації стає телебачення.

Прогрес у галузі хімії дозволив розпочати виробництво штучних матеріалів: пластмасу, каучуку, шовку та ін. Розвиток пластмас почався з використання природних пластичних матеріалів. Пізніше для виробництва пластмас стали застосовувати повністю синтетичні молекули: бакеліт, епоксидна смола, полівінілхлорид, поліетилен та ін.

У 1872 р. німецький хімік Євген Бауман створив полівінілхлорид (ПВХ), який тоді не знайшов застосування. Застосовуватися ПВХ став лише після того, як у 1926 році

американець Вальтер Сімон удосконалив матеріал. На сьогоднішній день вініл посідає друге місце у світі за обсягом виробництва. Він використовується для виготовлення різних приладів, плитки для підлоги, фарби та поверхневих покриттів, ізоляції проводів, плащів, підборів, м'ячів для гольфу та ін.

Чудовим пакувальним матеріалом став целофан – прозора плівка, що виготовляється з регенованої целюлози. У 1908 році швейцарський інженер Жак Е. Бранденбергер розробив першу машину з її виробництва.

У 1935 р. співробітники британської компанії «Імперія хімічної промисловості» Реджинальд Гібсон та Ерік Фосетт відкрили поліетилен – дешевий, гнучкий, міцний та хімічно стійкий матеріал. Він виготовляється з етилену – продукту, синтезованого з газу або нафти і є найпоширенішим у світі полімером. Поліетилен низької густини використовується для виготовлення плівок та пакувальних матеріалів, у тому числі пакетів. Поліетилен високої густини або поліпропілен був відкритий у 1951 р. Він набагато міцніший і використовується для виготовлення пластикових пляшок, контейнерів, сантехніки, пластикових меблів та навіть автомобільних запчастин.

Наукові та технічні досягнення ХХ століття помітно відбилися на зростанні добробуту суспільства та освіти. За мірою застосування більш досконалих машин праця стала менше важкою. Обсяг ручної праці став скорочуватися і в сільському господарстві. На рубежі ХХ століття робочий день на підприємствах західноєвропейських країн становив уже 10 годин із більш короткою робочою суботою.

Індустріалізація спричинила значне зростання міського населення. Було підвищено вимоги і до системи освіти. Потреби у фахівцях, здатних керувати новою технікою призвели до встановлення у більшості європейських країн загальної неповної середньої освіти (шість – вісім років). Набули розвитку середні професійні навчальні заклади – технічні та комерційні училища, сільськогосподарські школи, у яких учні на основі неповної середньої школи, могли здобути ту чи іншу професію.

Контрольні запитання до лекції №7

1. Яка думка панувала серед фізиків напередодні ХХ ст.?
2. У чому полягала суть нової наукової революції Альберта Ейнштейна?
3. Які відкриття зробили Резерфорд, Франк, Герц?
4. Розкажіть про основні досягнення у квантовій фізиці ХХ століття.
5. У чому полягав прогрес у галузі хімії?

ЛЕКЦІЯ 8. РОЗВИТОК НАУКИ І ТЕХНІКИ У ХХІ СТОЛІТТІ.

Передові технології, про які пишуть у провідних наукових журналах, знаходять застосування у повсякденному житті – одразу чи через десятиліття. Розглянемо про досягнення науки у ХХІ столітті, які ще нещодавно здавалися фантастикою.

Технології 3D-друку

Перші 3D принтери з'явилися ще у 1980-х, але тільки в ХХІ столітті вони стали застосовуватися повсюдно. Пристрої стали дешевшими, а як витратні матеріали для них зараз використовують не тільки пластик, а й метали, бетон, продукти і навіть живі клітини.

Найбільша будівля, надрукована на 3D-принтері – муніципалітет Дубая (ОАЕ) площею 641 кв. м. Двоповерхова футуристична будівля висотою 9,5 м виготовлена з матеріалу на основі гіпсу. А в Амстердамі за допомогою 3D-принтерів звели 12-метровий пішохідний міст із нержавіючої сталі.

Ізраїльські вчені використовували 3D принтер для друку штучного серця. Експериментальний орган розміром із вишню складався з гідрогелю на основі живих клітин, які утворювали камери та кровоносні судини. А французька компанія Poietis створила штучну шкіру з чотиривимірною структурою, яка допоможе пацієнтам після опіків та серйозних травм, та розробила технології друку інших тканин людського організму.

У повсякденному житті 3D друку теж знайдеться місце. Наприклад, можна замовити звичайний 3D-принтер для створення пластикових фігурок та деталей або піти далі та купити пристрій для друку їжі: від піци до десертів та декору для вишуканих страв. У глобальній перспективі 3D-друк їжі має знизити кількість харчових відходів на планеті і зробити навіть дієтичні страви дуже апетитними.

Доповнена реальність

Її часто плутають із віртуальною реальністю, але це зовсім різні технології. Віртуальна реальність є повністю цифровий світ, який можна бачити через спеціальні окуляри або шолом з екранами для кожного ока. За допомогою технології доповненої реальності цифрові об'єкти додаються до картини звичного нам реального світу.

Коріння доповненої реальності лежить у ХХ столітті, але лише кілька років тому обчислювальні потужності дозволили впроваджувати технологію практично скрізь – від шкіл та дитячих садків до складальних ліній на автомобільних заводах. І для цього не потрібні складні дорогі пристрої – достатньо звичайного смартфона. Працює це досить просто. Камера смартфона бо іншого гаджета знімає все навколо, а гіроскоп або

акселерометр слідкують за зміною положення пристрою у просторі. Потім на зображення з камери накладаються потрібні об'єкти – підказки, написи чи кумедні віртуальні персонажі. Вони рухаються разом із зображенням з камери, а коли ви дивитесь на екран, то бачите одразу дві реальності – нашу об'єктивну та цифрову.

За доповненою реальністю простіше вивчати нові мови: наприклад, смартфон може розпізнавати об'єкти навколо та підписувати їх. Хірургам технологія допомагає проводити операції, а інженерам – збирати складні пристрої, отримуючи в процесі роботи різноманітні підказки. Водії можуть користуватися навігацією в доповненій реальності, коли карта маршруту виводиться поверх дороги, дизайнери показувати клієнтам новий інтер'єр у квартирі перед ремонтом. А в ресторані відвідувач може ще до подачі страви розглянути його з усіх боків прямо у своїй тарілці, яка поки що фізично порожня.

Багаторазові ракети

Компанія SpaceX розробила ракети, які можна відновити та використати повторно. Ця ефективна та дешева альтернатива одноразовим ракетам здатна знизити вартість доставки вантажів на орбіту.

Перший повторний запуск ракети відбувся 30 березня 2017 року. SpaceX відправила до космосу Falcon 9 – модель із дев'ятьма рідинними двигунами Merlin, які працюють на гасі марки RP-1 та рідкому кисні. Пізніше запустили Falcon Heavy з трьома модифікованими першими ступенями Falcon 9: одну використовували як центральний блок, дві – в ролі бічних прискорювачів.

Багаторазовою можна назвати не всю ракету, а лише її першу із двох ступенів. На ній встановлені системи для повернення та вертикального приземлення на посадковий майданчик або плаваючу в океані платформу. Ступінь витримує до десяти стартів.

Пізніше компанія Blue Origin, заснована главою Amazon Джеффом Безосом, запустила свою багаторазову одноступінчасту ракету New Shepard. Вона працює на водні та кисні і призначена для суборбітальних польотів. New Shepard підходить для космічного туризму, але, на відміну Falcon, не зможе вивести на орбіту штучні супутники Землі.

Батареї високої щільності

Новим автономним пристроям потрібно багато енергії, щоб вони якомога довше обходилися без розетки. Водночас батареї повинні бути компактними та безпечними – наприклад, не вибухати при сильному нагріванні чи механічних пошкодженнях.

Команда Центру технологій акумуляторів та накопичення енергії (BEST) у Пенсільванії створила безпечний та потужний літій-іонний акумулятор, який дозволить електромобілю пройти до 1,6 мільйона кілометрів. Під час тестів у нього буквально забивали цвяхи, щоб викликати коротке замикання. Але температура пошкодженого

осередку підвищилася всього на 100 градусів за Цельсієм – а у звичайній батареї різниця склала б 1000 градусів за Цельсієм.

Прорив здійснили і дослідники Samsung: вони розробили твердотільний літій-металевий акумулятор, який на 50% компактніший від існуючих батарей і створений без використання рідкого електроліту. Згодом акумулятор не деградує – об'єм заряду, який він може накопичити, залишається незмінним.

Графен

Існування першого двовимірного кристала (з кристалічною решіткою товщиною в один атом) у 2004 році вперше підтвердили експериментально вчені Андрій Гейм та Костянтин Новоселов, і в 2010 вони отримали Нобелівську премію з фізики. По суті, графен це плівка з графіту (кристалізованого вуглецю) товщиною в один атом. Її довго не могли отримати через нестабільність. Гейм та Новоселов використовували підкладку з окисленого кремнію, щоб стабілізувати двовимірну плівку. Графен дуже міцний і при цьому дуже гнучкий. Він проводить струм, а електрони в ньому рухаються швидше, ніж у всіх відомих матеріалах. Зокрема, у 100 разів швидше, ніж у кремнії, з якого виробляють сучасні процесори. Використовуючи графен, можна створювати надтонкі фільтри, сенсорні дисплеї, датчики, високоефективні каталітичні комірки, наноканали для роботи з ДНК, компоненти високоточної електроніки. Графенові чіпи підвищують продуктивність комп'ютерів та прискорять передачу даних, зроблять пристрої потужнішими та компактнішими.

Безпілотні автомобілі

Досягнення штучного інтелекту, великі обчислювальні потужності, висока швидкість бездротової передачі даних і точні датчики – все це стало основою створення автомобілів, які можуть обходитися без водія. Вони сканують дорожню обстановку в режимі реального часу, розпізнають пішоходів та дорожні знаки та можуть за частки секунди прийняти рішення у складній ситуації.

У 2021 році Tesla Model 3 із системою FSD (Full Self-Driving – повністю автономне управління) самостійно проїхала з Сан-Франциско до Лос-Анджелеса і назад – це близько 2 400 км шляху. Машина успішно впоралася із завданням навіть на завантажених міських вулицях та зробила дві зупинки для зарядки акумулятора.

Але автопілот розробляється не лише для власних автомобілів. Наприклад, у США стартап Waymo у 2020 році запустив сервіс безпілотних таксі. Машин небагато, але подорожі доступні всім бажаючим.

Ще одне застосування безпілотних авто – вантажоперевезення. Платформа NVIDIA Drive вже допомагає далеkobійникам у дорозі, а незабаром зможе замінити їх на стандартних маршрутах. Tesla та інші компанії також працюють у цьому напрямку.

Людиноподібні роботи

Робот Atlas від Boston Dynamics – улюбленець інтернету: він вміє робити сальто, утримається на ногах після сильних ударів, здатний долати перешкоди та навіть танцювати. Розробники називають його дослідною платформою, покликаною розсунути межі мобільності всього тіла, і найдинамічнішим людиноподібним роботом.

Насправді у Atlas та інших моделей Boston Dynamics – наприклад, робоособаки Spot та робота-вантажника Stretch – є глибокий практичний зміст. Вони здатні замінити людей у складних чи небезпечних умовах: шукати постраждалих під завалами будівель чи пожежах, досліджувати віддалені райони, доставляти вантажі та цілодобово виконувати нудні рутинні операції.

Є у людиноподібних роботів і інші застосування. Наприклад, розробляються моделі-консультанти, компаньйони та офіціанти, помічники для людей з обмеженими можливостями.

Автомобілі з використанням водню

Автомобілі, що працюють на водневому паливі, є одним із найважливіших винаходів XXI століття. Цей винахід є чудовою новиною для боротьби з глобальним потеплінням. Дане дивовижне виробництво не вичерпне паливо, отже при цьому не викидається в атмосферу монооксид вуглецю. Ці автомобілі працюють на паливі, що виробляється відновлюваними ресурсами, і не випускають нічого, крім водяної пари. Паливо для цих автомобілів одержується шляхом електролізу тощо. Як очікується, винахід різко скоротить спалювання викопного палива у світі. Toyota Mirai 2015 є одним з перших автомобілів з водневим паливом, які комерційно продаються до теперішнього часу.

Вільна енергія

Енергія, як ми всі знаємо, є життєво важливою для виживання людини. Люди живуть завдяки різним формам енергії з тих пір, як вони набули існування. У минулому викопне паливо стало основним джерелом енергії. Розвиток технологій дозволив нам використовувати альтернативні джерела енергії. Ми можемо використовувати вітер, геотермічне тепло, воду та навіть сонце як джерело енергії. Вільна енергія чи термодинамічна енергія розвивається. Вона, очікується, доводить життєво важливу та найефективнішу форму енергії в майбутньому.

Штучний інтелект

Штучний інтелект розвивається задля встановлення зв'язків між людиною і технологіями. У сьогоднішньому світі роботи, іграшки та комп'ютери виконують наказ людини та відповідають потребам відповідно до її побажань. Навіть iPhone оснащений штучним інтелектом у відомій формі "SIRI".

Нанотехнологія

Нанотехнологія – галузь фундаментальної та прикладної науки і техніки, що включає теоретичне обґрунтування, практичні методи дослідження, аналізу та синтезу, а також методи виробництва та застосування продуктів із заданою атомною структурою шляхом контрольованого маніпулювання окремими атомами та молекулами. При цьому робота проводиться з об'єктами, розмір яких становить від одиниць до кількох сотень нанометрів. У таких масштабах речовини можуть набувати властивості, відмінні від характеристик інших рівнях (наприклад, на атомному, молекулярному чи макромасштабі).

Робототехніка

Робототехніка – це галузь науки, що розвивається у XXI столітті. Найбільший внесок, який вона зробила – це машина у формі людини, яка широко відома як «Робот». Машина працює за власним програмованим інтелектом та думками, штучно імплантованими в ній і виконує автоматичні функції. Роботи використовуються у сферах обробної промисловості, оборони, послуг, у розвідці та у заходах безпеки. Одним із найкращих роботів був ASIMO. Він був розроблений HONDA. ASIMO має здатність диференціювати та взаємодіяти з людьми, і в даний час він представлений у Діснейленді.

Гіперзвуковий транспорт

Вчені доклали багато часу та сил для досягнення ефективності часу. Вони розробили технології, що забезпечують найменше споживання часу з більшою продуктивністю. Гіперзвуковий транспорт є одним із найбільших винаходів XXI століття у напрямку до ефективності, він дав можливість рухливості з неймовірними темпами. Ці транспортні засоби здатні покривати великі відстані зі швидкістю вчетверо швидше, ніж звук.

Квантова телепортація

Фізики давно навчилися телепортувати інформацію. Але передавати між сплутаними частинками енергію досі не вдавалося, хоча теорія такої передачі розроблена досить давно. У новому експерименті, поставленому фізиком з Університету Стоні Брук, вдалося телепортувати енергію, хоч і на невелику відстань.

Квантова телепортація – це передача інформації з однієї частини Всесвіту до іншої, практично миттєво, без проводів, полів та будь-яких інших з'єднань. Квантова

телепортація вперше була продемонстрована ще 1997 року. І за цю роботу Антон Цейлінгер отримав Нобелівську премію 2022 року.

Сьогодні квантова телепортація широко використовується в квантових оптичних пристроях і стала основною технологією квантового інтернету, що поступово розвивається. Але інформація – це не все, що можна передати квантовим інтернетом. Можна передати ще й енергію.

Гравітаційні хвилі

Гравітаційні хвилі – це коливання простору-часу, які віддаляються від масивних об'єктів, що рухаються з прискоренням. Чим вище прискорення та маса об'єкта, тим більше коливання.

Вперше про гравітаційні хвилі заговорив видатних фізик Альберт Ейнштейн, який передбачив їх існування в рамках загальної теорії відносності (ЗТВ). Таким чином, якщо ЗТВ вірна і гравітаційні хвилі справді існують, то найбільш сильними та достатньо частими їх джерелами є катастрофи, пов'язані з колапсами масивних подвійних систем у найближчих галактиках, наприклад, зіткнення чорних дірок або нейтронних зірок. При обертанні навколо загального центру мас така система втрачає енергію через випромінювання гравітаційних хвиль. В результаті об'єкти зближуються, а період їхнього обертання зменшується. Однак на заключному етапі відбувається зіткнення та несиметричний гравітаційний колапс. Цей процес триває частки секунди, і за цей час у гравітаційне випромінювання йде енергія, що становить, за деякими оцінками, понад 50% від маси системи.

Потрібно було підтвердити експериментальне підтвердження присутності гравітаційних хвиль, що протягом тривалого часу представляло складне завдання для науки. Коливання не вдавалося зареєструвати, оскільки їх величина дуже мала через слабкість гравітаційних сил у порівнянні з іншими фундаментальними взаємодіями. Для фіксації хвиль у 1992 році в США було створено лазерно-інтерферометричну гравітаційно-хвильову обсерваторію LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory), яка розпочала активні спостереження через 10 років. У 2016 році з обсерваторії надійшли офіційні відомості про те, що гравітаційні хвилі зареєстровані, тобто їхнє існування доведено.

Які відкриття можна очікувати у найближчому майбутньому

Фізики стоять на порозі одного з головних відкриттів XXI ст., можливо, одного з найгучніших у XXI столітті. Оптимісти вже кажуть, що буде дано старт новій фізиці, як це сталося у XX столітті, коли "поряд" з фізикою Ньютона було створено квантову. Зараз надії пов'язані із сенсаційними експериментами, які проводять вчені на прискорювачі у

науковому центрі під Чикаго. Їхні результати дають шанс на революційний прорив. Чому? Справа в тому, що після відкриття божественного бозона Хіггса була закрита остання сторінка знаменитої Стандартної моделі, яка описує всі елементарні частинки (ця модель визнана одним із найважливіших досягнень науки минулого століття). А отже, фізикам вже більше нема на що сподіватися, жодних проривних відкриттів вони в цій науковій галузі не зроблять, своїх Нобелів не отримають. Стандартна модель як брила стоїть на шляху, не дозволяючи навіть сподіватися на прориви. Але останній експеримент у центрі під Чикаго може кардинально змінити ситуацію. Йдеться про відкриття у природі нової сили чи п'ятої фундаментальної взаємодії. Сьогодні науці їх відомо чотири: електромагнітна, сильна, слабка та гравітаційна. Саме вони визначають взаємодію всіх об'єктів та частинок у Всесвіті.

Саме існування всього чотирьох цих видів вражає, враховуючи, що вони відповідають за все фантастичне різноманіття явищ у природі. Нагадаємо, що багато великих учених намагалися створити єдину "теорію всього", об'єднати чотири взаємодії. А Альберт Ейнштейн присвятив цьому більшу частину свого життя. І ось зараз з'явився шанс на прорив – відкриття п'ятої взаємодії. У чому суть експерименту? На прискорювачі у лабораторії імені Фермі вивчаються мюони. Ці елементарні частинки схожі на електрони, лише у 200 разів важчі. Вони розганяються 14-метровим кільцем у колайдері під впливом потужного магнітного поля. Вчені вимірювали у цих частинок аномальний магнітний момент. І тут на них чекав приємний сюрприз: він не збігався з тим, що давали розрахунки за Стандартною моделлю. Щоправда, є нюанс: на даний момент найважливіший показник достовірності вимірів становить 4,1 сигма, а для визнання відкриття потрібно 5 сигма. Подібні випадки вже не раз бували, коли фізики намагалися атакувати Стандартну модель, але подальші експерименти не підтверджували сенсацію, оскільки п'ятірки так і не вдавалося досягти. Але зараз є принципова відмінність. Це вже другий експеримент, який приніс сенсаційний результат, який не вписується у стандартну модель. Тобто він не спростував, а підтвердив перший. А це, на думку багатьох вчених, дає шанс на визначне відкриття.

ЛЕКЦІЯ 9. ВЕЛИКИЙ АДРОННИЙ КОЛАЙДЕР: ДИВО СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ

Усе у світі складається з елементарних частинок. Зі шкільної лави нам знайомі частинки, які є складовими атома: електрони, протони та нейтрони. Але це лише вершина айсбергу. Насправді, у природі набагато більше частинок. На сьогодні їх відкрито понад 200. Переважна більшість частинок – короткоживучі, вони існують лише декілька часток секунди. Але розібратися у загальних законах фізики елементарних частинок, досліджуючи лише частинки-довгожителі на кшталт електрона чи протона, неможливо. Отже, фізикам для експериментів потрібна «фабрика», яка виробляє короткоживучі частинки. І такі заводи називаються прискорювачами. У прискорювачах стабільні частинки (зазвичай протони чи електрони) розганяються і зіштовхуються одна з одною або з нерухомою мішенню. У цих зіткненнях і народжуються короткоживучі частинки.

Маса частинок, що народжуються, залежить від енергії їх зіткнень, а енергія залежить насамперед від швидкості руху. Щоб розігнати частинку, потрібен великий прискорювач. Перші прискорювачі з'явилися на початку 30-х років минулого століття, після чого почалася гонка за їх розміром, що тривала десятиліттями. Кожен новий етап у ній означав безліч свіжих частинок. Згодом кількість нових частинок, які виявлялися на прискорювачах та в космічних променях, почало навіть трохи турбувати фізиків.

Вже у 30-х роках минулого століття фізики знали, що є чотири взаємодії між елементарними частинками: електромагнітна, гравітаційна, сильна та слабка. Будь-яка сила, що діє на будь-який об'єкт, зводиться до якоїсь із цих фундаментальних взаємодій. І без будь-якої з них було б неможливим існування планет, зірок і живих істот. Наприклад, без електромагнітної взаємодії не було б атомів, адже електрони не притягувалися до ядра. Крім того, ця взаємодія відповідає за сили тертя та пружності, всі хімічні реакції, випромінювання світла та багато інших явищ, без гравітації не існувало б галактик, зірок та планет. Сильна взаємодія утримує протони і нейтрони в ядрі атома, незважаючи на електричне відштовхування протонів. Без цієї взаємодії не було б жодних хімічних елементів, крім водню, але їх не було б і без слабкої взаємодії, оскільки завдяки їй стали можливі ядерні реакції.

Частинки, що беруть участь у сильній взаємодії, називаються адронами. Переважна більшість відомих нам частинок, у тому числі протони і нейтрони – це якраз адрони. На початку 60-х років минулого століття Мюррей Гелл-Ман і Юваль Неєман розглянули прихований порядок у нагромадженні відомих на той час адронів. Вийшло щось на зразок таблиці Менделєєва для частинок. І незабаром з'ясувалося, що ця аналогія глибша, ніж здається. Місце елемента в таблиці Менделєєва визначається тим, скільки в його атомі

протонів. Дивно, що більше сотні таких різних хімічних елементів виходять просто послідовним додаванням до ядра ще одного протона. Гелл-Ман і Джордж Цвейг зрозуміли, що за закономірностями у властивостях адронів теж стоїть їхня внутрішня будова. Вони припустили, що адрони складаються з ще дрібніших частинок – кварків. Є всього шість видів кварків і властивості всіх адронів визначаються тим, з яких саме кварків вони складаються, а також тим, у якому стані знаходяться ці кварки. Адрони виявилися «елементарними, але не самими елементарними частинками». Різноманітність десятків адронів звелось до перетасовування шести кварків.

1 вересня 2008 року в ЦЕРНі великий адронний колайдер (ВАК) для дослідження зіткнень пучків протонів, запущених в кільце прискорювача на дуже високих (менше швидкості світла всього на 3 метри в секунду) швидкостях. Зіткнувшись, вони породжують безліч інших частинок. Багато хто з них живе дуже мало, щоб їх можна було безпосередньо виявити. Фізики реєструють продукти їхнього розпаду, а то й результати наступних розпадів.

Приблизно один місяць на рік замість протонів у кільце ВАКа запускають іони свинцю, які також стикаються на великих швидкостях. Колайдер – це прискорювач, у якому стикаються пучки розігнаних частинок, а "великий" його називають через геометричні розміри. Довжина основного кільця – 26 659 м. Сьогодні це найбільший прискорювач у світі.

Концепція колайдера народжувалася приблизно з 1984 року. Через десять років вона отримала офіційне визнання та почалося проектування. Для розміщення конструкцій був використаний кільцевий тунель, колись зайнятий Великим електрон-позитронним колайдером. Останній був демонтований у 2000 році. Перші пристрої ВАК були змонтовані наступного року.

Великий адронний колайдер – це 27-кілометрове кільце під землею, в долині неподалік Женеви, на кордоні Швейцарії та Франції. Кільцем зі швидкістю, дуже близькою до швидкості світла, назустріч один одному біжать пучки протонів. У пучках протони не розмазані рівномірно, а об'єднані в згустки чи банчі – до 2808 згустків у пучкові. Енергія протонів приблизно дорівнює енергії комара, що летить. Але в комарі ця енергія розподілена між усіма протонами та нейтронами, що знаходяться в його тілі, а в колайдері всю її несе кожен протон. Тому правильніше говорити не про високі енергії, а про високі густини енергій. Повна енергія в пучку – 100 кілограмів у тротиловому еквіваленті.

Пучки розганяються та зводяться під дуже маленьким кутом у чотирьох точках зіткнення. Ці зони обкладені великою кількістю електронних приладів. За одну секунду у

колайдері відбувається 600 мільйонів зіткнень. Обробляються вони не всі – але важливо не прогаяти зіткнення, з яких народжується щось цікаве.

Головне завдання ВАК – дати відповідь на запитання: звідки береться маса кварків? Як влаштована їхня взаємодія? Чи існують частинки, окрім уже відомих? Чому наш світ побудований лише з частинок – куди поділися античастки? Крім того продовжується пошук даних, що свідчать, що реальна фізика елементарних частинок відрізняється від Стандартної моделі. Остання була сформульована теоретиками у другій половині ХХ століття і описала взаємозв'язок сильної, слабкої та електромагнітної взаємодій і наслідки, що породжуються ними, у світі елементарних частинок.

Стандартна модель

Сьогодні таблиця елементарних частинок – стандартна модель – включає шістнадцять граф. При цьому в нашому світі можна знайти тільки ті частинки, які входять до її першої колонки (четверта колонка – це частинки-переносники взаємодії, на відміну від решти фундаментальних частинок, що становлять речовину). Навіщо з погляду нашого буття потрібні друга та третя колонки – або друге та третє покоління фундаментальних частинок – ми не знаємо.

Основні прориви у фізичній науці полягали в усвідомленні різних явищ як вихідних. Максвелл відкрив, що електрика та магнетизм – прояви однієї електромагнітної сили. Ньютон зрозумів, що небесна гравітація, що керує рухом світил, і земна гравітація, що керує падінням тіл на Землю – одне і теж саме явище. У ХХ столітті була побудована «електрослабка теорія»: згідно з нею так звана слабка взаємодія (що обумовлює деякі реакції радіоактивного розпаду) тісно пов'язана з електромагнітною взаємодією. Стандартна модель пов'язала сильну взаємодію (що зв'язує протони всередині ядра один з одним і з нейтронами) з електрослабкою теорією.

На сьогоднішній день не існує теорії, яка б пов'язала стандартну модель з силою гравітації. Що буде далі – невідомо: можливо ми прийдемо до єдиної універсальної конструкції. Можливо, всі наші побудови розпадуться. Але ми знаємо достеменно, що стандартна модель не є остаточною теорією. Про це говорить, наприклад, наступний експериментально виявлений астрофізиками факт: усі відомі нам частинки, що входять до стандартної моделі, дають близько 5% повної енергії, що становить Всесвіт. Про решту 95% ми знаємо лише, що вони існують.

Отже "за кадром" залишилася гравітація. Вона, очевидно, є, але сформулювати теорію, що поєднує її з іншими взаємодіями, вчені поки що не змогли. Це породжує припущення, що Стандартна модель має бути частиною більш загальної концепції, або що Стандартна модель в принципі неправильна і треба все вигадувати заново. Останній

варіант для більшості фізиків навіть симпатичніший, оскільки обіцяє більшу свободу для творчої фантазії. Проте Стандартна модель виявилася дуже живучою, за десять років так і не вдалося знайти чогось, що суттєво ставить її під сумнів. Було документовано кілька подій, які не спостерігалися раніше, але загалом не стали великим сюрпризом. Так, у 2011 році було відкрито два нові види розпаду B_s -мезонів – частинок, у складі яких є як «дивний кварк» (s-кварк), так і «чарівний кварк» (b-кварк).

Бозон Хіггса – це найгучніше сьогодні відкриття, зроблене на БАК. Частинка була передбачена в рамках Стандартної моделі ще в середині 60-х років, але експериментально її виявити весь цей час не вдавалося – наявним прискорювачам не вистачало потужності. Автор гіпотези британський фізик Пітер Хіггс неодноразово заявляв, що знаменитий бозон не буде відкритий за його життя. Він не був єдиним скептиком – Стівен Хокінг навіть висловив готовність укласти парі на невелику суму щодо того, що бозон Хіггса на БАК виявлено не буде.

Тим не менш, у липні 2012 року колаборації ATLAS та CMS оголосили про знаходження бозону масою 125.3 ± 0.6 ГеВ. Швидше за все, це і є знаменитий бозон Хіггса, хоча деякі фахівці в цьому, як і раніше, не впевнені. Принаймні, Пітер Хіггс за передбачення, що підтвердилося, отримав Нобелівську премію 2013 року. Нобелівський комітет, очевидно, поспішав – лауреату було вже за 80. Чи виплатив Хокінг свій програш достеменно невідомо, але можна припускати, що його набагато більше засмутило чергове підтвердження стандартної моделі.

Відкриття бозону Хіггса (частинка Бога) є дозволить почати нам подорожувати в часі, не сприятиме створенню вічного двигуна і не стане основними ліками від усіх хвороб. По суті, його виявлення просто підтвердило передбачувані принципи взаємодії частинок і звело до купи всі твердження Стандартної теорії. Можливо, через його появу питань в інших галузях фізики, навпаки, стане лише більше.

На практиці застосування бозона Хіггса поки що неможливо, та й не зрозуміло, де його застосувати. Проте він важливий для фундаментальної фізики. Ну, хоча б він не привів до кінця світу, про яке говорили багато скептиків. Були навіть теорії про те, що зіткнення частинок у Великому адронному колайдері може породити чорну дірку, яка поглине всю нашу Сонячну систему.

Великий адронний колайдер пропрацює до 2037 року. Що буде наступним кроком у будівництві прискорювачів поки що не дуже зрозуміло. Фізиків цікавить збільшення світності, тобто кількості зіткнень, що детектуються. Можливо цього можна досягти на прискорювачах традиційної, кільцевої, архітектури. Всі принципи і технології освоєно і вивчено, але кільце виходить дуже великим і дорогим.

ЛЕКЦІЯ 9. ВЕЛИКИЙ АДРОННИЙ КОЛАЙДЕР: ДИВО СУЧАСНОЇ ФІЗИКИ

Усе у світі складається з елементарних частинок. Зі шкільної лави нам знайомі частинки, які є складовими атома: електрони, протони та нейтрони. Але це лише вершина айсбергу. Насправді, у природі набагато більше частинок. На сьогодні їх відкрито понад 200. Переважна більшість частинок – короткоживучі, вони існують лише декілька часток секунди. Але розібратися у загальних законах фізики елементарних частинок, досліджуючи лише частинки-довгожителі на кшталт електрона чи протона, неможливо. Отже, фізикам для експериментів потрібна «фабрика», яка виробляє короткоживучі частинки. І такі заводи називаються прискорювачами. У прискорювачах стабільні частинки (зазвичай протони чи електрони) розганяються і зіштовхуються одна з одною або з нерухомою мішенню. У цих зіткненнях і народжуються короткоживучі частинки.

Маса частинок, що народжуються, залежить від енергії їх зіткнень, а енергія залежить насамперед від швидкості руху. Щоб розігнати частинку, потрібен великий прискорювач. Перші прискорювачі з'явилися на початку 30-х років минулого століття, після чого почалася гонка за їх розміром, що тривала десятиліттями. Кожен новий етап у ній означав безліч свіжих частинок. Згодом кількість нових частинок, які виявлялися на прискорювачах та в космічних променях, почало навіть трохи турбувати фізиків.

Вже у 30-х роках минулого століття фізики знали, що є чотири взаємодії між елементарними частинками: електромагнітна, гравітаційна, сильна та слабка. Будь-яка сила, що діє на будь-який об'єкт, зводиться до якоїсь із цих фундаментальних взаємодій. І без будь-якої з них було б неможливим існування планет, зірок і живих істот. Наприклад, без електромагнітної взаємодії не було б атомів, адже електрони не притягувалися до ядра. Крім того, ця взаємодія відповідає за сили тертя та пружності, всі хімічні реакції, випромінювання світла та багато інших явищ, без гравітації не існувало б галактик, зірок та планет. Сильна взаємодія утримує протони і нейтрони в ядрі атома, незважаючи на електричне відштовхування протонів. Без цієї взаємодії не було б жодних хімічних елементів, крім водню, але їх не було б і без слабкої взаємодії, оскільки завдяки їй стали можливі ядерні реакції.

Частинки, що беруть участь у сильній взаємодії, називаються адронами. Переважна більшість відомих нам частинок, у тому числі протони і нейтрони – це якраз адрони. На початку 60-х років минулого століття Мюррей Гелл-Ман і Юваль Неєман розглянули прихований порядок у нагромадженні відомих на той час адронів. Вийшло щось на зразок таблиці Менделєєва для частинок. І незабаром з'ясувалося, що ця аналогія глибша, ніж здається. Місце елемента в таблиці Менделєєва визначається тим, скільки в його атомі

протонів. Дивно, що більше сотні таких різних хімічних елементів виходять просто послідовним додаванням до ядра ще одного протона. Гелл-Ман і Джордж Цвейг зрозуміли, що за закономірностями у властивостях адронів теж стоїть їхня внутрішня будова. Вони припустили, що адрони складаються з ще дрібніших частинок – кварків. Є всього шість видів кварків і властивості всіх адронів визначаються тим, з яких саме кварків вони складаються, а також тим, у якому стані знаходяться ці кварки. Адрони виявилися «елементарними, але не самими елементарними частинками». Різноманітність десятків адронів звелось до перетасовування шести кварків.

1 вересня 2008 року в ЦЕРНі великий адронний колайдер (ВАК) для дослідження зіткнень пучків протонів, запущених в кільце прискорювача на дуже високих (менше швидкості світла всього на 3 метри в секунду) швидкостях. Зіткнувшись, вони породжують безліч інших частинок. Багато хто з них живе дуже мало, щоб їх можна було безпосередньо виявити. Фізики реєструють продукти їхнього розпаду, а то й результати наступних розпадів.

Приблизно один місяць на рік замість протонів у кільце ВАКа запускають іони свинцю, які також стикаються на великих швидкостях. Колайдер – це прискорювач, у якому стикаються пучки розігнаних частинок, а "великий" його називають через геометричні розміри. Довжина основного кільця – 26 659 м. Сьогодні це найбільший прискорювач у світі.

Концепція колайдера народжувалася приблизно з 1984 року. Через десять років вона отримала офіційне визнання та почалося проектування. Для розміщення конструкцій був використаний кільцевий тунель, колись зайнятий Великим електрон-позитронним колайдером. Останній був демонтований у 2000 році. Перші пристрої ВАК були змонтовані наступного року.

Великий адронний колайдер – це 27-кілометрове кільце під землею, в долині неподалік Женеви, на кордоні Швейцарії та Франції. Кільцем зі швидкістю, дуже близькою до швидкості світла, назустріч один одному біжать пучки протонів. У пучках протони не розмазані рівномірно, а об'єднані в згустки чи банчі – до 2808 згустків у пучкові. Енергія протонів приблизно дорівнює енергії комара, що летить. Але в комарі ця енергія розподілена між усіма протонами та нейтронами, що знаходяться в його тілі, а в колайдері всю її несе кожен протон. Тому правильніше говорити не про високі енергії, а про високі густини енергій. Повна енергія в пучку – 100 кілограмів у тротиловому еквіваленті.

Пучки розганяються та зводяться під дуже маленьким кутом у чотирьох точках зіткнення. Ці зони обкладені великою кількістю електронних приладів. За одну секунду у

колайдері відбувається 600 мільйонів зіткнень. Обробляються вони не всі – але важливо не прогаяти зіткнення, з яких народжується щось цікаве.

Головне завдання ВАК – дати відповідь на запитання: звідки береться маса кварків? Як влаштована їхня взаємодія? Чи існують частинки, окрім уже відомих? Чому наш світ побудований лише з частинок – куди поділися античастки? Крім того продовжується пошук даних, що свідчать, що реальна фізика елементарних частинок відрізняється від Стандартної моделі. Остання була сформульована теоретиками у другій половині ХХ століття і описала взаємозв'язок сильної, слабкої та електромагнітної взаємодій і наслідки, що породжуються ними, у світі елементарних частинок.

Стандартна модель

Сьогодні таблиця елементарних частинок – стандартна модель – включає шістнадцять граф. При цьому в нашому світі можна знайти тільки ті частинки, які входять до її першої колонки (четверта колонка – це частинки-переносники взаємодії, на відміну від решти фундаментальних частинок, що становлять речовину). Навіщо з погляду нашого буття потрібні друга та третя колонки – або друге та третє покоління фундаментальних частинок – ми не знаємо.

Основні прориви у фізичній науці полягали в усвідомленні різних явищ як вихідних. Максвелл відкрив, що електрика та магнетизм – прояви однієї електромагнітної сили. Ньютон зрозумів, що небесна гравітація, що керує рухом світил, і земна гравітація, що керує падінням тіл на Землю – одне і теж саме явище. У ХХ столітті була побудована «електрослабка теорія»: згідно з нею так звана слабка взаємодія (що обумовлює деякі реакції радіоактивного розпаду) тісно пов'язана з електромагнітною взаємодією. Стандартна модель пов'язала сильну взаємодію (що зв'язує протони всередині ядра один з одним і з нейтронами) з електрослабкою теорією.

На сьогоднішній день не існує теорії, яка б пов'язала стандартну модель з силою гравітації. Що буде далі – невідомо: можливо ми прийдемо до єдиної універсальної конструкції. Можливо, всі наші побудови розпадуться. Але ми знаємо достеменно, що стандартна модель не є остаточною теорією. Про це говорить, наприклад, наступний експериментально виявлений астрофізиками факт: усі відомі нам частинки, що входять до стандартної моделі, дають близько 5% повної енергії, що становить Всесвіт. Про решту 95% ми знаємо лише, що вони існують.

Отже «за кадром» залишилася гравітація. Вона, очевидно, є, але сформулювати теорію, що поєднує її з іншими взаємодіями, вчені поки що не змогли. Це породжує припущення, що Стандартна модель має бути частиною більш загальної концепції, або що Стандартна модель в принципі неправильна і треба все вигадувати заново. Останній

варіант для більшості фізиків навіть симпатичніший, оскільки обіцяє більшу свободу для творчої фантазії. Проте Стандартна модель виявилася дуже живучою, за десять років так і не вдалося знайти чогось, що суттєво ставить її під сумнів. Було документовано кілька подій, які не спостерігалися раніше, але загалом не стали великим сюрпризом. Так, у 2011 році було відкрито два нові види розпаду B_s -мезонів – частинок, у складі яких є як «дивний кварк» (s-кварк), так і «чарівний кварк» (b-кварк).

Бозон Хіггса – це найгучніше сьогодні відкриття, зроблене на БАК. Частинка була передбачена в рамках Стандартної моделі ще в середині 60-х років, але експериментально її виявити весь цей час не вдавалося – наявним прискорювачам не вистачало потужності. Автор гіпотези британський фізик Пітер Хіггс неодноразово заявляв, що знаменитий бозон не буде відкритий за його життя. Він не був єдиним скептиком – Стівен Хокінг навіть висловив готовність укласти парі на невелику суму щодо того, що бозон Хіггса на БАК виявлено не буде.

Тим не менш, у липні 2012 року колаборації ATLAS та CMS оголосили про знаходження бозону масою 125.3 ± 0.6 ГеВ. Швидше за все, це і є знаменитий бозон Хіггса, хоча деякі фахівці в цьому, як і раніше, не впевнені. Принаймні, Пітер Хіггс за передбачення, що підтвердилося, отримав Нобелівську премію 2013 року. Нобелівський комітет, очевидно, поспішав – лауреату було вже за 80. Чи виплатив Хокінг свій програш достеменно невідомо, але можна припускати, що його набагато більше засмутило чергове підтвердження стандартної моделі.

Відкриття бозону Хіггса (частинка Бога) дозволить почати нам подорожувати в часі, не сприятиме створенню вічного двигуна і не стане основними ліками від усіх хвороб. По суті, його виявлення просто підтвердило передбачувані принципи взаємодії частинок і звело до купи всі твердження Стандартної теорії. Можливо, через його появу питань в інших галузях фізики, навпаки, стане лише більше.

На практиці застосування бозона Хіггса поки що неможливо, та й не зрозуміло, де його застосувати. Проте він важливий для фундаментальної фізики. Ну, хоча б він не привів до кінця світу, про яке говорили багато скептиків. Були навіть теорії про те, що зіткнення частинок у Великому адронному колайдері може породити чорну дірку, яка поглине всю нашу Сонячну систему.

Великий адронний колайдер пропрацює до 2037 року. Що буде наступним кроком у будівництві прискорювачів поки що не дуже зрозуміло. Фізиків цікавить збільшення світності, тобто кількості зіткнень, що детектуються. Можливо цього можна досягти на прискорювачах традиційної, кільцевої, архітектури. Всі принципи і технології освоєно і вивчено, але кільце виходить дуже великим і дорогим.

Можливо, наступний флагман фізики буде лінійним прискорювачем. Це значно економніше за енергією, але тоді потрібні нові способи розгону частинок, інакше установка знову виявляється занадто великою – близько сотень кілометрів.

Контрольні запитання до лекції №8

1. Чим було обумовлена необхідність у побудові великого андронного колайдера (ВСК)?
2. Яке головне завдання ставилось перед науковцями, які працювали на ВСК?
3. У чому суть Стандартної моделі елементарних частинок?
4. Які основні вимоги ставляться до сучасних прискорювачів елементарних частинок?
5. Яке значення для науки має експериментальне відкриття бозону Хігса?

ЛЕКЦІЯ 10. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ІНСТИТУТУ ВНУ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ.

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ШКІЛ

Фізичний факультет розпочинає свою історію разом з історією Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. У 1940 році у Луцьку почав діяти перший вищий навчальний заклад Волині – Луцький державний учительський інститут. У квітня 1946 року інститут поновив свою роботу перервану війною. На той час у ВНЗ було два факультети: фізико-математичний та історико-філологічний.

Факультет розпочав свою роботу, маючи дві кафедри: фізики та математики. До створення навчально-матеріальної бази залучалися викладачі, лаборанти, студенти. У двох кімнатах корпусу інституту почали оформляти лабораторії кафедри фізики, завідувачем якої призначено досвідченого педагога Івана Онисимовича Білого, він же директор інституту. У цей період під керівництвом старшого лаборанта [О. І. Жили](#) виготовлено перший радіовузол, що було на той час досить великим досягненням і дало можливість радіофікувати навчальний корпус інституту. У примітивній майстерні інституту під керівництвом навчального майстра В. М. Собчука виготовляються найпростіші навчальні прилади і установки.

У 1950 році свою трудову діяльність асистентом кафедри фізики починає [Сергій Олександрович Церковницький](#), який згодом стає деканом фізичного факультету. Він зробив вагомий внесок не тільки у розвиток кафедри, факультету, але й інституту в цілому. З 1952 року, у зв'язку з реорганізацією Луцького державного учительського інституту в педагогічний, відбуваються якісні та кількісні зміни викладацького складу кафедри фізики, розширюються її навчально-матеріальна база. Перший випуск фізико-математичного факультету ЛДПУ ім. Лесі Українки відбувся у 1955 році.

З 1955 року в історії кафедри розпочинається новий етап у комплектуванні кадрів. На роботу запрошуються перші випускники Луцького педінституту. Серед них у 1961 році на посаду асистента був прийнятий [Л. Р. Калапуша](#). У 1966 році для роботи асистентом на кафедрі залишено випускника інституту [Г. Є. Давидюка](#). У 1969 році було відкрито науково-дослідну лабораторію, за двома напрямками: квантова електроніка (керівник Н. М. Малихіна) та фізика напівпровідників (керівник З. В. Панкевич).

Великий поштовх у прискоренні і розширенні наукових досліджень відбувся після придбання ЛДПУ ім. Лесі Українки першої на той час у Волинській області криогенної установки для зрідження повітря. На початку і в середині 70-х років до роботи в лабораторії на посадах інженерів залучаються кращі з кращих випускники фізико-

математично факультету А. К. Семенюк, А. В. Федосов, В. П. Доскоц, М. С. Богданюк, В. С. Тимошук, П. Ф. Назарчук, які в різні роки захищають дисертації з фізики напівпровідників. У 1973 р. після захисту кандидатської дисертації в Інституті ядерних досліджень АН України до роботи в лабораторії залучається Г. Є. Давидюк, який на початку 80 років стає керівником програми з фізики напівпровідників і в 1995 році захищає докторську дисертацію.

Великий внесок у розвиток факультету зробили його декани, які були одночасно і його фундаторами, і засновниками наукових шкіл, і натхненниками та організаторами життя факультету. Першим деканом був ветеран Великої Вітчизняної війни А. І. Костюк. У 1953 році, деканом факультету стає С. О. Церковницький, у 1958 році – Г. Т. Джупін. У 1962 році деканом обирається М. М. Горбач, а з 1969 року по 1976 рік – Р. М. Ковальчук. У 1975 році деканом була обрана доцент [Н. М. Малихіна](#), а в 1991 році – один з найкращих випускників фізико-математичного факультету – П. Є. Антонюк.

Згідно з Указом Президента України 16 липня 1993 року, на базі Луцького педагогічного інституту створено Волинський державний університет імені Лесі Українки. Першим ректором став фізик-теоретик Анатолій Вадимович Свідзинський. Фізико-математичний факультет ЛДП ім. Лесі Українки реорганізовано у два факультети: фізичний і математичний. На базі кафедри фізики створено три кафедри: теоретичної фізики та астрономії, фізики твердого тіла, загальної фізики та методики викладання фізики.

Першим деканом фізичного факультету наказом ректора університету призначено кандидата фіз.-мат. наук М. С. Богданюка, його заступником обрано ст. викладача В. І. Ващука. Вони працювали на посадах у 1993–2003 рр. З 2003 до 2005 рр. деканом був кандидат фіз.-мат. наук, доцент [В. П. Доскоц](#), а з 2005 по 2012 рр. – кандидат фіз.-мат. наук, доцент Головіна [Н. А.](#) З 2012 року фізичний факультет очолює доктор фіз.-мат. наук, доцент Федосов Сергій Анатолійович, його заступниками призначено кандидатів фіз.-мат. наук: Шигоріна П. П. – з навчальної роботи, доц. Мирончук Г. Л. – з наукової роботи і міжнародних зв'язків, Кевшина А. Г. – з виховної роботи. Голова науково-методичної ради факультету доц. Муляр В. П., а О. В. Новосад – голова профспілкової організації.

Фізичний факультет є базовим факультетом для підготовки фахівців із галузі знань „Фізико-математичні науки”, одним із перших акредитовано за четвертим рівнем. Із 1997 року факультет готує фахівців із фізики за усіма освітньо-кваліфікаційними рівнями. „Прикладна фізика” – новий (з 2013 р.) напрям на фізичному факультеті, який базується на відкриттях зроблених при фундаментальних дослідженнях, і зосереджується на вирішенні проблем, що стоять перед технологіями, з тим, щоб найбільш ефективно

використовувати ці відкриття на практиці. Окрім ґрунтовних знань з фізики, спеціальність „Прикладна фізика” надає молодим фахівцям знання та навички по створенню фізичної апаратури, обладнання та технологій, принцип роботи яких та конструкції засновані на новітніх досягненнях фізики, інформатики, ІТ технологій.

Для покращення координації наукової роботи на фізичних кафедрах у березні 2020 р. у Східноєвропейському національному університеті був створений навчально-науковий фізико-технологічний інститут, директором якого було призначено доктора фізико-математичних наук, проф.. Мирончик Галину Леонідівну.

Кафедри факультету

На фізичному факультеті функціонували кафедри, завідувачами яких були професори, відомі науковці, які започаткували успішну роботу різних наукових шкіл.



Кафедра загальної фізики та методики викладання фізики бере свої витоки з кафедри фізики Луцького учительського (1946 р.), Луцького педагогічного інституту імені Лесі Українки (1952 рік), яку було поділено на три кафедри. Завідувачем кафедри було призначено досвідченого педагога, заслуженого працівника освіти, професора Леоніда Романовича Калапушу, який працював до березня 2011 року. У 2011 році завідувачем кафедри обрано кандидата фіз.-мат. наук, відмінника освіти України, доцента Ніну Анатоліївну Головіну.



Кафедра загальної фізики та методики викладання фізики. 2011 рік.

Науково-дослідна робота кафедри має фундаментально-прикладний та навчально-методичний характер і ведеться за такими напрямками:

1. Дидактичні функції методів фізичної науки (керівник доц. Мартинюк О. С.)

- Дидактичні функції експериментального методу наукового пізнання.
- Дидактичні функції методу моделювання.
- Методи розв'язування фізичних задач.
- Засоби сучасної електроніки та інформаційно-комунікаційних технологій в навчальному експерименті з фізики.
- Комп'ютерне моделювання в освіті та науці.

Над темою працювали: доц. Головіна Н. А., ст. викладач Пахачук С. С., доц. Кобель Г. П., доц. Муляр В. П., доц. Полетило С. А., зав. лабораторіями Карпук В. Г., ст. лаборант Панкевич С. С., інженер Бурлака О. О., зав. відділом фізико-математичних дисциплін Волинського ІППО Савош В. О., директор Колонівської школи І-ІІІ ст. Іллюшко В. В., студенти IV-V курсів.

2. Спектроскопія аморфних та кристалічних середовищ (керівник доц. Галян В. В.)

- Дослідження оптичних та фотоелектричних властивостей аморфних та кристалічних матеріалів.

Над темою працювали: доц. Головіна Н. А., доц. Кевшин А. Г., інженер Бурлака О. О., студенти IV-V курсів.

Результатами наукових досліджень кафедри є авторські свідоцтва, наукові публікації, підручники та посібники. Зокрема, підготовлено та опубліковано понад 200 наукових праць, серед них п'ять монографій, 13 навчально-методичних посібників, у тому

числі з грифом МОН України, статті, виступи на всеукраїнських та міжнародних конференціях.

Члени кафедри разом з Волинським Інститутом післядипломної педагогічної освіти щороку організують Всеукраїнські та міжнародні науково-практичні конференції:

- Формування самостійної пізнавальної діяльності учнів та студентів з фізики в умовах сучасного освітнього середовища.
- Моделювання у навчальному процесі з фізики.
- Навчальний фізичний експеримент у системі сучасних педагогічних технологій.

Проблемна лабораторія з фізики твердого тіла стала основою наукової бази кафедри фізики твердого тіла, завідувачем якої з 1993 року був Давидюк Георгій Євlampійович, професор, доктор фіз.-мат. наук, дійсний член Нью-Йоркської академії наук, заслужений діяч науки і техніки. У зв'язку з розширенням наукового та навчально-методичного напрямків роботи кафедра ФТТ у 2011 році отримала назву **кафедра фізики твердого тіла та інформаційно-вимірювальних технологій**. З 2010 року завідувачем кафедри є доцент Божко Володимир Васильович – автор більш як 100 наукових праць і публікацій за науково-дослідним напрямом „Вплив дефектів технологічного походження на фізичні властивості складних напівпровідникових сполук”.



Кафедра твердого тіла та інформаційно-вимірювальних технологій. 2011 рік.

Провідні викладачі кафедри: Божко В. В., Богданюк М. С., Кітик І. В., Федосов С. А., Мирончук Г. Л., Шаварова Г. П., Пирога С. А., Коровицький А. М. Науково-дослідна робота на кафедрі носить характер експериментально-теоретичних досліджень в галузі фізики структурних дефектів складних напівпровідникових кристалічних і аморфних фаз, елементарних, бінарних і багатоконпонентних напівпровідників. Наукова тематика кафедри:

- дослідження радіаційних дефектів і механізмів їх утворення в бінарних халькогенідних напівпровідниках,
- комплексне дослідження фізичних властивостей халькогенідних напівпровідникових фаз і сплавів;
- кінетичні і п'єзоелектричні ефекти і нестійкості в елементарних і бінарних напівпровідниках.

До наукової роботи кафедри і виконання науково-дослідної тематики активно залучаються студенти фізичного факультету, починаючи з 3-го курсу. Під керівництвом провідних науковців працюють 5 проблемних груп, які своєю діяльністю охоплюють понад 70 студентів. Результати студентської наукової роботи представлені у вигляді виступів на університетських наукових конференціях, спільних з викладачами – публікацій у фахових журналах. При кафедрі фізики твердого тіла та інформаційно-вимірjuвальних технологій працює міжрегіональний семінар з фізики напівпровідників.

Навчальний процес на кафедрі забезпечують 8 навчально-наукових лабораторій з дисциплін фундаментального циклу і спецкурсів. Крім того, на кафедрі функціонують науково-дослідні та технологічні лабораторії.

Кафедра має договори про наукове співробітництво і підтримує тісні зв'язки з провідними освітніми і науковими установами України, Литви, Білорусії, Польщі та Росії. З метою співпраці був заключений договір з Вільнюським університетом (Литва) на виконання НДР на тему „Одержання та властивості нових халькогенідних і галогенідних матеріалів для мікро- нано- та оптоелектроніки”. Систематично кафедра виконує держбюджетну тематику за програмою наукових досліджень кафедри, а також науково-дослідну роботу за темою міжнародних грантів.

Кафедра теоретичної та математичної фізики бере свій початок від кафедри теоретичної фізики та астрономії, утвореної в 1993-му році. У серпні 1998-го року вона була перейменована і отримала теперішню назву – кафедра теоретичної та математичної фізики. Завідувач кафедрою Свідзинський Анатолій Вадимович, професор, доктор фіз.-мат. наук, почесний доктор Інституту теоретичної фізики імені М. М. Боголюбова НАН України, дійсний член Наукового товариства імені Т.Г. Шевченка, заслужений діяч науки і техніки.



Кафедра теоретичної та математичної фізики. 2011 рік.

На кафедрі працюють викладачі: доктор фіз.-мат. наук Свідзинський А. В., кандидати фіз.-мат. наук доц. Трохимчук П. П., доц. Сахнюк В. Є., Шигорін П. П. та ст. викладачі Вілігурський О. М. і Бірук О. М.; навчально-допоміжний персонал: інженери Головій В. М. та Шваліковський Д. М., ст. лаборанти Сидун С., Пеньковський М. С. та Дмитрук І. П.

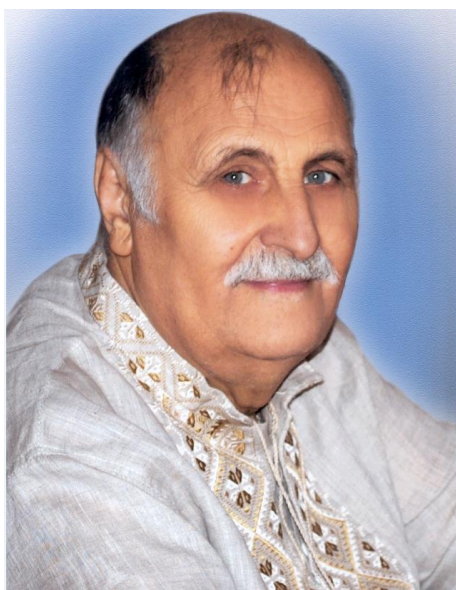
Науково-дослідна робота кафедри проводиться в галузі низькотемпературної надпровідності та надплинності, теорії гравітації, релаксаційної оптики та поліметричного аналізу. Зокрема досліджується тунельна динаміка ефекту Джозефсона в бозе та фермі-системах зі спонтанно порушеною симетрією, вплив бозе-айнштайнівського конденсату на кінетику надконденсатних атомів в атомарних бозе-газах. Виконується теоретичне обґрунтування низки нових експериментальних результатів: поширення хвиль першого та другого звуку в конденсованому бозе-газі, тунелювання конденсатів через потенціальний бар'єр тощо. Досліджуються струмові стани як в однорідних надпровідниках, так і в просторово-неоднорідних надпровідних структурах типу контактів надпровідників через прошарки інших матеріалів: діелектриків, нормальних металів, їхніх комбінацій, які забезпечують наявність ефекту слабкої надпровідності, вивчення тих чи інших композитів, мікроструктур типу звуження, наноструктур тощо.

Кафедра є співорганізатором періодичних міжнародних конференцій, що проводяться на базі СНУ імені Лесі Українки, а також семінарів з теоретичної та математичної фізики. Співробітники кафедри беруть активну участь в роботі вітчизняних та міжнародних конференцій.

НАУКОВІ ШКОЛИ

На фізичному факультеті завжди на провідних ролях були наукові дослідження під керівництвом керівників різних наукових шкіл: з фізики напівпровідників та діелектриків (проф. Давидюк Г.Є.), теоретичної фізики (проф. Свідзинський А.В.), з теорії і методики навчання фізики (проф. Калапуша Л. Р.).

Давидюк Георгій Євлампійович



Фахівець у галузі фізики. Доктор фізико-математичних наук (1995 р.). Завідувач кафедри фізики твердого тіла Волинського національного університету ім. Лесі Українки (з 1993 – 2008 рр.).

Народився 5 січня 1944 р. на півночі Казахстану (Кустанайська область) у сім'ї репресованих службовців. Після війни сім'я переїхала на попереднє місце проживання, спочатку – у с. Торчин, а потім – у с. Рожище.

У 1966 р. закінчив з відзнакою Луцький державний педагогічний інститут (далі – ЛДПІ) ім. Лесі

Українки. Як кращому випускникові, йому було запропоновано посаду асистента кафедри фізики ЛДПІ ім. Лесі Українки.

У 1973 р., після закінчення аспірантури при Інституті ядерних досліджень АН УРСР (м. Київ), захистив кандидатську дисертацію, працював старшим викладачем, а з 1975 р. – доцентом кафедри фізики ЛДПІ ім. Лесі Українки. У 1993 р., після реорганізації педінституту в університет, науковця обрано на посаду завідувача новоствореної кафедри фізики твердого тіла Волинського державного університету (далі – ВДУ) ім. Лесі Українки. Надалі дослідник, без перебування в докторантурі, успішно захищає в Інституті фізики напівпровідників НАН України (м. Київ) докторську дисертацію (1995 р.) й отримує учене звання професора (1996 р.).

У 1998 р. виграв Міжнародний освітньо-науковий грант, фінансований урядом України та фондом Сороса (США). Виконував обов'язки голови спецради з захисту дисертацій при Волинському національному університеті (далі – ВНУ) ім. Лесі Українки, деякий час працював на посаді проректора з наукової роботи ВДУ ім. Лесі Українки. Член редколегії декількох наукових фахових журналів, зокрема, головний редактор серії «Фізичні науки» «Наукового вісника Волинського національного університету імені Лесі Українки», член редколегії наукового журналу «Фізика і хімія твердих тіл».

Сфера наукових інтересів дослідника пов'язана з питаннями фізики дефектів у напівпровідникових матеріалах. Основними науковими досягненнями є установлення механізмів утворення радіаційних дефектів і їх взаємодії з найбільш важливими технологічними домішками в халькогенідних напівпровідниках групи $A^{II}B^{VI}$. Запропоновані несуперечливі моделі дефектних комплексів радіаційного походження та механізми їх перебудови під впливом різних зовнішніх факторів, відповідальні за електричні й оптичні властивості бінарних сполук $A^{II}B^{VI}$.

Г.Є. Давидюк був керівником наукової школи «Фізика структурних дефектів у напівпровідниках». Професор викладав дисципліни з фундаментальної фахової підготовки («Загальна фізика і деякі розділи теоретичної фізики (Електродинаміка)», «Нерівноважні процеси в напівпровідниках», «Радіаційна фізика», «Фізика поверхневих явищ в напівпровідниках»).

Георгій Євlampійович підготував 11 кандидатів фізико-математичних наук, опублікував понад 280 наукових праць у республіканських і міжнародних фахових журналах, збірниках і виданнях, із них монографій і навчальних посібників – 10, патентів на винахід – чотири.

Брав активну участь у відборі здібних випускників шкіл області, неодноразово обраний членом і головою журі на обласних олімпіадах із фізики, проводив заняття з учителями фізики Волинської області на різних курсах і методичних об'єднаннях, читав лекції з фізики для учнів, членів Малої академії наук.

Під його науковим керівництвом багато аспірантів захистили кандидатські дисертації, зокрема В.В. Божко, Г.П. Шаварова, А.А. Федонюк, Г.Л. Мирончук, С.А. Федосов, А.Г. Кевшин.

Нагороджений Нагрудними знаками МОН України «Відмінник народної освіти УРСР», «Відмінник освіти України», «Петро Могила»; присвоєно почесне звання України «Заслужений діяч науки і техніки України»; відзначений Почесними грамотами МОН України й місцевих органів управління.

Помер 13 січня 2013 року.

Свідзинський Анатолій Вадимович

Народився 1 березня 1929, м. Могилів-Подільський Вінницької обл. –професор, доктор фізико-математичних наук, Заслужений діяч науки і техніки України.

А. В. Свідзинський – перший ректор Волинського національного університету ім. Лесі Українки (1993 – 1995).

Народився 1 березня 1929 р. в місті Могилів-Подільський на Вінниччині. У 1930–1939 роках родина мешкала у Жмеринці, де батьки працювали на державних посадах: батько, Вадим Євтимійович, – економістом районного планового відділу, мати, Клеопатра Георгіївна, – вчителькою фізики. У 1939 році переїхали до Києва в надії на лікування старшої доньки Валентини. Тут змушені були перебути німецьку окупацію України. Від 1945 року родина мешкала у Львові. Закінчив з відзнакою Львівський державний університет ім. І. Франка, фізико-математичний факультет, 1952 р. Захистив кандидатську дисертацію 1956 р. (науковий керівник – академік М. М. Боголюбов), докторську дисертацію 1972 р. Працював у Харківському політехнічному інституті у 1956–1960 рр., у Фізико-технічному інституті низьких температур АН УРСР у 1960–1975 рр., від 1975 до 1993 рр. – у Сімферопольському університеті. Перший ректор Волинського державного університету імені Лесі Українки (1993–1995). Завідувач кафедри теоретичної та математичної фізики Волинського державного університету (з 1993 р.).



Науково-дослідна робота наукової школи проф. Свідзинського міститься в галузі низькотемпературної надпровідності та надплинності. Під керівництвом А. В. Свідзинського захистили кандидатські дисертації дев'ять науковців (Ю. Іванченко, В. Слюсарев, Т. Анцигіна, О. Макєєв, С. Савченко, Л. Ахрамович, Г. Шевцов, В. Сахнюк, П. Шигорін). Останні двоє Василь Сахнюк та Павло Шигорін зараз працюють у Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки.

1998 року нагороджений знаком «Відмінник освіти України», 1999-го – орденом Архистратига Михаїла за заслуги перед Українською помісною православною церквою, 2004 року – Почесною грамотою Верховної Ради України «За особливі заслуги перед українським народом». 2010 року Анатолію Свідзинському присвоєно звання Заслужений діяч науки і техніки України.

Помер 23 січня 2019 року в місті Луцьку у віці 89 років.

Калапуша Леонід Романович

Народився 15 грудня 1930 року в селі Топільно, що поблизу містечка Рожища Волинської області. У 1951 році закінчив із медаллю Рожищенську середню школу № 1, а в 1955-му – з відзнакою фізико-математичний факультет Луцького педінституту імені Лесі

Українки. У 1955 - 1961 роках Леонід Романович працював у Володимир-Волинській середній школі № 2 вчителем фізики. Три останні роки був заступником директора школи.

Із 1961 року працював на кафедрі фізики Луцького педагогічного інституту імені Лесі Українки. Упродовж 1963–1966 років навчався в аспірантурі Київського педагогічного інституту імені Максима Горького. У листопаді 1966-го захистив



дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук (теорія та методика навчання фізики). 1969 року Леонідові Калапуші присвоєно вчене звання доцента, цього ж року обрано завідувачем кафедри фізики. 1988 року на засідання вченої ради Білоруського університету успішно пройшов експертний захист й за наукові роботи отримав вчене звання професора. Із 1993-го до 2011 року працював завідувачем кафедри загальної фізики та методики викладання фізики СНУ імені Лесі Українки.

Із 1993 року професор Л. Р. Калапуша керував науковою школою “Дидактичні функції методів фізичної науки”, основними напрямками дослідження якої були: метод моделювання в розвитку фізичної науки та його дидактичні можливості; експериментальний метод наукового пізнання в науці й у навчальному процесі; розробка та виготовлення експериментальних зразків нового навчального фізичного приладдя; комп’ютерне моделювання фізичних явищ і процесів; історія фізики.

Професор Л. Р. Калапуша читав студентам лекції, проводив практичні та лабораторні заняття з фізики та методики викладання фізики, керував курсовими та дипломними роботами студентів, дисертаційними роботами аспірантів і здобувачів. Брав активну участь у роботі Всеукраїнських наукових семінарів та методичних об’єднань.

Зарекомендував себе висококваліфікованим викладачем і здібним організатором навчального процесу та наукової роботи, створив зразкові навчальні й науково-дослідні лабораторії з фізики і методики викладання фізики. На базі очолюваної ним кафедри фізики 1993 року засновано фізичний факультет Волинського державного університету імені Лесі Українки. Чотири випускники аспірантури, науковим керівником яких був Леонід Романович, успішно захистили кандидатські дисертації з теорії і методики навчання фізики: Г.П. Кобель, В.П. Муляр, О.С.Мартинюк, В.В. Іллюшко.

За період науково-педагогічної діяльності опубліковано сто дев'яносто чотири наукові праці, у т. ч. три монографії, двадцять навчально-методичних посібників (три з них – із грифом МОН України).

Неодноразово підвищував кваліфікацію у відомих університетах й установах (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київський педагогічний університет імені Михайла Драгоманова, Казанський і Свердловський університети, Центральний інститут післядипломної педагогічної освіти, Державна академія керівних кадрів України й ін.). Професор відзначений багатьма почесними званнями та нагородами: нагороджений Нагрудним знаком Міністерства освіти і науки України «Відмінник освіти України»; медалями «Ветеран праці»; імені А. С. Макаренка»; імені академіка М. К. Янгеля; Почесними грамотами: ЦК профспілки працівників вищої школи та наукових установ, Міністерства освіти СРСР; Волинської обласної державної адміністрації, Волинської обласної ради народних депутатів, Луцької міської ради народних депутатів, ВНУ ім. Лесі Українки; Почесним дипломом МОН України й Академії педагогічних наук.

Л. Р. Калапуша – заслужений працівник освіти України, заслужений професор СНУ ім. Лесі Українки.

Помер у грудні 2011 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бесов Л.М. Історія науки і техніки: 3-є вид., перероб. і доп. Х . : НТУ ХПГ, 2004. 382 с.
2. Історія науки й техніки : навч. посіб. / Р. В. Гула, І. Г. Передерій, О. В. Вітринська, Л. Б. Гаращенко. К. : «Каравела», 2020. 240 с.
3. Лебедєв І. К., Ігнатова Л. Р., Махінько А. І. ІСТОРИЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ. Київ, вид-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 128 с.
4. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки: навч. посіб. / О.В. Михайличенко. – Суми : СумДПУ, 2013. 346 с.
5. Садовий М.І., Трифонова О.М. Історія фізики з перших етапів становлення до початку ХХІ століття: навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]. Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. 436 с.
6. Храмов Ю.О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів / Ю.О. Храмов. – К.: Фенікс, 2012. – 816 с.
7. Шендеровський В. Нехай не гасне світ науки / В. Шендеровський. К . : Вид-во «Рада», 2003. 416 с.

Навчально-методичне видання

Кевшин Андрій Григорович

Історія фізики і техніки

конспект лекцій

Друкується в авторській редакції