

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра математики, фізики та методик їх навчання

Яременко Яна Вікторівна

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ШКІЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ

Спеціальність: 014 Середня освіта. (Фізика)

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня магістра

Науковий керівник

_____ Д. І. Салтиков,

доктор філософії (природничі науки),

ст.викладач кафедри математики,

фізики та методик їх навчання

« ____ » _____ 20__ року

Виконавець

_____ Я. В. Яременко

« ____ » _____ 20__ року

Суми – 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. Фізика і науково-технічний прогрес.....	7
1.1. Фізика як основа науково-технічного прогресу	7
1.2. Досягнення прикладної фізики XX-XXI століть, які найбільше вплинули на розвиток людства	10
1.2.1. Відкриття рентгенівських променів.....	12
1.2.2. Досягнення фізики та енергетика.....	15
1.2.3. Винайдення лазера.....	19
1.3. Фізичні основи нанотехнологій	24
1.5. Фізика і комп'ютерна техніка.....	29
Висновки до розділу 1	35
Розділ 2. Елементи прикладної фізики у шкільному курсі фізики.....	36
2.1. Аналіз програм з фізики старшої школи	36
2.2. Прикладна спрямованість навчання фізики – одна з основних вимог до уроку.....	39
2.3. Критерії відбору навчального матеріалу прикладного характеру	41
2.4. Методичні рекомендації щодо навчання прикладним аспектам фізики учнів старшої школи	44
2.4.1. Вивчення питань прикладної фізики в процесі викладу нового матеріалу	45
2.4.2. Розв'язування задач прикладного характеру на уроках фізики старшої школи	58
2.4.3. Виконання проектів з фізики прикладної спрямованості.....	61
Висновки до розділу 2	63
Висновки.....	64
Список використаних джерел	65
Додатки.....	70
Додаток А. Методична розробка уроку на тему «наноматеріали»	70
Додаток Б. Методична розробка уроку на тему «Рентгенівське випромінювання, його застосування в медицині та техніці»	76
Додаток В. Методична розробка уроку на тему «Лазери»	84
Додаток Г. Методична розробка уроку на тему «Ланцюгова ядерна реакція поділу ядер Урану. Термоядерні реакції»	92

ВСТУП

Вивчення шкільного курсу фізики направлене, по-перше, на засвоєння учнями основ науки, по-друге, на засвоєння інформації про будову і принципи дії зазначених в програмах і підручниках технічних пристроїв, по-третє, на оволодіння практичними вміннями, зазначеними у програмах. При цьому передбачається, що засвоєні знання учні зможуть використовувати під час вирішення повсякденних питань.

Відповідно до концепції фізичної освіти та Державного стандарту базової і повної середньої освіти в Україні посилено вимоги до розвитку наукового мислення учнів, прикладної спрямованості навчання, його професійної орієнтації [7].

Прикладна спрямованість фізики – це орієнтація змісту, методів і форм навчання на застосування законів фізики в техніці, суміжних науках, професійній діяльності, народному господарстві і побуті.

Реалізація принципу практичної спрямованості підготовки учнів передбачає, що молоді люди, які закінчують заклад освіти, повинні бути не тільки знаючими, але мислячими, ініціативними, самостійними.

При цьому аналіз навчальних програм з фізики, та створених на їх основі підручників для загальноосвітніх шкіл, показує, що в них недостатньо приділено увагу питанням прикладного характеру. Вивчення прикладних аспектів фізики є важливою ознакою сучасної освіти. Наприклад, такі фізичні поняття, як: густина, дифузія, теплопровідність, конвекція, вологість, питома теплоємність, різниця потенціалів, рентгенівське випромінювання, відбивання і поглинання світла, радіація, агрегатні стани речовини та інші, мають прикладний зміст. Однак, вивчення учнями фізичних явищ, законів і теорій, ще не означає, що учні оволоділи прикладними знаннями. Вони набувають прикладної спрямованості, зокрема після розгляду питань про їх

застосування. У цьому полягає реалізація принципу зв'язку теорії з практикою у навчанні.

Таким чином, можемо стверджувати, що існує певна суперечність між потребою у практичній спрямованості підготовки учнів та труднощами в реалізації цієї потреби на основі сформованого змісту навчання. Існування цього протиріччя в даний час і обумовлює актуальність даної проблеми.

На наш погляд, причиною такого становища є те, що вчителі на уроках зазвичай обмежуються матеріалами підручника. Тим часом в існуючих підручниках недостатньо висвітлені матеріали прикладної фізики, методична література переважно застаріла та теж не містить головних засад їх вивчення. Крім того, не розроблені принципи відбору навчального матеріалу з фізики прикладного характеру, не встановлені зв'язки їх зі шкільною програмою з фізики.

Отже, аналіз проведених досліджень виявив необхідність подальшого посилення ролі прикладних аспектів фізики при її навчанні. Вивчення питань прикладної фізики створить сприятливі можливості учням засвоїти не тільки основи фізики та тенденції її розвитку, а й використовувати теоретичні шкільні знання у подальшій практичній діяльності.

Об'єктом дослідження є навчальний процес з фізики в закладах загальної середньої освіти.

Предметом дослідження навчальний процес з фізики, що забезпечує посилення її прикладної спрямованості.

Мета дослідження - розробка змісту і методики вивчення питань, що мають прикладне значення, в курсі фізики закладів загальної середньої освіти.

Завдання дослідження:

- провести аналіз досягнень прикладної фізики XX-XXI століть у контексті їх ролі у розвитку людства та доцільності вивчення у курсі фізики закладів загальної середньої освіти;

- розробити принципи відбору навчального матеріалу з питань прикладної фізики, який доцільно вивчати в шкільному курсі фізики;
- запропонувати різні форми організації навчального процесу з вивчення питань прикладної фізики в школах;
- розробити методичні рекомендації щодо навчання учнів прикладним аспектам фізики.

Методи дослідження:

- теоретичні: теоретичний аналіз науково-методичної літератури, узагальнення та систематизація основних питань досліджуваної проблеми;
- емпіричні: спостереження за навчально-виховним процесом, бесіди з учителями фізики, використання власних розробок у навчанні фізики під час проходження педагогічної практики у школі.

Наукова новизна та теоретичне значення дослідження полягає в тому, що визначено питання шкільного курсу фізики старшої школи, у яких відображені основні досягнення фізики XX століття фізичні відкриття, які найбільше вплинули на розвиток людства у контексті їхнього практичного застосування; уточнено сутність понять «прикладна фізична задача» та «навчальний проект прикладної спрямованості»; сформульовано критерії відбору матеріалу прикладного характеру; обґрунтовано методику впровадження прикладних аспектів фізичної науки у навчальний процес з фізики старшої школи.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці методичних рекомендацій для вчителів щодо навчання прикладним аспектам фізики у старшій школі (11 клас).

Апробація результатів дослідження. Робота апробована під час проведення уроків фізики у комунальній установі Сумська загальноосвітня школа №15 ім. Д. Турбіна, на секційному засіданні Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (2021 рік) а також на секційному засіданні VII Всеукраїнської науково-практичної

конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців з міжнародною участю «Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики» (2021 рік).

РОЗДІЛ 1. ФІЗИКА І НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС

1.1. Фізика як основа науково-технічного прогресу

Фізика формулює ті загальні закони, якими користуються всі інші природничі науки і техніка, застосовуючи їх для окремих випадків. Різкого розмежування між фізикою та іншими природничими науками немає. Протягом кількох останніх десятиліть виникла низка наук, на основі застосування законів фізики в тій чи іншій області: фізична хімія, що вивчає хімічні процеси фізичними методами; астрофізика, яка вивчає фізичні явища, які відбуваються з небесними тілами; геофізика, що досліджує фізичні процеси, які відбуваються в земній корі й атмосфері; нанотехнології, у межах яких досліджують фізичні процеси наномасштабу, тощо. Зв'язок фізики з іншими науками має двосторонній характер. У своєму розвитку фізика спирається на досягнення інших наук про природу, а досягнення фізики використовують інші природничі науки [10]. Величезне значення для розвитку фізичних теорій має, зокрема, застосування математики. Використовуючи математичний апарат, фізика, в свою чергу, ставить перед математикою нові проблеми, без вирішення, яких неможливо теоретично обґрунтувати існуючі фізичні закономірності, і тим самим впливає на її подальший розвиток.

Зв'язок фізики з технікою має аналогічний характер. Своїм існуванням техніка зобов'язана фізиці. Всі технічні дисципліни вирости з відповідних розділів фізики. Але і техніка висуває перед фізикою ті питання, вирішення яких вона потребує і тим самим стимулює її розвиток.

У XIX ст. рушійною силою науково-технічного прогресу були техніка й виробництво. Вони, як правило, випереджали у своєму розвитку науку, ставили перед нею конкретні завдання, впливали на напрямки і темпи її розвитку. Так, винайдення парової машини ініціювало бурхливий розвиток термодинаміки. У XX ст. ситуація докорінно змінилася; тепер рушійною

силою прогресу стала наука (природознавство). Розвиток науки, і перш за все фізики, став вирішальним фактором, що визначає в наш час розвиток техніки. Без перебільшення можна стверджувати, що саме успіхи сучасної фізики багато в чому визначили виникнення і розвиток науково-технічної революції (НТР). XX століття, зокрема, ознаменувалося такою винятковою подією, як НТР, що представляє собою синхронний якісний стрибок у розвитку науки, техніки і їх взаємодій. Характеризуючи її особливості НТР, академік Б. Кедров писав: «Революції в області науки і техніки відбувалися не раз у минулому. Але раніше вони відбувалися незалежно одні від інших і лише випадково іноді збігалися в часі. Перша особливість НТР полягає в тому, що обидві революції - в науці і техніці - злилися у єдиний нероздільний процес. Друга особливість: НТР – це не простий збіг у часі двох революцій, але таке їх поєднання, коли обидві революції взаємно впливають один на одного, знаходяться в закономірному зв'язку між собою. Нарешті, третя і найважливіша особливість НТР – розвиток науки випереджає розвиток техніки, ніби «прокладаючи шлях» для подальшого її розвитку»[31].

Саме на третій особливості НТР необхідно зупинитися детальніше. Так наприклад, потреба у спорудженні реактивних літаків викликала необхідність розв'язання низки відповідних фізичних проблем, пов'язаних з вивченням так званого «звукового порогу» – різкого зростання опору повітряного середовища руху літака при досягненні ним швидкості звуку. Здійснення передачі електричної енергії на далеку відстань по дротах при високих напругах вимагало від фізиків вирішення ряду питань, пов'язаних із цим складним завданням: глибокого вивчення процесів виникнення коронного розряду на провідниках, що викликає в низці випадків значні втрати енергії; дослідження електричної дуги і способів її гасіння у зв'язку з розробкою комутаційної апаратури, і в першу чергу вимикачів, які повинні в десятки долі секунди відключити колосальні потужності тощо.

Механізація виробництва і електроенергетика, нові матеріали і речовини, надточні вимірювання і фізичний неруйнуючий аналіз, ядерна

технологія і енергетика, нанотехнології – сьогодні це далеко не повний перелік галузей сучасного виробництва, корені яких закладені в фізиці. Фізика розкриває загальні закони і закономірності природи, встановлює зв'язки між явищами природи, а спеціальні науки доводять їх до конкретного технологічного втілення [21].

Техніка теж забезпечує фізику необхідними для неї приладами і установками, іноді дуже складними. Досить вказати, наприклад, прискорювачі заряджених частинок, які дають можливість відкривати і досліджувати явища, що мають виключно важливе принципове значення для фізики атомного ядра й елементарних частинок, – це колосальні інженерні споруди. Зокрема, нещодавно побудований в ЦЕРНі (Європейська організація з ядерних досліджень) поблизу Женеви на кордоні Швейцарії та Франції Великий адронний колайдер (англ. Large Hadron Collider, LHC) – прискорювач заряджених частинок на зустрічних пучках, призначений для розгону протонів і важких іонів з метою вивчення продуктів їх зіткнення, є найбільшою експериментальною установкою в світі. У його проектуванні, будівництві та дослідженнях брали й продовжують брати участь понад 10 000 вчених та інженерів із більш ніж 100 країн світу [26]. І навпаки, розвиток фізики мікросвіту сприяв зменшенню масштабів фізичних досліджень аж до нанорозмірних структур. З'явилася ціла міждисциплінарна галузь – нанотехнології, в якій вивчаються закономірності фізичних і хімічних систем протяжністю порядку декількох нанометрів або часток нанометра.

Для демонстрації можливості маніпулювання окремими атомами, використовуючи електричне поле і спеціальний зонд з малим радіусом кривизни, співробітники IBM у 1989 році виклали з атомів ксенону на нікелевій підкладці логотип своєї фірми. Сьогодні компанія IBM демонструє передові наукові результати, пов'язані з розвитком нанотехнологій, які, як вважають фахівці, здатні з часом привести до створення принципово нових типів пристроїв і структур, побудованих на базі кількох атомів або молекул.

Такі пристрої можуть бути використані як комп'ютерні чіпи майбутнього, системи зберігання, сенсори й додатки, які важко уявити сьогодні.

Таким чином, доцільно більш детально розглянути прикладні аспекти найвизначніших фізичних відкриттів, які найбільше вплинули на розвиток людства.

1.2. Досягнення прикладної фізики XX-XXI століть, які найбільше вплинули на розвиток людства

Є достатньо підстав вважати XX століття «золотим віком» фізики. Воно увійшло в історію як століття освоєння ядерної енергії і польотів у космос, як століття Всесвіту, що розширюється, чорних дірок і століття транзисторів, надпровідних матеріалів, мазерів та лазерів.

Говорячи про фізику XX століття, варто підкреслити її роль у розвитку техніки і передових технологій. На думку двічі лауреата Нобелівської премії з фізики американського теоретика Дж. Бардіна та Нобелівського лауреата експериментатора Ж.І. Алферова, серед інших відкриттів XX століття можна виділили три найвизначальніші: відкриття у 1938 році штучного поділу ядер, відкриття у 1947 році американськими фахівцями фірми Bell (Дж. Бардін, У. Браттейн і У. Шоклі) транзисторного ефекту та створення лазера.

З винаходом транзистора пов'язаний розвиток сучасних засобів передачі інформації, обчислювальної техніки, космонавтики, робототехніки. З винаходом лазера – створення якісно нових технологій в обробці матеріалів і медицині, поява нових можливостей у розвитку локації і вимірювальної техніки, в удосконаленні систем контролю, зв'язку, обробки і зберігання інформації. Винахід атомного реактора зумовив створення атомних двигунів, виникнення атомної енергетики. Всі ці три видатні винаходи були зумовлені розвитком фізики. Транзистор з'явився завдяки виникненню і розвитку фізики твердого тіла і її особливого розділу – фізики напівпровідників. Лазер

– результат розвитку квантової електроніки, фізики твердого тіла, фізики плазми. Атомний реактор – дітище ядерної фізики.

На нашу думку, беручи до уваги фізичні відкриття, які найбільше вплинули на розвиток людства у контексті їхнього практичного застосування, до цього переліку варто додати, зокрема, відкриття рентгенівських променів, а також досягнення фізики нанотехнології.

Важливо, що ознайомлення з питаннями сучасної фізики та її найважливішими прикладними напрямками доцільно розпочинати зі шкільного курсу фізики з кількох причин. По-перше, фізика як наука, що вивчає найзагальніші закони природи, є так званим «лідером природознавства», науковою базою інших наук, техніки та технологій. Її досягнення утворюють основу сучасного природничо світогляду і формують базові наукові уявлення людства про оточуючий світ. По-друге, наукові напрями сучасної фізики є основою тих галузей науки, наукомістких технологій, техніки, які визначають загальний рівень сучасного життя держави. І по-третє, якщо основні ідеї сучасної фізики будуть закладені ще у старших класах, то випускнику загальноосвітньої школи буде легше зорієнтуватися при виборі напрямку подальшої освіти чи професійної діяльності [13].

Разом із тим, вивчення передових досягнень фізики у всій їх повноті передбачає володіння учнями необхідним рівнем математичної підготовки. У зв'язку з цим, під час вивчення передових досягнень фізики у школі важлива не так глибина і математична обґрунтованість досліджуваних явищ, як їх фізичний зміст і прикладна спрямованість. Також перед вчителями постає нове завдання – відбір навчального та дидактичного матеріалу прикладного характеру. При цьому виявляється, що цей матеріал знайти не так просто, оскільки зміст цих питань виходить за межі підручників та методичних посібників, доступних шкільному вчителю.

Таким чином, на наш погляд, під час формування уявлень про досягнення сучасної фізики у шкільному курсі фізики необхідно спиратися на історичний підхід з акцентом на їх практичному застосуванні.

1.2.1. Відкриття рентгенівських променів

Уже в 1880-х роках все ще широко побутувала думка про те, що світло - це хвиля, що поширюється у невидимому і невизначеному середовищі під назвою ефір. Джеймс Клерк Максвелл висунув припущення, про те, що світло – не єдиний тип хвиль, пов'язаних з електромагнетизмом. Незабаром після Максвелла, в 1887 році, німецький фізик Генріх Герц зумів експериментально довести існування електромагнітних хвиль.

Відкриття ще одного діапазону електромагнітного спектру було у великій мірі випадковістю. Ряд дослідників висловлювали припущення про те, що з катодної трубки виходять невидимі промені, оскільки вона випускає слабе світіння. Світло проходить через скло, а невидимий катодний промінь залишається всередині. У кінці 1880-х років Філіп Ленард трохи змінив модель катодного трубки Вільяма Крукса, додавши до скла алюмінієве «віконце». Металева пластинка була досить міцною, щоб витримувати тиск повітря зовні, та досить тонкою, щоб дозволити катодним променям виходити з трубки.

У 1896 рр. учений українського походження Іван Пулюй, який викладав у празькій політехніці, у «Доповідях Віденської академії наук» опублікував чотири статті, присвячені катодним променям. У них вчений описав природу та властивості Х-променів (нині відомих як рентгенівські). Ці роботи мали значний резонанс у спільноті фізиків. Перша стаття дослідника про походження цих променів та їхню фотографічну дію була подана 13 лютого 1896 р. у «Доповідях Віденської академії наук». А незадовго перед цим, у січні цього самого року, Пулюй зробив і опублікував кілька якісних фотографій, зроблених за допомогою Х-променів. Тоді ж

Пулюй починає активно працювати в галузі електротехніки. Електричні апарати, сконструйовані ним (у т. ч. катодна «лампа Пулюя»), було відзначено дипломами на Всесвітній електротехнічній виставці в Парижі 1881 р. [33].

Щоправда, не Пулюю приписують відкриття Х-променів, а німецькому вченому Вільгельму Кондраду Рентгену, який незадовго перед цим, 28 грудня 1895 року, опублікував повідомлення «Про новий тип променів», де, власне, і йшлося про Х-випромінювання. Однак за чотирнадцять років до цього вже існувала «лампа Пулюя», що випромінювала такі промені. Рентген цілком міг скористатися цим винаходом, а також іншими напрацюваннями Пулюя. Загалом можемо констатувати, що і Рентген, і Пулюй майже одночасно відкрили існування Х-випромінювання.

На відміну від українського вченого, Рентген не приділяв увагу практичному використанню цього відкриття. Саме Пулюй першим виявив прояви електропровідності в газах, які зазнали Х-випромінювання. Був він, фактично, першим, хто почав використовувати ці промені в медичній діагностиці. Принаймні Пулюй першим зробив світлину всього людського скелету.

Рентгенівське випромінювання, як і видиме світло, викликає почорніння фотоплівки. Ця його властивість має велике значення для медицини, промисловості і наукових досліджень [33].

Тканини і органи людини і тварин, в залежності від їх щільності, створюють тіні на фотоплівці. Лікар оглядає це зображення і ставить діагноз. У минулому рентгенолог, аналізуючи зображення, покладався тільки на свій зір. Зараз є прилади, що підсилюють це тіньове зображення, виводять його на телевізійний екран або записують у пам'ять комп'ютера. Якщо в кров пацієнта ввести речовини, які активно поглинають рентгенівські промені, то лікар побачить на екрані місця закупорювання або розширення судин і зможе призначити точне лікування. За допомогою рентгенограми лікарі можуть судити не тільки про місце перелому кісток, а й про особливості будови

шлунка, серця, легенів, про розташування виразок і пухлин пацієнта. Рентгенівська зйомка використовується також у стоматології для виявлення карієсу і запалень в коренях зубів. Застосування рентгенівського випромінювання при лікуванні раку засноване на тому, що воно вбиває ракові клітини.

Одне з найбільш поширених застосувань рентгенівського випромінювання в промисловості – контроль якості матеріалів та дефектоскопія (виявлення прихованих неоднорістей речовини, тріщин, порожнин) [9]. Рентгенівський метод є неруйнівним, тому об'єкт, що перевіряється, потім може використовуватися за призначенням. Рентгенівське випромінювання застосовується у всіх галузях промисловості, пов'язаних з обробкою металів тиском (пресуванням і штампуванням). Воно також використовується для контролю стволів артилерійських знарядь, харчових продуктів, пластмас, для перевірки складних пристроїв і систем в електронній техніці. Рентгенівське випромінювання застосовують і для дослідження полотен живопису з метою встановлення їх автентичності або для виявлення прихованих шарів фарби під основним шаром живопису.

Великий внесок у застосування рентгенівського випромінювання для вивчення структури речовини внесли М. Лауе, В. Фрідріх і П. Кніппінг, які вивчали дифракцію рентгенівського випромінювання при проходженні через кристали. За відкриття дифракції рентгенівських променів М. Лауе в 1914 р. був нагороджений Нобелівською премією з фізики, а Генрі та Лоренс Брегги отримали у 1915 році Нобелівську премію за розробку основ рентгеноструктурного аналізу, який дає важливу інформацію про тверді тіла і рідини, а також великі молекули.

Дифракційний метод застосовується також для дуже точного визначення міжатомних відстаней, виявлення внутрішніх напружень (неоднорідностей розподілу сил пружності) і дефектів всередині кристала, для визначення орієнтації монокристалів в полікристалічних речовинах і ін. (рис. 1.). Значення рентгенівського дифракційного методу для прогресу

сучасної фізики важко переоцінити, оскільки сучасне розуміння властивостей речовин засноване на розумінні розташування атомів і характеру зв'язків між ними.

Методи дослідження речовини за допомогою рентгенівських променів об'єднує термін рентгенівська спектроскопія.

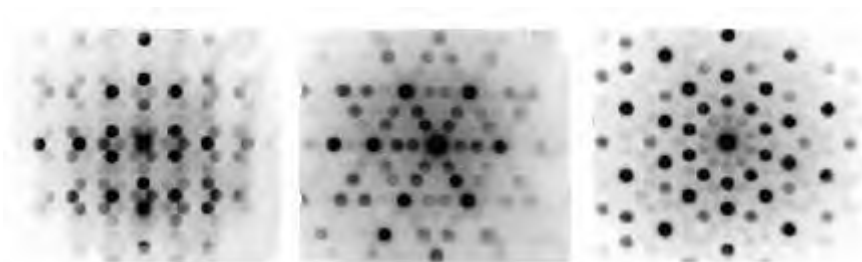


Рис 1. Приклади рентгенограм

Рентгеноспектральний аналіз - це розділ аналітичної хімії, який використовує рентгенівські спектри елементів для хімічного аналізу речовини. Кожен елемент дає свій характеристичний спектр незалежно від того, чи цей елемент до випускання рентгенівських променів перебуває у вільному стані чи в хімічному з'єднанні. Ця особливість характеристичного спектра рентгенівських променів використовується для ідентифікації різних елементів у складних з'єднаннях і є основою рентгеноспектрального аналізу. Найбільш широко рентгеноспектральний аналіз застосовують у металургії та геології для визначення макро- і мікрокомпонентів; для визначення вмісту РЬ і Вг в нафті і бензинах, сірки в газоліні, домішок у мастилах та продуктах зношування в машинах; для аналізу каталізаторів; для експресних силікатних аналізів та ін. [14].

1.2.2. Досягнення фізики та енергетика

В 1934 р. Кюрі і Жоліо відкрили штучну радіоактивність. У 1938 році німецьким хіміком О. Ганом під час дослідження особливостей розсіювання нейтронів на урані було здійснене відкриття штучного поділу ядер.

На початку 30-х років XX століття Енріко Фермі з колегами в Римі вивчав можливість отримання трансуранових елементів шляхом опромінення урану нейтронами (рис. 2.). У 1934 р. вони прийшли до висновку, що їм вдалося створити нові елементи, що містять 93 і 94 протони, які були названі «ausonium» і «hesperium». Однак німецький хімік Іда Ноддак того ж року опублікував статтю, аргументуючи, що вони швидше за все спостерігали розпад ядра урану на кілька фрагментів.

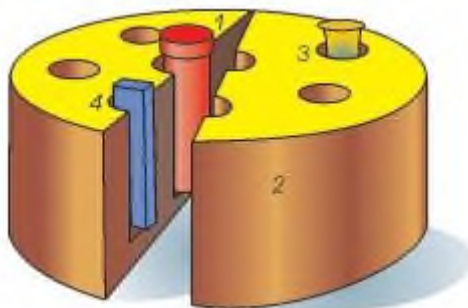


Рис. 2. - Модель експериментальної установки, за допомогою якої було здійснено відкриття ділення важких ядер: 1 - джерело нейтронів; 2 - парафіновий блок для уповільнення нейтронів; 3 - опромінюваний препарат (розчин солі урану); 4 - металева мішень

Атом урану, поглинувши нейтрон, переходить у збуджений стан, деформується (ядро витягується, ядерні сили слабшають при збільшенні відстаней між нуклонами) і розривається на дві частини з випромінюванням при цьому 2-3 нейтронів. Поглинаючи нейтрон, ядро урану отримує необхідну енергію для подолання ядерних сил тяжіння між нуклонами, при цьому внутрішня енергія ядра збільшується. При розпаді ядра частина внутрішньої енергії переходить в кінетичну енергію уламків, а потім за рахунок їх гальмування у внутрішню енергію навколишнього середовища.

У 1938 році німецькі вчені Отто Ган і Фріц Штрассман повторили досліди Фермі і хімічним шляхом показали, що в цих реакціях виникають

ядра барію з масою майже вдвічі меншою, ніж у урану. Ліза Мейтнер і Отто Фріш пояснили цей результат розпадом ядра урану на приблизно дві рівні частини (уламки), а Фріш назвав це явище по аналогії з біологічним явищем «бінарним поділом ядра» або просто поділом ядра.

Згодом в продуктах поділу урану-235 було виявлено близько 300 ізотопів різних елементів: від $Z = 30$ (цинк) до $Z = 64$ (гадоліній).

У 1945 році Шведська королівська академія наук присудила Отто Гану Нобелівську премію з хімії «за відкриття розщеплення важких атомних ядер».

З отриманих даних розпаду уранових ядер дослідникам швидко стала зрозумілою принципова можливість ядерних вибухових процесів, які, будучи надпотужними, в некерованому режимі лягли в основу створеної пізніше ядерної зброї, а в керованому – визначили корисну роботу ядерної техніки, найбільш відомим творінням якої є атомні електростанції [7].

Перший ядерний реактор був побудований і запущений в грудні 1942 року в Чикаго (США) під керівництвом Е. Фермі в рамках робіт, які пізніше стали основою Манхеттенського проекту. У проєкті брали участь вчені зі Сполучених Штатів Америки, Великої Британії, Німеччини та Канади. В рамках проєкту було створено три атомні бомби: плутонієву, що має власне ім'я «Триніті» (підірвана при першому ядерному випробуванні поблизу Аламогордо), уранову бомбу «Малюк» (скинута на Хіросіму 6 серпня 1945 року) і плутонієву бомбу «Товстун» (скинута на Нагасакі 9 серпня 1945 року) [9].

У даний час ділення ядер знаходить своє мирне застосування в енергетиці багатьох країн. Перетворення ядерної енергії в легко використовувану електричну відбувається, як правило, у такий спосіб. У реакторі ядерне паливо, зазвичай уран, при бомбардуванні нейтронами розпадається на ядра більш легких елементів. При кожному акті такого поділу виділяється значна енергія. Якщо порівняти енергію, що виділяється

при поділі ядер урану, з енергією, що отримується при згоранні нафти, то один грам урану замінює понад тону нафти.

У ядерному реакторі тепло, що виділяється при розщепленні ядер урану, передається рідині, що протікає по трубах навколо реактора і має назву теплоносія. У свою чергу, теплоносії передає енергію воді, яка перетворюється на пару. А пара, у свою чергу, обертає турбіну. І, нарешті, механічна енергія турбіни перетворюється в електроенергію за допомогою динамо-машини. Отримана електроенергія по високовольтних лініях передач постачається користувачам за сотні кілометрів від атомної електростанції.

Важливо, що не всі ізотопи урану здатні розщеплюватися в реакторі, такою властивістю володіє лише ізоотп ^{235}U . Його частка у видобутій урановій руді становить всього лише 0,71 %. Найбільш поширеним у природі ізоотпом є ^{238}U , проте він в умовах ядерного реактора не розщеплюється. Тому для використання в ядерній енергетиці природний уран повинен бути «збагачений»: на спеціальних фабриках за допомогою центрифугування з нього виділяється необхідний ізоотп ^{235}U . Для роботи сучасного реактора достатньо мати уран зі збагаченням 2,5 %.

При проектуванні й експлуатації ядерних реакторів величезну роль грає проблема їх безпеки. Як вже говорилося, тепло в реакторі виділяється при розпаді ядра урану-235 на два ядра більш легких елементів. Цей поділ відбувається при бомбардуванні ядерного палива нейтронами і супроводжується випусканням кількох додаткових нейтронів, завдяки яким відбуваються подальші ділення ядер: йде ланцюгова реакція. При цьому важливо не допустити розгону ланцюгової реакції, найменша помилка – і реактор перетвориться в атомну бомбу!

Для управління процесом поділу ядер в реактор вводять регулюючі стрижні, виготовлені з матеріалу, який ефективно поглинає нейтрони (це можуть бути матеріали на основі кадмію, карбіду бору, срібла або індію). Деякі з цих стрижнів підвішують над паливом, щоб мати можливість вкинути їх до відповідних циліндричних отворів і зупинити плин ланцюгової реакції.

Саме з такою ланцюговою реакцією, яка вийшла з-під контролю, була пов'язана катастрофа, яка сталася у квітні 1986 року на Чорнобильській АЕС через серію грубих помилок в управлінні реактором. В результаті реактор був зруйнований і радіоактивні речовини поширилися на величезні території. У 2011 році внаслідок цунамі катастрофа сталася на АЕС в Фукусімі (Японія). Однак тут ланцюгова реакція була вчасно зупинена захисними пристроями.

Важливим аспектом є і медичне застосування ядерних процесів для потреб людей, як одного з ефективних засобів боротьби з багатьма невиліковними хворобами.

Ядерна медицина служить передусім цілям діагностики, в ній найбільше цінується здатність проникнення без супутніх порушень. Застосування ядерної медицини в діагностиці має три аспекти: 1) клінічний - об'єкт дослідження; 2) радіофармацевтичний - препарат, вводиться хворому і 3) технічний – прилади для виявлення радіоактивності або *in vivo*, або *in vitro* в крові, сечі або в спинномозковій рідині. При чистому застосуванні *in vitro* радіоактивність не вноситься в організм пацієнта, замість цього мічена радіоактивністю речовина додається до клінічного препарату (наприклад, крові), що знаходиться в пробірці.

1.2.3 Винайдення лазера

У 1900 році була опублікована відома стаття Макса Планка про квант дії. У подальшому, щоб описати фотоефект, ідею квантів підхопив і розвинув А. Ейнштейн. Згодом датський фізик Н. Бор, німецький В. Гейзенберг, французький Л. де Бройль, австрійський Е. Шредінгер, швейцарський Паулі, англійський П. Дірак і інші довели її до логічного завершення, зробивши квантову теорію цілісним і по суті єдиним робочим інструментом для обчислення будь-яких вимірюваних даних мікросвіту.

У 1952 році Н.Г. Басовим і А.М. Прохоровим в СРСР і Ч. Таунсом в США був запропонований принцип створення першого в світі квантового генератора електромагнітного випромінювання НВЧ (надвисокої частоти) радіодіапазону. У 1954 році такий квантовий генератор був створений незалежно і майже одночасно в Фізичному інституті імені П.Н. Лебедєва Академії наук СРСР (групою під керівництвом Басова і Прохорова) і в Колумбійському університеті в США (групою під керівництвом Ч. Таунса). У 1960 р. американським фізиком Т. Мейманом був запущений перший квантовий генератор, який працював вже не у радіохвильовому, а в оптичному діапазоні – лазер.

Лазер є джерелом монохроматичного когерентного світла з високою спрямованістю світлового променя. Основний фізичний процес, що визначає дію лазера, – це вимушене випускання речовиною випромінювання, яке відбувається при взаємодії фотона зі збудженим атомом за умови точного збігу енергії фотона з енергією атома [21].

Розглянемо, як влаштований і функціонує твердотільний рубіновий лазер (рис. 3). Довгий кристал-стрижень з рубіна 1 оточений трубчастою імпульсною лампою у вигляді спіралі 2. З обох торців стрижня-кристала є два дзеркала: одне суцільне 6, інше напівпрозоре 5. Імпульсна лампа надає енергію рубіновому стрижню. У результаті в ньому виникає лавина фотонів. Багаторазово відбиваючись від торцевих дзеркал, потік посилюється і виривається назовні лазерним променем. Найчастіше у якості матеріалу для стрижнів твердотільних лазерів застосовують штучно вирощені кристали рубіна або граната діаметром 6-20 міліметрів і завдовжки 10-60 сантиметрів.

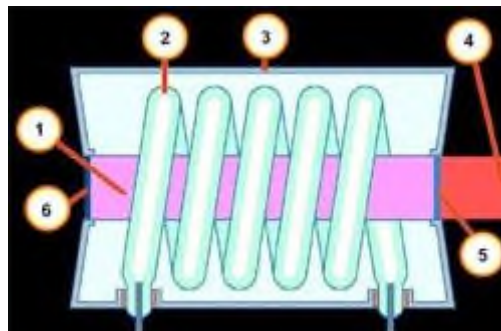


Рис. 3. Будова лазера

Поруч зі стрижнем (паралельно йому або навколо нього) розташовується освітлювач, його називають лампою накачування. Освітлювач повинен бути імпульсним, на кшталт ламп-спалахів, якими користуються фотографи, оскільки всі процеси в атомах проходять за мільйонні частки секунди, і надовго включати лампу не має сенсу. Освітлювач разом зі стрижнем оточений відбивачем, щоб максимально повно спрямовувати енергію лампи накачування на стрижень. Дзеркала розташовують паралельно одне одному і перпендикулярно вісі стржня.

У перші миті після включення лазер випромінює слабе світло. Але після багаторазових відображень дзеркалами починає порушуватися все більше атомів всередині кристала стржня. Цей процес наростає лавиноподібно, і через долі секунди стрімкий потік червоного «рубінового» світла проривається крізь напівпрозоре дзеркало. Частина світла продовжує «розгойдуватися» між дзеркалами, підтримуючи безперервну роботу.

У даний час існують лазери різних типів і конструкцій. Лазери розрізняються: способом накачування (оптичне накачування, збудження електронним ударом, хімічне накачування тощо); робочим середовищем (гази, рідини, скла, кристали, напівпровідники і ін.); конструкцією резонатора; режимом роботи (імпульсний, безперервний). Ці відмінності визначаються різноманіттям вимог до характеристик лазера у зв'язку з його практичними застосуваннями.

У газових лазерах між дзеркалами знаходиться запаяна трубка з газом, який збуджується електричним струмом (рис. 4). Трубка газового лазера під час роботи світиться як газосвітних реклама. За її кольором можна дізнатися, на якому газі працює лазер: неон світиться червоним світлом, криптон - жовтим, аргон - синім.



Рис. 4. Лазер газовий

До переваг газових лазерів можна віднести дешевизну і легкість експлуатації потужних лазерів, що зумовило їх широке застосування в промисловій різанні матеріалів. Крім того, газовий лазер був першим безперервним лазером, що застосовувався в телекомунікаційній індустрії спільно з волоконної оптикою.

У газодинамічному лазері світло народжує струмінь розжареного газу при тиску в десятки атмосфер (рис. 5). Проносячись між дзеркалами, молекули іонізованого газу віддають енергію у вигляді світла, народжуючи стійкий лазерний промінь, що виходить через напівпрозоре дзеркало перпендикулярно потоку газу.



Рис. 5. Схематична будова He-Ne газового лазера

У напівпровідниковому лазері світло випромінюється шаром між двома різними напівпровідниками. Атоми речовини, що знаходяться у так званій «перехідній зоні», здатні збуджуватися при проходженні електричного струму у напрямі, перпендикулярному до зони, і генерувати світло (рис. 6) Дзеркалами, необхідними для отримання лазерного випромінювання, можуть бути відполіровані і посріблені грані кристала напівпровідника. Увесь лазер має розміри злегка більші від гудзика.

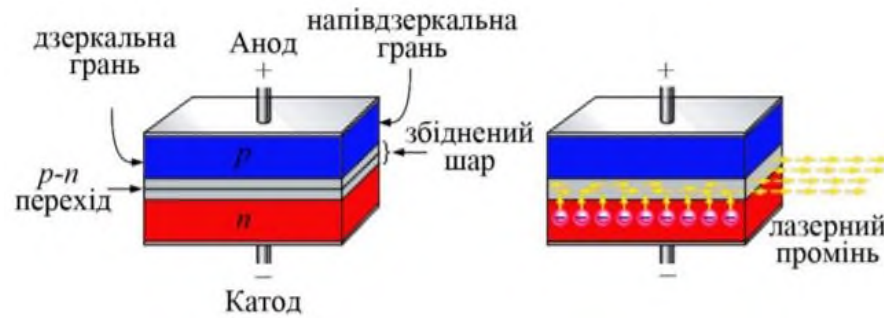


Рис.6. Схема напівпровідникового лазера

Зараз такі лазерні багатошарові елементи з найрізноманітніших складових стали серцем волоконно-оптичного зв'язку, що забезпечує мільйони телефонних розмов одночасно. Близько 100 млн. оптичних кабелів оперізують земну кулю, їх кількість постійно зростає, а якість - особливо стійкість - поліпшується. Крім того, лазерні напівпровідникові мікропристрої слугують "голками", що знімають звук і зображення з лазерних дисків [12].

Властивості лазерного випромінювання унікальні, що перетворює лазери у незамінний для найрізноманітніших галузей науки й техніки інструмент. Лазери широко використовуються у медицині, побуті, в індустрії розваг, у сфері транспорту.

Завдяки величезній потужності лазери безперервної дії активно використовуються для того, щоб розрізати, зварювати або спаювати деталі, що виготовлені з самих різноманітних матеріалів. Висока температура лазерного випромінювання дозволяє зварювати навіть ті матеріали, які не можна з'єднати між собою іншими методами. Наприклад, зварювання металу та кераміки для отримання нового матеріалу - металокераміки, що має унікальні властивості.

У будівництві та геодезії за допомогою імпульсних лазерів проводять вимірювання величезних відстаней на місцевості, фіксуючи час, за який світловий імпульс проходить від однієї точки до іншої.

Саме лазери вивели на принципово новий рівень техніку зв'язку і запису інформації. Було встановлено, що високі частоти (з найменшою

довжиною хвилі) надають каналу зв'язку більшу пропускну здатність. Отже, за допомогою лазерного променя можна передавати об'єм інформації, який у десятки тисяч разів перевищує об'єм, що передається високочастотними радіоканалами [22].

Крім того, за допомогою променя лазера записують та відтворюють дані на компакт-дисках зі звуками (музикою), зображеннями (фотографіями і фільмами). Індустрія звукозапису, отримавши такий інструмент, зробила гігантський крок уперед.

Лазерні технології широко застосовуються у медицині: як у хірургії, так і у терапевтичних цілях. Наприклад, завдяки його унікальним можливостям, промінь лазера можна легко ввести крізь зіницю ока і "приварити" сітківку, що відшарувалася, виправити у важкодоступній області очного дна існуючі дефекти. У сучасній хірургії при складних операціях використовується лазерний скальпель, який мінімізує пошкодження живих тканин. Лазерне випромінювання невеликої потужності прискорює регенерацію пошкоджених тканин. Воно також має вплив, за властивостями схожий на голковколювання, що практикується східною медициною, - лазерна акупунктура [22].

У косметології активно використовуються діодні і пікосекундні лазери.

1.3. Фізичні основи нанотехнологій

Нанотехнології – це сукупність методів і прийомів маніпулювання речовиною на атомарному й молекулярному рівнях з метою створення кінцевих продуктів із заздалегідь заданою атомною структурою.

Нанотехнології забезпечують можливість контрольованим чином створювати і модифікувати об'єкти, що включають компоненти з розмірами менше 100 нм, що мають принципово нові якості і дозволяють здійснювати їх інтеграцію в повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу [19].

Принципово нові властивості наноматеріалів пов'язані, в першу чергу, з квантуванням енергетичного спектра квазічастинок у нанооб'єктах та структурах зниженої розмірності, що найбільш яскраво виявляється в фундаментальній зміні властивостей напівпровідників, магнетиків, органічних і вуглецевих матеріалів, молекулярних ансамблів.

Основною причиною зміни властивостей є те, що на цьому розмірному рівні вже починає виявлятися дія законів квантової механіки, оскільки наномасштаб – це рівень переходу від класичної механіки до квантової [19].

Для визначення межі, за якої починають виявлятися нові властивості об'єкта вимірювання, вводиться поняття «критичний розмір» d^* . Ця величина залежить від того, яка властивість об'єкта вимірюється в експерименті і яка геометрична величина визначає дану властивість – довжина вільного пробігу електронів у металах або напівпровідниках, довжина дифузії домішкових атомів у напівпровідниках, довжина хвилі де Бройля електронів або глибина проникнення електромагнітного поля в приповерхневих шарах об'єкта. Оцінки показують, що його значення, як правило, лежить у діапазоні від 1 до 100 нм.

В об'єктах, що мають макроскопічні розміри, основні фізичні і хімічні властивості не залежать від розмірів. Для наноб'єктів ці властивості можуть сильно змінюватися. Це стосується структурних і фазових перетворень, процесів намагнічування, явищ теплопровідності і електропровідності, оптичних та інших явищ. Кардинальна зміна властивостей наноматеріалів у порівнянні з об'ємними матеріалами, що мають аналогічний хімічний склад, пояснюється ефектами різкого збільшення частки поверхні наночастинок, що утворюють наноматеріал. При зменшенні розмірів наночастинок змінюється співвідношення між поверхневими атомами та атомами в об'ємі. У результаті цього вплив поверхневих атомів на властивості об'єкта стають визначальними.

Для створення нанооб'єктів, дослідження їхніх властивостей та практичного застосування необхідні відповідні інструментальні засоби. Створення таких засобів було розпочато у першій половині XX століття.

Так у 1928 році була запропонована схема пристрою оптичного мікроскопа ближнього поля. У 1932 році Е. Руска та М. Кнолл (Німеччина) розробили трансмісійний електронний мікроскоп, призначений для дослідження об'єктів нанометрових розмірів. Через кілька років компанія Siemens (Німеччина) випустила на ринок перший такий мікроскоп з роздільною здатністю близько 10 нм [21].

Наприкінці 50-х років XX століття з'явилися принципово нові технології, що дозволяють отримувати наноструктуровані матеріали.

У 1959 році відомий американський фізик Р. Фейнман (що став згодом Нобелівським лауреатом) прочитав знамениту лекцію «Внизу повнісінько місця: запрошення в новий світ фізики». У ній він вперше розглянув можливість створення нанорозмірних об'єктів принципово новим способом – поштучним «атомарним» складанням. Він звернув увагу слухачів на те, що відомі до теперішнього часу закони фізики ніяк не забороняють збирати об'єкти «атом за атомом», що в принципі дозволяє синтезувати будь-яка речовина за його хімічною формулою. У 1972 році у філії IBM в Цюриху (Швейцарія) був розроблений перший оптичний мікроскоп ближнього поля з роздільною здатністю на рівні 0,05 довжини хвилі λ . На початку 90-х років, розвинувши цю ідею, вченим вдалося створити такий мікроскоп з набагато більш високою роздільною здатністю [14].

В 1974 році японський фізик Норіо Танігучи використав термін «нанотехнологія», під яким запропонував розуміти способи створення об'єктів, розміри яких менше одного мікрметра. Через кілька років були закладені теоретичні основи фізики нанорозмірних об'єктів - квантових точок і квантових дріотів. У 1981 році Г. Глейтер (США) запропонував класифікацію наноматеріалів за їх хімічним складом і розподілом фаз, де вперше було введено поняття «нанокристалічний». Пізніше стали

використовувати терміни «наноструктурований», «нанофазний», «нанокомпозиційний» та інші.

У 1981 році Г. Бінніг і Г. Рорер з філії IBM в Цюріху (Швейцарія) створили тунельний мікроскоп, який давав можливість «побачити» тривимірну картину розташування атомів на поверхні електропровідних об'єктів. Через п'ять років обидва вчених були нагороджені Нобелівською премією з фізики за роботи зі скануючої тунельної мікроскопії. У цьому ж році групою вчених під керівництвом Г. Бінніга був розроблений і виготовлений атомно-силовий мікроскоп, функціональні можливості якого виявилися ще більш вражаючими, ніж у скануючого тунельного мікроскопа.

Потужним поштовхом у розвитку нанотехнологій стало відкриття нових вуглецевих наноматеріалів. Раніше вважалося, що існують дві основні кристалічні алотропні модифікації вуглецю - графіт і алмаз. Однак виявилось, що у вуглецю є ще кілька модифікацій, які мають унікальні властивості. Йдеться про фулерени і вуглецеві нанотрубки, а також про графен.

Фулерени вперше були вперше синтезовані в 1985 році в результаті спільної роботи майбутніх Нобелівських лауреатів Г. Крото (Великобританія), Р. Керла (США) і Р. Споллі (США). У ході експериментів з вивчення властивостей парів графіту, отриманих в результаті лазерного впливу на графітову мішень, ними були виявлені великі агрегати, що складаються з великого числа атомів вуглецю (близько 60-ти). Вчені припустили, що такі агрегати є молекулою з атомів вуглецю, за формою схожою на футбольний м'яч. У ній всі атоми вуглецю утворюють замкнену поверхню, що складається з 20 шестикутних і 12 п'ятикутних граней. Розміри таких молекул, названих фулеренами, становили близько 1 нм.

Вуглецеві нанотрубки були відкриті японським ученим С. Іїдзіма у 1991 році. Як і фулерени, вони відрізняються своїми унікальними фізичними властивостями. Вони надзвичайно міцні, мають рекордні значення електро- і теплопровідності, мають високу хімічну активність, оскільки здатні

взаємодіяти з іншими речовинами. Крім того, всередину фулеренів і вуглецевих нанотрубок можна вміщувати інші атоми, що дозволяє отримувати матеріали з новими властивостями. Пізніше було встановлено, що нанотрубки можуть бути синтезовані не тільки з атомів вуглецю, а й з інших хімічних елементів. У 1998 році С. Деккер (Нідерланди) створив транзистор на основі вуглецевої нанотрубки. Після цього стали з'являтися публікації щодо створення аналогічних за конструкцією польових нанотранзисторів. Все це сприяло зародженню технологічних основ наноелектроніки.

У 1983 році Жан-П'єр Саваж (Франція) об'єднав дві кільцеві молекули і отримав ланцюг, названий катеноною (catenane). У цій системі молекули пов'язані не ковалентним зв'язком, а механічним, що дозволяє їм відносно вільно рухатися. У 1991 році Ф. Стоддарт (США) створив перший ротаксан (rotaxane) - клас сполук, що складаються з молекули гантелеподібної форми і циклічної молекули, «одягненої» на неї. У 1999 році Б.Л. Ферінга (Нідерланди) виготовив нанодвигун, який обертав циліндр у 10 тисяч разів більший від самого двигуна. За ці роботи всі отримали у 2016 році Нобелівську премію з хімії.

У 2002 році С. Деккер поєднав вуглецеву нанотрубку з ДНК, отримавши єдиний наномеханізм. За допомогою цього механізму стало можливим збирати різні наномеханізми із зачепами й шестернями з нанотрубок. У 2004 році вчені на чолі з А. Зеттлом (США) створили діючу механічну систему, що дозволяє обертати прямокутну металеву пластинку, насаджену на нанотрубку.

У ХХІ столітті було експериментально доведено існування графена. Його двовимірний (товщиною в один атом) кристалічний решітка проявляє незвичайні електрофізичні властивості. Вперше графен був отриманий Андрієм Геймом і Костянтином Новосьоловим в 2004 році (Нобелівська премія за 2010-й). Його планується використовувати в електроніці (в надтонких і надшвидких транзисторах), композитах, електродах і т. д. Крім

того, графен - другий за міцністю матеріал у світі (на першому місці - карбін).

Сьогодні продукти нанотехнологій знаходять своє застосування у найрізноманітніших сферах:

Нанoeлектроніка: СВЧ-транзистори, логічні елементи, аналогові ІС, пристрої надщільного запису інформації, вакуумні електронні прилади.

Наноефотоніка: лазери, фотодетектори, плоскі екрани, оптичні модулятори і поляризатори.

Машинобудування: створення надміцних і надлегких композитних матеріалів, покриттів і мастил для зменшення тертя.

Енергетика: паливні елементи, сонячні елементи, суперконденсатори (іоністори), пристрої для акумулювання водню, термоізоляція і системи охолодження. Пристрої мікро- і наномеханіки, в тому числі актюатори і трансдуктор, молекулярні мотори і нанодвигуни, нанороботи з точністю позиціонування близько 0,01 нм.

Синтез нових матеріалів: каталізатори для керування хімічними процесами, процесами горіння і вибуху, синтезу алмазів і алмазоподібних сполук надвисокої твердості.

Охорона навколишнього середовища: сенсори для хімічного контролю газів і рідин, мембранні фільтри, газові аналізатори, мас-аналізатори (вимірювачі маси молекул).

Медицина: цільова доставка ліків, медична діагностика, створення штучних м'язів і кісток, імплантація живих органів, загоєння біологічних тканин.

1.5. Фізика і комп'ютерна техніка

У 1947 році сталася одна з найважливіших фізичних подій століття - відкриття американськими фахівцями фірми Bell Дж. Бардіном,

У. Браттейном та У. Шоклі транзисторного ефекту. У той час значного розвитку набули радіотехніка і радіолокація, де на зміну ламповим підсилювачам прийшли кристалічні, основою яких служили напівпровідникові середовища. Насправді, метою дослідників, які вивчали можливості застосування цих кристалів, була фундаментальна перевірка використання квантової теорії у твердих тілах, в першу чергу – напівпровідниках. Однак, основним результатом роботи групи науковців стало винайдення германієвого підсилювача або точкового транзистора. А після того, як експериментально було доведено, що визначальною при цьому є інжекція, або впорскування, носіїв до германію, фізики здогадалися, який принцип треба покласти в основу створення напівпровідникової техніки. Нині явище інжекції визначає роботу переважної більшості напівпровідникових приладів, зокрема обчислювальних, де використовуються рп-переходи [21].

Перша інтегральна схема - два транзистора, кілька конденсаторів і резистор - була зібрана вручну на одному кристалі діаметром близько 2 см у 1959 році. Сьогодні ж у сучасних інтегральних схемах такого розміру розташовується близько 100 млн. транзисторів і вони набагато економніші – питома потужність кожного зменшена приблизно в 100 тис. разів. Такі несподівані зміни відбулися за всього за 50-60 років, коли основними гаслами прогресу стали: «менше», «швидше», «дешевше». Мікроелектроніка й інформаційна техніка, без яких неможливо уявити наше теперішнє життя, стали не тільки найбільш яскравими індикаторами науково-технічного прогресу, а й галузями промисловості, де зайнято до 50% працездатного населення технологічно розвинених країн. Однак вторований шлях поступового зменшення розмірів до мікрон і поліпшення роботи транзисторів себе вже фактично вичерпує, і на шляху проникнення в галузь справжніх нанорозмірів стоїть питання про принципово нові фізичні принципи, технології промислового виробництва елементної бази. Якщо таке справді станеться, то це насправді буде електроніка нового покоління, а фактично –

квантова сфера. Можливо, її прообразом стане молекулярна електроніка, де активними робочими елементами повинні виступати окремі молекули.

Компанія IBM вже сьогодні демонструє певні успіхи у вказаній сфері. Подробиці їхніх досягнень викладені в двох статтях, опублікованих у журналі Science. У першій описано успіхи у вимірюванні характеристики окремого атома, що має назву магнітної анізотропії. Можливість вимірювати цю величину має важливі технологічні аспекти, оскільки вона визначає здатність атома до зберігання інформації. До цього ніхто з учених не мав коштів для вимірювання магнітної анізотропії окремого атома.

Вчені сподіваються, що після проведення подальших досліджень в цій області відкриваються можливості для побудови структур, що складаються з невеликих груп атомів або навіть з окремих атомів, здатних надійно зберігати магнітну інформацію. Припускають, що на базі таких структур можна буде випускати пристрої розмірами, близькими до плеєру iPod, при цьому вони будуть здатні зберігати майже 30 000 кінофільмів стандартного розміру або весь інформаційний контент ресурсу YouTube, а це мільйони відеороликів, сумарний обсяг яких, за різними оцінками, перевищує 1000 трильйонів біт.

У своєму другому звіті дослідники IBM оприлюднили деталі ідеї створення першого у світі перемикача на основі єдиної молекули, робота якого не супроводжується руйнуваннями в її зовнішньому корпусі. Це суттєвий крок до побудови комп'ютерних компонентів молекулярного масштабу. Такі компоненти будуть значно менші, швидші й енергоефективніші, ніж сьогоденні комп'ютерні мікросхеми та пристрої пам'яті.

Дослідники також продемонстрували, що атоми однієї молекули можуть використовуватися для перемикання стану атомів у суміжній молекулі, що є по-суті основою елементарного логічного елемента. У значній мірі це стало можливим завдяки відсутності руйнувань в каркасі молекули.

У звіті «Large Magnetic Anisotropy of a Single Atomic Spin Embedded in a Surface Molecular Network» описується, як дослідники використовували

спеціальний тунельний мікроскоп IBM (STM) для маніпуляцій окремими атомами заліза і їх упорядкування з точністю до одного на спеціально підготовленій мідній поверхні. Після цього вчені визначали орієнтацію і інтенсивність магнітної анізотропії окремих атомів заліза [28].

Анізотропія – важлива властивість з точки зору зберігання даних, оскільки вона свідчить про те, чи зможе магніт зберігати певну орієнтацію (т. б. можливість представляти два стани - «0» або «1»).

За словами Жана-Люка Бона, менеджера з науки і технологій дослідницького центру IBM (Almaden Research Center, Сан-Хосе, штат Каліфорнія) сьогодні найважливішими завданнями ІТ-галузі є скорочення фізичних розмірів елементарної комірки для зберігання одного біта інформації до мінімально допустимого рівня, цим самим радикальне збільшення ємності пристроїв пам'яті. Сьогодні науковці наблизилися на один крок до розуміння того, як зберігати дані на атомарному рівні. Розуміння певних магнітних властивостей атомів – це фундамент для подальшого розвитку в напрямку нових, більш ефективних способів зберігання даних [28].

У статті «Current-Induced Hydrogen Tautomerization and Conductance Switching of Naphthalocyanine Molecules» дослідники IBM описують можливість перемикання одинарної молекули між станами «увімкнено» та «вимкнено» (базовий елемент комп'ютерної логіки) за допомогою двох атомів водню, що входять до складу молекули органічної речовини нафталоціаніну. Раніше дослідники IBM та інших наукових центрів уже демонстрували перемикання в межах одиночних молекул, проте в результаті молекули змінювали свою форму, що робило їх непридатними для побудови логічних вентилів комп'ютерних мікросхем або елементів пам'яті.

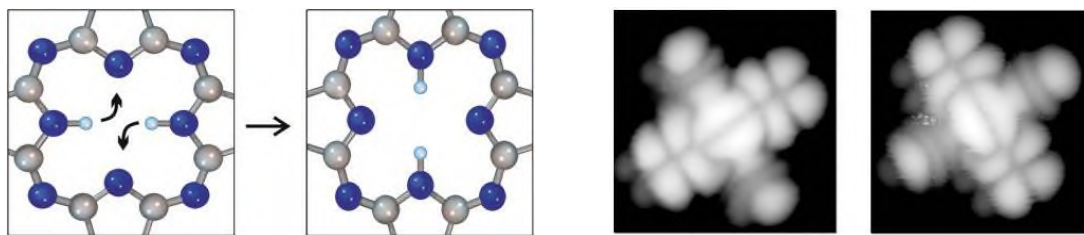


Рис. 7. Зображення молекули нафталоціаніну в станах «увімкнено» і «вимкнено», отримане за допомогою растрового тунельного мікроскопа [34]

Перемикачі в комп'ютерних мікросхемах діють як електричний вимикач, що відкриває й закриває шлях для потоку електронів (рис. 7.). Із сукупності таких елементів можна побудувати логічні вентиля, з яких, в свою чергу, утворюються електричні схеми. Схематичне зображення молекулярного логічного вентиля з двох молекул нафталоціаніну під зондом сканувального тунельного мікроскопа зображено на рисунку 8. При отриманні молекулою імпульсу напруги за допомогою зонда два атома водню в сусідній молекулі змінюють положення і перемикають цілу молекулу зі стану «увімкнено» в стан «вимкнено». Це є елементарним логічним вентилям - головним компонентом комп'ютерних чіпів. Наявність перемикачів такого масштабу дозволить додатково «стиснути» розміри електричних схем, розмістити їх більшу кількість у процесорі, чим суттєво підвищити його швидкодію і продуктивність.

Розвиток звичайних кремнієвих CMOS-чіпів наближається до своїх фізичних меж, тому ІТ-індустрія активно досліджує нові технології, здатні забезпечити подальше підвищення ефективності комп'ютерів. Модульна молекулярна логіка - можливий шлях для вирішення цього завдання, хоча до її реального застосування мине ще не один рік. Наступний крок для вчених - об'єднання декількох таких молекул в рамках електричної схеми, а потім знаходження способів для зв'язування цих схем в молекулярний чіп.

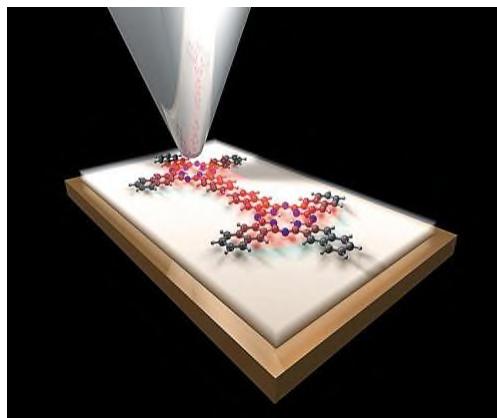


Рис. 8. Схематичне зображення молекулярного логічного вентиля з двох молекул [34]

Концепція використання молекул як електронних компонентів все ще знаходиться на початковій стадії. До теперішнього часу були продемонстровані лише кілька прикладів застосування одинарних молекул в якості перемикачів або елементів пам'яті. Більшість з них має складну тривимірну структуру, яка при перемиканні змінює свою форму. Розміщення таких молекул на поверхні з метою збереження їх функцій - завдання надзвичайно важке.

Перемикання в межах молекули, продемонстроване дослідниками ІВМ, є однозначним, чітко локалізованим, оборотним і заснованим на власних властивостях молекули, а також не призводить до трансформацій в її зовнішньому каркасі. Тому така молекула цілком може бути використана як компонент для побудови більш складних молекулярних механізмів, які будуть служити логічними елементами. Оскільки в процесі перемикання форма молекули залишиться колишньою, поодинокі перемикачі можуть бути з'єднані між собою керованим процесом. Очевидно, такий механізм перемикання буде успішно працювати і в молекулах, впроваджених в більш складні структури.

Отже, варто відзначити, що недавно представлені результати є лише ще однією ланкою довгої серії наукових досягнень в області нанотехнологій. Імовірно, в майбутньому нас очікують ще більш яскраві відкриття.

Висновки до розділу 1

Розглянуто прикладні аспекти найвизначніших досягнень прикладної фізики XX-XXI століть, які найбільше вплинули на розвиток людства та мають бути розглянуті у шкільному курсі фізики для формування в учнів повноцінної природничо-наукової картини світу: відкриття рентгенівських променів, штучного поділу ядер, відкриття транзисторного ефекту, створення лазера та виокремлення з фізики нанотехнології.

Встановлено, що особливо актуальною для педагогів є проблема забезпечення доступності навчального матеріалу для учнів, зважаючи на високий рівень математизації сучасної фізики. Також констатовано відсутність відповідного методичного забезпечення для вивчення питань, що охоплюють прикладні аспекти сучасної фізичної науки, яке і буде запропоноване у даній роботі.

Запропоновано використання історичного підходу у навчанні як один із можливих шляхів подолання вказаних труднощів.

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕМЕНТИ ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

2.1. Аналіз програм з фізики старшої школи

Сучасна фізика виступає теоретичною основою сучасної техніки і технологій це й визначає її освітнє, світоглядне та виховне значення як навчального предмета [17].

Фізика як навчальний предмет виникла лише наприкінці XVIII століття. Початок XIX століття характеризується бурхливим розвитком промисловості: залізничного транспорту, телеграфу, зв'язку, судноплавства і т. ін. Збільшення кількості обслуговувальної техніки та персоналу по роботі з нею неминуче призвело до необхідності знання фізики широким загалом людей. Саме ця обставина стала причиною раціоналізації всього процесу навчання фізики та створення системи підготовки вчителів фізики.

Значення фізики в суспільному виробництві і науці відображено у Державному стандарті загальної середньої освіти [30] та створених на його основі навчальних програмах з фізики. Зв'язок фізики з технікою знаходить відображення шляхом включення до освітніх програм тих фізичних явищ, які лежать в основі роботи головних побутових приладів, технічних пристроїв і споруд, розуміння принципів роботи яких важливе для сучасної людини.

Такий пізнавальний цикл під час вивчення фізики спрямований на пояснення фізичних явищ і процесів навколишнього середовища загалом, та завершується розглядом практичного використання знань з фізики для створення технічних засобів діяльності людини і виробничих технологій [13].

Одним із завдань проведеного нами аналізу навчальних програм з фізики було вивчення сучасного стану проблеми практичної спрямованості навчального матеріалу, виявлення прикладних аспектів, які у них відображені.

Аналіз навчальних програм [16; 17] показує, що вивчення фізики у 10 класі на рівні стандарту охоплює або лише механіку й молекулярну фізику та термодинаміку [16], або механіку, молекулярну фізику та термодинаміку, електростатику (тема «Електричне поле»), а також елементи спеціальної теорії відносності [17]. Отже, прикладні аспекти курсу фізики 10 класу знаходять своє відображення, передусім, у застосуванні законів динаміки (закон всесвітнього тяжіння, закони Ньютона, закон збереження імпульсу) до космічних польотів; застосування законів механіки до коливального руху; дія маятникового годинника як приклад автоколивань; застосування законів термодинаміки до роботи теплових двигунів, використання теплової та холодильної машин; використання поверхневих явищ у природі та техніці; вплив електричного поля на життєдіяльність людей. Таким чином, програма з фізики 10-го класу на рівні стандарту не охоплює тих найвизначніших досягнень ХХ століття, які були проаналізовані вище.

Програмою ж для 10 класу профільного рівня авторського колективу під керівництвом Ляшенка О.І. [16] у межах розділу «Молекулярно-кінетична теорія будови речовини. Термодинаміка» передбачено вивчення теми «Сучасні методи дослідження будови речовини. Наноматеріали». При цьому знанневий компонент очікуваних результатів навчально-пізнавальної діяльності передбачає, що учень «оперує поняттями і термінами ... наноматеріали», а також «пояснює: методи дослідження будови речовини».

Щодо реалізації елементів прикладної фізики у вивченні курсу фізики 11-го класу, необхідно відзначити наступне. В межах вивчення розділу «Електродинаміка» передбачений розгляд питань, пов'язаних з електропровідністю напівпровідників. Зокрема, як ціннісний компонент у даному розділі навчальної програми вказано, що учень «оцінює перспективи технічного використання напівпровідникових приладів...» на рівні стандарту та «висловлює судження щодо застосування напівпровідників в сучасних комп'ютерах та гаджетах» на профільному рівні.

Ознайомлення учнів з властивостями рентгенівського випромінювання та його застосуванням в медицині та техніці передбачене під час вивчення розділу «Оптика» в 11 класі. Програмою також визначено знайомство з роботами І. Пулюя. Передбачається, що учень «пояснює роль і принципи застосування оптичних приладів у сучасній техніці та медицині».

Під час вивчення розділу «Атомна та ядерна фізика» на профільному рівні [17] знаннявий компонент програми передбачає, що учні мають оперувати, зокрема, такими поняттями і термінами: «спонтанне і індукційне випромінювання, лазер», «термоядерний синтез», а також пояснювати «принцип дії квантових генераторів світла» й «природу рентгенівського випромінювання». Як показує практика, тема «Спонтанне і індукційне випромінювання, лазер» у курсі фізики 11-го класу є однією з найбільш складних для розуміння учнями.

Розвиток квантової електроніки призвів до повсюдного впровадження лазерної техніки в науці, промисловості і побуті. Однак у навчальних програмах [16; 17] на вивчення даної теми відведено не більше двох годин. Практично відсутні наочні посібники, лабораторні роботи та роботи фізичного практикуму. Широке поширення лазерів в повсякденному житті (лазерні принтери, лазерні далекоміри, указки і т.д.) і відсутність розробленої методики вивчення даної теми в закладах загальної середньої освіти призводить до того, що у випускників виявляються несформованими на необхідному рівні відповідні знання та експериментальні вміння з даної тематики.

Також у межах даного розділу планується вивчення теми «Ядерний реактор, перспективи створення термоядерного реактора». При цьому ціннісний компонент очікуваних результатів навчально-пізнавальної діяльності передбачає, що учень «висловлює відношення до проблем сучасної ядерної енергетики», «пояснює методи захисту від радіоактивного випромінювання».

Узагальнення та повторення навчального матеріалу на основі досягнень фізики та технологій передбачене навчальною програмою в межах виконання навчальних проєктів. У програмі авторського колективу під керівництвом Локтева В.М. [17] наведена орієнтовна тематика проєктів, що містить перелік досягнень сучасних технологій: «Запис та зчитування інформації за допомогою магнітних, твердотільних та інших носіїв», «Лазери та їх використання», «Прискорювачі елементарних частинок».

Таким чином, аналіз навчальних програм дозволяє зробити висновок, що вони орієнтують учителів фізики на формування у школярів відповідних знань, умінь, ціннісних ставлень та наукового світогляду загалом. Проте практичному застосуванню заданих вище фізичних явищ і процесів у навчальних програмах, на жаль, приділено надзвичайно мало уваги. Таким чином, можемо зробити висновок про необхідність розробки методики вивчення вказаних питань у шкільному курсі фізики.

2.2. Прикладна спрямованість навчання фізики – одна з основних вимог до уроку

Майстерність педагога у проведенні уроків значною мірою залежить від розуміння та виконання ним певних педагогічних і методичних вимог. Ці вимоги визначаються завданнями загальної середньої освіти, закономірностями та принципами навчання.

У педагогічній науці загальні вимоги до уроку поділяють на три групи: дидактичні, виховні та організаційні [1]. До дидактичних вимог, як і методичних, належать:

- 1) чітке визначення освітніх завдань кожного конкретного уроку та його місця у загальній системі уроків;
- 2) визначення оптимального змісту уроку відповідно до вимог навчальної програми, цілей уроку та з урахуванням підготовки учнів;

3) вибір раціональних методів, прийомів та засобів стимулювання та контролю, оптимальної взаємодії їх на кожному етапі уроку, вибір методів, що забезпечують пізнавальну активність, поєднання різних форм колективної роботи на уроці з самостійною діяльністю учнів.

Говорячи про вибір раціональних методів навчання, винятково важливо керуватися принципами навчання, які витікають із встановлених педагогічною наукою закономірностей.

Одним з основних принципів дидактики є принцип зв'язку навчання з життям (або зв'язку теорії з практикою). У сучасній дидактиці цей принцип називається принципом практичної спрямованості підготовки учнів. Загальновідомо, що практика є основою пізнання. Тому учні повинні розуміти, що теоретичні дослідження здійснюються не заради розвитку самої науки, а мають чітку прикладну спрямованість – поліпшення життя людей. Проблеми, які вирішують різні науки, завжди зумовлені практикою, а результати вирішення наукових проблем завжди практикою перевіряються, а також впроваджуються у громадське виробництво, у життя, щоб його удосконалити.

Головною метою реалізації цього принципу є розуміння учнями передусім значення теорії у житті та вміння застосовувати засвоєні знання для вирішення завдань практичного характеру, які постають перед ними. Такі вміння є одним із найважливіших критеріїв якості знань учнів.

Таким чином, у змісті принципу практичної спрямованості навчання, можемо виділити наступні аспекти:

1) основною ідеєю цього принципу є набуття учнями знань і вмінь, які будуть потрібні їм в майбутньому житті;

2) конкретизація знань і умінь, необхідних людині в сучасному житті, так як вони змінювалися в міру ускладнення структури людського суспільства. Якщо спочатку учень мав опанувати прийоми виготовлення найпростіших знарядь і користування ними, то в даний час здається очевидним, що практична спрямованість навчання повинна полягати в

передачі учнями основ наук, оскільки наукові знання необхідні кожному не тільки для виготовлення технічних засобів та розробки технологій, але і в побуті, для забезпечення власної безпеки тощо.

У процесі навчання фізики в загальноосвітній школі цей принцип знаходить своє відображення у тому, що учні повинні оволодіти глибокими й міцними знаннями основ науки-фізики відповідно до сучасних вимог суспільного і науково-технічного прогресу. У школярів має бути виховане прагнення до безперервного вдосконалення знань, вміння самостійно їх поповнювати й застосовувати на практиці. Ось чому особлива увага під час навчання фізики має бути приділена саме практичній спрямованості освіти: навчання застосуванню знань для пояснення принципу роботи технічного обладнання, автоматичних пристроїв їх вузлів. Це забезпечує не тільки глибокі знання, а й розвиває практичні вміння, навички та ціннісні ставлення учня.

Фізика-наука не надає конкретних вказівок на можливе застосування її законів у техніці, тому необхідний цілеспрямований пошук застосування явищ та закономірностей фізики в техніці, побуті, медицині та інших сферах.

2.3. Критерії відбору навчального матеріалу прикладного характеру

Однією з методологічних підстав для вирішення проблем, що виникають при відборі змісту фізичної освіти, завдань теоретичного і прикладного характеру є визначене в педагогіці положення про те, що навчальний предмет є не результатом проектування відповідної галузі науки на процес навчання, а підсумком дидактичної переробки певної системи знань, умінь і навичок, необхідних для оволодіння інтелектуальною, практичною, соціальною й духовною діяльністю. Положення, що відображають взаємозв'язок між наукою і навчальним предметом, сформульовані Л.Я. Зоріною:

– фізична наука як система знання має відображатися у всіх елементах фізики як навчального предмета (в його змістовному і процесуальному компонентах);

– всі елементи фізики-науки, в яких фіксується наукове знання, мають входити до змісту курсу фізики (наукові факти, поняття, закони, теорії, фізична картина світу);

– основні структурні елементи фізичної науки (факти, поняття, закони, теорії, фізична картина світу) є дидактичними одиницями змісту навчання фізики, тими об'єктами, які повинні бути засвоєні цілісно з урахуванням внутрішніх зв'язків;

– дидактичні одиниці визначають процес навчання (методи, форми і засоби); предметний і внутрішньопредметний зміст; спосіб організації матеріалу, логіку його подання (структуру) [30].

При цьому необхідно враховувати, що стрижневою ідеєю курсу як загальної, так і шкільної фізики в нашій країні PSSC (Physics Science Study Committee) є концепція речовини і поля як двох видів матерії. Курс будується за принципом єдиного розгляду спочатку феноменології, а потім внутрішнього механізму явищ.

Нині у вітчизняній школі елементом знань, навколо якого здійснюється генералізація навчального матеріалу, є фізична теорія. Це зумовлене саме значенням теорії в науці як основної форми знання, а також методу пізнання природи. При цьому важливо, що теорія дозволяє не тільки пояснювати процеси і явища, але і передбачати їх хід, встановлювати нові закономірності. Тому групування матеріалу навколо фізичних теорій дає можливість сформувати в учнів знання та вміння використовувати ці знання для пояснення і передбачення явищ. Крім того, оскільки фізичні теорії утворюють фізичну картину світу, подібна генералізація матеріалу сприяє формуванню в учнів цілісного уявлення про природничо-наукову картину світу.

Говорячи про критерії відбору навчального матеріалу з фізики, важливо пам'ятати про вікові особливості учнів та пов'язані з ними психологічні особливості сприйняття, розуміння й усвідомлення навчального матеріалу. Важливо пам'ятати, що при вивченні навчального матеріалу з фізики не завжди можливо є чітко й академічно коректно викласти зміст фізичних понять і законів. Необхідно враховувати математичні знання учнів при введенні фізичних понять, рівень розвитку їх абстрактного мислення та інші психолого-фізичні можливості. Наприклад, із зазначених причин неможливо вивчати поняття напруженості електричного поля як градієнта потенціалу, як це є у самій фізиці. Історично дане поняття було введено як теоретичне після включення в науковий апарат фізики поняття потенціалу електричного поля. Однак такий спосіб непосильний ні для учнів основної, ні для учнів старшої школи. Саме тому поняття напруженості електричного поля вводять спочатку як силову характеристику електричного поля з уведенням формули $\vec{E} = \vec{F}q$. Відповідно до цієї формули одиниця вимірювання напруженості повинна бути ньютон на кулон (Н/Кл). Проте вчитель повинен звертати увагу на те, що представлена формула розрахунку напруженості не є визначальною і одиницею вимірювання напруженості слід вважати вольт на метр (В/м).

Після вивчення поняття потенціалу вчителю необхідно додатково показати узгодженість цих двох одиниць вимірювання напруженості. Аналогічних прикладів в шкільному курсі фізики досить багато. Це спрощення введення і вивчення таких тем, як миттєва швидкість, механічна і внутрішня енергія, перший і другий закон термодинаміки та інші.

Отже, з урахуванням вищезазначеного, можемо сформулювати критерії відбору матеріалу прикладного характеру:

- ✓ науковість – відповідність матеріалу актуальному стану розвитку науки;
- ✓ генералізація навчального матеріалу довкола фізичної теорії;

- ✓ відповідність рівня складності навчального матеріалу реальним можливостям учнів.

Результати відбору змісту навчального матеріалу з фізики прикладного характеру знаходять своє відображення у навчальних програмах та тематичному плануванні навчального процесу вчителем. Однак дуже важливу роль грає подальша творча робота вчителя над структурою цього навчального матеріалу, відбір ним відповідного дидактичного матеріалу. При цьому в якості основи для структурування змісту навчального матеріалу доцільно вибрати системний підхід, оскільки структура дидактичної системи навчання має бути досить стійкою. Стійкість обумовлена зв'язками між окремими її елементами, яка чітко визначена логікою науки та психолого-педагогічними вимогами, що пред'являються до навчального предмету.

2.4. Методичні рекомендації щодо навчання прикладним аспектам фізики учнів старшої школи

Засвоєння учнями системи фізичних знань та здатність застосовувати їх у процесі пізнання і в практичній діяльності є одним із головних завдань навчання фізики в середній школі. Однак, пізнання та засвоєння учнями знань зі шкільного курсу фізики, створення цілісних уявлень про основні поняття, закони, принципи, включення їх у загальну систему знань, перевірка розуміння учнями вивченого неможливі без застосування того, що пізнається, в різноманітних ситуаціях. Тому однією з особливостей пояснення нового матеріалу є політехнічна, прикладна й практична спрямованість викладання. Водночас, критерієм засвоєння учнями матеріалу є вміння практично застосовувати знання, зокрема розв'язувати задачі, виконувати лабораторні роботи та навчальні проєкти з фізики. Саме під час виконання цих видів діяльності максимально розвивається мислення та пізнавальні можливості школярів.

Тому можна виокремити такі основні види навчально-пізнавальної діяльності під час ознайомлення учнів з матеріалами прикладного спрямування з фізики:

- ✓ вивчення питань прикладної фізики в процесі викладу нового матеріалу;
- ✓ розв'язування задач прикладного характеру на уроках фізики;
- ✓ виконання лабораторно-практичних робіт з фізики на уроках;
- ✓ виконання проектів з фізики прикладної спрямованості.

Говорячи про вивчення нового матеріалу з фізики, варто зазначити, що питання прикладного змісту можна використовувати на початку уроку, наприклад під час використання елементів проблемного навчання, щоб зацікавити учнів, побудити в них позитивне ставлення до подальшої навчальної діяльності. Також у процесі розгляду вчителем теоретичних питань доцільно наводити різноманітні приклади, пов'язані з практичним застосуванням явища чи процесу, що вивчається. На закріплення учням може бути задане домашнє завдання, яке передбачає підготовку доповіді та ґрунтується на матеріалах прикладного характеру з презентацією її на уроці після вивчення відповідного матеріалу.

Варто зазначити, що наведений перелік видів навчально-пізнавальної діяльності учнів, містить найбільш поширені в освітній практиці. Одним із завдань педагога є пошук нових, ефективніших видів діяльності учнів на навчальних заняттях. Розглянемо детальніше методичні особливості здійснення вказаних навчально-пізнавальної діяльності у контексті ознайомлення учнів з прикладними аспектами передових досягнень сучасної фізики.

2.4.1. Вивчення питань прикладної фізики в процесі викладу нового матеріалу

Електричний струм у напівпровідниках

В 30-х роках минулого століття з'явилося розуміння, що існують такі кристалічні об'єкти, які називаються напівпровідниками. До них належить великий клас речовин, в яких при звичайних температурах міститься значно менша кількість вільних електронів, ніж у металах. Так, наприклад, в одному кубічному сантиметрі металу при кімнатній температурі міститься 10^{22} — 10^{23} вільних електронів, в такому напівпровіднику, як германій, при тій же температурі тільки 10^{12} — 10^{13} вільних електронів [22].

Відкриття властивостей напівпровідників призвело до того, що радіoeлектроніка перейшла від габаритних лампових пристроїв на пристрої, які мають набагато менший розмір, тобто напівпровідникові пристрої. Сучасна техніка неможлива без напівпровідникових приладів. У шкільному курсі фізики теорія напівпровідників вивчається в 11-му класі. Вивчення властивостей напівпровідників і механізмів протікання в них електричного струму дає можливість ознайомити учнів з будовою напівпровідників, показати сфери їх застосування.

Для пояснення основних властивостей напівпровідників, проводять серію демонстраційних дослідів. Послідовно з чутливим гальванометром вмикають в коло електричного струму напівпровідниковий термоопір (джерело струму — акумулятор). При нагріванні термоопору над електричною плитою струм у колі помітно збільшується. Потім послідовно з чутливим гальванометром та джерелом струму вмикають фотоопір і освітлюють його електричною лампою. В колі виникає електричний струм.

Учні переконуються, що при нагріванні (і освітленні) електропровідність напівпровідників збільшується, а провідників зменшується. Для наочності креслимо графік залежності опору провідника від температури і пояснюємо зменшення опору напівпровідника різким збільшенням кількості вільних електронів при його нагріванні. При дуже

високій температурі питомий опір напівпровідника може стати близьким до питомого опору металів.

При високій температурі різко зростає кількість електронів, швидкості та енергії яких достатні для переходу електронів у вільний стан. Хоч у напівпровідниках так само, як і в провідниках, підвищенням температури довжина вільного пробігу електронів зменшується, концентрація вільних електронів превалює і провідність напівпровідників різко зростає.

Напівпровідниками є багато елементів, але найважливіші з них — германій, кремній і селен. До напівпровідників належать також деякі сполуки — сульфід, селенід, окиси, телуриди багатьох металів (закис міді, сірчистий свинець та ін.).

Далі необхідно розповісти учням, де застосовують напівпровідникові прилади. Передусім, школярам варто повідомити, що, враховуючи властивість напівпровідників n-типу й р-типу проводити електричний струм тільки в одному напрямку – від напівпровідника р-типу до напівпровідника n-типу, вони знайшли широке застосування у пристроях, які отримали назву діодів. Напівпровідникові діоди використовують для випрямлення струму змінного напрямку (такий струм називають змінним), а також для виготовлення світлодіодів. Напівпровідникові випрямлячі мають високу надійність і тривалий термін використання. Широко застосовують напівпровідникові діоди в радіотехнічних пристроях: радіоприймачах, відеомагнітофонах, телевізорах, комп'ютерах [6].

Треба акцентувати увагу учнів, що одним з найпоширеніших способів застосування напівпровідників став транзистор. Він складається із трьох шарів напівпровідників: по краях розташовано напівпровідники одного типу, а між ними — найтонший прошарок напівпровідника іншого типу.

Відкриття транзистора було здійснене у 1947 році трьома видатними американськими фізиками – Дж. Бардінім, У. Браттейном і В.Шоклі в лабораторії компанії «Белл телефон» і стало наслідком бурхливого розвитку фізики напівпровідників і напівпровідникової технології, взагалі. У 1954

вчені отримали за своє відкриття Нобелівську премію. Широке застосування транзисторів обумовлене тим, що з їх допомогою можна підсилювати електричні сигнали. Тому транзистор став основним елементом багатьох напівпровідникових приладів [6].

Особливу увагу під час розгляду вказаної теми варто приділити питанням практичного застосування напівпровідників. Загалом напівпровідникові діоди й транзистори є «цеглинками» дуже складних пристроїв, які називають інтегральними мікросхемами. Такі мікросхеми використовують у комп'ютерах та предметах сучасної техніки: телевізорах, мобільних телефонах, автомобілях, літаках та штучних супутниках.

Інтегральні схеми містять велику кількість напівпровідникових елементів, що взаємодіють між собою: діодів, тріодів різних типів, резисторів, конденсаторів, ключових приладів. Ці елементи скомпоновані в одній матриці, в якості якої використовується окремий кристал або декілька кристалів, розміщених в одному корпусі з безліччю контактних виводів. Як правило, інтегральну схему виготовляють на пластинці кремнію. Розмір пластинки – від 1 міліметра до 1 сантиметра, причому на одній такій пластинці може вміщуватися до мільйона компонентів – діодів, транзисторів, резисторів тощо.

За більш як сімдесят років свого розвитку фізика напівпровідників та пов'язана із нею промисловість пройшли великий шлях від перших діодів до мікросхем. У мікросхемі зразка 1965-го року було 30 транзисторів, тоді як сьогодні чіп Radeon NV 3870 містить 660 мільйонів транзисторів. На сьогоднішній день створені великі інтегральні схеми, густина активних елементів у яких досягає 10^4 на мм^2 . Застосування інтегральних схем дозволяє суттєво зменшити розміри обчислювальних пристроїв, підвищити їх надійність та економічність. У 2000 році Нобелівську премію з фізики отримали Ж.Алфьоров, Г.Кремер, Дж. Кілбі за розробки в фізиці напівпровідників та дослідження в галузі інтегральних схем. Це служить ще

одним підтвердженням важливості таких розробок для розвитку нашого суспільства [22].

Напівпровідники, опір яких змінюється від дії світла, дістали назву фотоопорів. В них електрони від дії світла, переходячи із зв'язаного стану у вільний, збільшують провідність напівпровідника. Найпростіший фотоопір можна виготовити нанесенням тонкого шару селену, сірчистого талію та іншого світлочутливого напівпровідника на решітку, утворену паралельними тонкими провідниками. Завдяки чутливості до зміни світла фотоопори теж застосовуються в автоматичі і телемеханіці.

На електропровідність напівпровідників дуже впливають домішки, які різко підвищують її. Під назвою «домішки» розуміють будь-яке спотворення кристалічної решітки. Змінюючи кількість і склад домішок, можна не тільки змінити величину, а й механізм електропровідності. Про домішкову електропровідність найлегше розповісти учням за схемою плоскої моделі кристалів германію, в деякі з кутів якого вміщені атоми п'ятивалентного елемента миш'яку. П'ятий електрон миш'яку слабо зв'язаний і при теплових коливаннях решітки легко перетворюється на електрон провідності. Дірка при цьому не утворюється. Отже, германій з домішкою миш'яку є напівпровідником з електронною провідністю.

Утворення діркової домішкової провідності пояснюємо, користуючись аналогічною схемою із зображенням моделі кристала германію, але з домішкою тривалентного елемента індію. Для нормального валентного зв'язку в решітці германію потрібні чотири електрони, а атом індію має лише три валентні електрони. Четвертий електрон буде притягнутий з сусідніх місць кристала, тому у відповідній ділянці утвориться дірка. Домішки індію а германії збільшують кількість дірок, не збільшуючи кількості вільних електронів. Електричний струм у такій речовині зумовлений переважно рухом дірок. Важливо зосередити увагу учнів на тому, що домішки навіть у малих кількостях дуже змінюють величину і рід провідності напівпровідникового матеріалу.

Сучасні методи дослідження будови речовини. Наноматеріали

З розвитком технологій людство все більше і більше прагне до автоматизації і оптимізації всього навколо себе. Багато в чому оптимізація зачіпає форму, матеріал і розміри оптимізованих об'єктів. Комп'ютери стають все компактнішими, екрани все тоншими, а деякі пристрої навіть неможливо розгледіти неозброєним оком. Ще одним актуальним напрямом розвитку науки є нанотехнології. Зазвичай їх розглядають як міждисциплінарну науку, але основний внесок у їх розвиток вносить саме фізика [22]. Завдання нанотехнологій полягає в:

- отриманні наноматеріалів із заданою структурою і властивостями;
- застосуванні наноматеріалів за певним призначенням із урахуванням їх структури і властивостей;
- контролю структури і властивостей наноматеріалів як у ході їх отримання, так і в період їх застосування.

Отже, на вчителя фізики покладається важлива роль – формування наукового світогляду учнів шляхом ознайомлення їх з досягненнями в галузі нанотехнологій та їх впливом на життя людства [26].

Ознайомлення учнів з наноматеріалами передбачене навчальними програмами у межах вивчення молекулярної фізики в 10-му класі [16]. Тут учням варто пояснити, що різниця між властивостями малих частинок речовини та масивного тіла відома вченим давно і використовується в різних галузях науки та техніки. Використання цих властивостей на практиці в сучасних умовах і складає суть нанотехнологій. На її основі вже реалізовані зразки наноструктурних надтвердих, надлегких, корозійностійких і зносостійких матеріалів і покриттів, каталізаторів з високорозвиненою поверхнею, нанопористих мембран для систем тонкого очищення рідин, надшвидкісних приладів наноелектроніки тощо. За унікальні дослідження в цій галузі було присуджено 6 Нобелівських премій з фізики та хімії.

Особливо цікавими, на наш погляд, є результати досліджень, за які була присуджена Нобелівська премія з фізики в 2007 році. Лауреатами її стали А. Ферт та П. Грюнберг, які в 1988 році незалежно один від одного відкрили ефект гігантського магнітоопору (ГМО). Відкриття ГМО послужило основою для розвитку спінтроники [31]. Так, з 1997 року компанія IBM в промислових масштабах почала виготовляти спінтронні прилади - голівки для зчитування магнітної інформації на основі ГМО, розмірами 10-100 нм. Крім цього, ефект ГМО знайшов практичне застосування при розробці комп'ютерних жорстких дисків, що дозволило в останні роки значно зменшити їх розміри і збільшити ємність [14].

Розробку уроку в 10 класі на тему «Сучасні методи дослідження будови речовини. Наноматеріали» наведено у додатку А.

Рентгенівське випромінювання

Перед вивченням рентгенівських променів корисно повторити відомості про явище термоелектронної емісії. Після цього школярам розповідають також про історію відкриття променів, які сам Рентген спочатку назвав ікс-променями.

Будову і дію іонної рентгенівської трубки вивчати не доцільно, оскільки вона вже вийшла з ужитку.

При вивченні електронної трубки (трубки Куліджа) відзначають, можливість змінювати довжину хвилі рентгенівського випромінювання, змінюючи напругу, прикладену до електродів трубки, та змінювати інтенсивність потоку випромінювання, змінюючи ступінь розжарення катода.

Слід також з'ясувати процес утворення променів Рентгена. З курсу електрики учні вже мають уявлення про процес виникнення електромагнітної хвилі (радіохвилі). Ці знання використовують, зважаючи, що при русі електронів від катода до анода у просторі навколо них виникає магнітне поле. Коли електрони, зустрічаючи анод, гальмуються, то магнітне поле

зникає, при цьому виникає електричне. Ці поля поширюються в навколишньому просторі. Так утворюється електромагнітна хвиля — рентгенівське випромінювання. Вчений Макс фон Лауе експериментально довів хвильову природу рентгенівських променів. Він пропускав їх через кристал, який замінював дифракційну ґратку, а щілинами в ньому були проміжки між шарами іонів кристала. На пластинці, розміщеній поза кристалом, виникала дифракційна картина.

Демонструвати дію трубки не слід. Оскільки вплив на організм учнів рентгенівського випромінювання, навіть невеликої інтенсивності, є небажаним, використання їх у шкільному кабінеті фізики заборонене.

Розробку уроку в 11 класі на тему «Рентгенівське випромінювання» наведено у додатку Б.

Спонтанне і індукційне випромінювання, лазер

Одним із завершальних етапів формування в учнів уявлень про сучасну наукову картину світу на уроках фізики в старшій школі є вивчення розділу “Будова атома” (11-й клас). За своїм змістом і структурою розділ відображає розвиток вчення про будову речовини. Важливим моментом у вивченні теми є розгляд будови і принципу дії квантових генераторів – лазерів [17].

Лазери були створені на початку шістдесятих років минулого століття. Квантова фізика стала більш високою сходинкою пізнання порівняно з класичною. Вона встановила обмеженість багатьох класичних уявлень.

Важливо зауважити, що вивчення основ квантової фізики у загальноосвітній школі є доволі складною методичною задачею. Мала наочність квантово-механічних об'єктів («частинка-хвиля»), складність математичного апарату, незвичайність її вихідних ідей і понять створюють методичні труднощі. Тому питання квантової фізики дуже обережно вводять у шкільний курс [6].

Незважаючи на широке поширення напівпровідникових лазерів, принцип роботи квантових генераторів у шкільному курсі фізики вивчають на прикладі газового (гелій-неонового) лазера. Його легко пояснити на основі постулатів Бора, ввівши поняття “рівня прилипання”. Необхідність його введення пояснюється потребою накопичення електронів, які при масовому переході з рівня прилипання на основний рівень створюють потужний потік фотонів. Для пояснення причин накопичення електронів на рівні прилипання потрібно порівняти час «життя» електронів на звичайних рівнях (10^{-8} с) з часом життя електронів на рівні прилипання (10^{-5} с) [6].

Іншим важливим моментом у поясненні принципу роботи лазера є розгляд так званого індукованого випромінювання. Сутність його полягає у тому, що фотон певної частоти, який рухається в речовині, сприяє появі фотона такої ж частоти (енергії). Напрямок його руху співпадає з напрямком руху первинного фотона. Дзеркала, здійснюючи багаторазове відбивання фотонів, сприяють накопиченню енергії фотонів у світловому імпульсі. З огляду на нові тенденції у використанні лазерів виникає проблема розробки у подальшому методики ознайомлення учнів з напівпровідниковими лазерами. Очевидно, що і в такій методиці повинні «працювати» квантові постулати Бора, що сприятиме поглибленню знань учнів про елементи квантової механіки. При цьому, важливо зауважити, що саме унікальні властивості лазерів зумовили широке застосування цих приладів в науці, промисловості й побуті. Таким чином, на цих їх особливостях необхідно сконцентрувати увагу учнів під час вивчення теми.

Учням варто повідомити, що сьогодні без використання лазерів неможливо уявити жодної сучасної галузі. Лазерні технології лежать в основі виробництва сучасних комп'ютерів, пристроїв для читання і запису CD та DVD дисків, лазерних принтерів, мишок, указок, і багатьох інших пристроїв, якими учні постійно користуються [22].

Говорячи про типи лазерів, варто зауважити, що лазери класифікують, по-перше, за характером випромінюваної енергії. Якщо енергія

випромінюється імпульсно, то лазери називають імпульсними, якщо безперервно, то лазер називають лазером з безперервним випромінюванням. Існують лазери зі змішаним режимом роботи, наприклад напівпровідникові. По-друге, якщо випромінювання лазера зосереджене у вузькому інтервалі довжин хвиль, то лазер називають монохроматичним, якщо в широкому інтервалі, то говорять про широкосмуговий лазер. Робочий діапазон існуючих оптичних квантових генераторів змінюється від ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 0,3 мкм до інфрачервоного з довжиною хвилі 300 мкм.

Слід зауважити, що кожного року автори найвагоміших відкриттів у фізиці нагороджуються Нобелівською премією. Таких премій за історію відкриття лазерів до сьогодення було декілька. Перша премія була вручена у 1964 році Ч. Таунсу, М. Басову і О. Прохорову за відкриття, а останню в 2018 році присудили А. Ашкіну, Ж. Мору та Д. Стрікленд за досягнення у сфері лазерної фізики. А. Ашкін винайшов "лазерний пінцет", здатний утримувати світловими променями атоми та молекули. Це дало можливість досліджувати віруси, бактерії та інші живі клітини, не пошкоджуючи їх. Завдяки цьому стали можливі, зокрема, найважчі операції на очах. Ж. Мору та Д. Стрікленд винайшли метод отримання ультракоротких та високоефективних лазерних імпульсів. Техніка, на їх основі, відкрила нові можливості для використання лазерів у промисловості та медицині [22].

Приклад уроку в 11 класі на тему «Лазери» подано у додатку В.

Ядерна енергія та її використання

Перед початком вивчення теми «Ядерна енергія та її використання» учні ознайомилися з будовою атома та його ядра і при цьому довідалися про величезні сили, що діють в ядрі і надають йому певної стійкості. Вони мають деяке уявлення і про енергію зв'язку, що є в атомі. Тепер учнів знайомлять із

законом взаємозв'язку маси з енергією. Завдяки величезному значенню сил взаємодії в ядрі порівняно з силами, що діють між атомами і молекулами, при ядерних перетвореннях виділяється енергії значно більше, ніж при хімічних реакціях. Оскільки закон взаємозв'язку між масою і енергією вивчається у шкільному курсі фізики не повністю, слід дати учням уявлення про нього на прикладі діаграми-графіка, що ілюструє залежність енергії зв'язку частинок ядра від значення масового числа — кількості частинок у ядрі. При розгляді цього графіка (рис. 9), на осі ординат якого відкладені середні значення енергії зв'язку, що припадають на одну ядерну частинку, а на осі абсцис — значення масового числа M , ми бачимо, що значення енергії зв'язку поступово зростає при переході від легких ядер до важких. Найбільшого значення величина досягає для елементів, які займають у періодичній системі хімічних елементів місце поблизу Нікелю; далі це значення енергії зв'язку поступово зменшується.

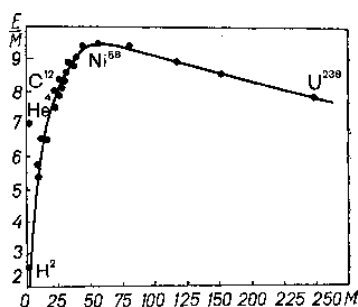


Рис. 9. Графік залежності середніх значень енергії зв'язку ядерних частинок від масового числа M

Аналізуючи цей графік, можна зробити висновок, що більше енергії повинно виділятися при таких ядерних перетвореннях, у процесі яких утворюються найбільш стійкі ядра, тобто ядра середньої величини. Цього можна досягти при розщепленні важких ядер або при сполученні легких.

Нестійкістю ядер важких елементів зумовлюється їх радіоактивний розпад з виділенням значної енергії. Таким способом можна дати учням поняття про ядерну енергію. Під останньою ми розуміємо енергію, нагромаджену в атомних ядрах, яка може при ядерних перетвореннях

переходити в інші види енергії. Прикладами перетворень, при яких виділяється атомна енергія, є радіоактивний розпад ядер і ядерні реакції.

Енергія при радіоактивних перетвореннях виділяється дуже повільно. У зв'язку з цим перед ученими постало питання про винайдення штучних способів утворення таких ядерних реакцій, які б дали засоби ефективного використання ядерної енергії. Ці пошуки дали певні наслідки після відкриття явища поділу важких ядер. Після цього треба ознайомити учнів з явищем поділу ядер Урану, з його ізотопами, з ланцюговою реакцією, яка має місце при розщепленні ^{235}U .

З цих елементів найцінніший плутоній, який є розщеплюючою речовиною, що має такі самі властивості, як і ^{235}U , тобто є ядерним паливом.

Ядерним паливом є і ^{233}U , який утворюється внаслідок захоплення торієм нейтрона. Отже, з трьох речовин, що розщеплюються на масивні ядра, у природі трапляється лише уран-235. Два інші — плутоній і уран-233 добувають при ядерних реакціях опромінювання нейтронами.

Після вивчення цих відомостей про ядерну енергію переходять до розгляду питань її практичного використання. Послідовно розглядають з учнями принципи будови і дії ядерних реакторів, роботу атомної електростанції, застосування ядерної енергії в промисловості, транспорті (атомний криголам), медицині тощо. При вивченні цих питань можна використати різні види унаочнення: відеофрагменти, мультимедійні презентації, плакати зі схемами різноманітних установок для одержання та використання ядерної енергії.

Далі школярів знайомлять із термоядерними реакціями, пояснюючи, що ядерна енергія звільняється не тільки при поділі ядер важких елементів, а й при злитті легких ядер. Увагу учнів звертають на потребу утворення надвисоких температур для здійснення таких реакцій. Нарешті, розповідають учням про проблему керованих термоядерних реакцій і їх значення для енергоозброєності країни.

Вивчення теми закінчують заключною бесідою. Учитель розповідає про будівництво потужних атомних електростанцій, використання радіоактивних ізотопів і закінчує висвітленням міжнародної мирної політики щодо припинення виробництва атомної зброї, заборону атомних і термоядерних випробувань, міжнародне співробітництво в мирному використанні ядерної енергії.

Приклад уроку в 11 класі на тему «Лазери» подано у додатку Г.

На узагальнюючих уроках фізики в 11 класі теж слід приділити увагу розвитку енергетики. Учні повинні розуміти, що споживання енергій з кожним роком зростає, тому проблеми енергоефективності у світі та в Україні є надзвичайно важливими. Через вичерпність, високу ціну енергоресурсів, складну ситуацію навколишнього середовища є необхідність у використанні відновлювальних джерел енергії, що спонукає до пошуку нових напрямків їх виробництва. Енергетика сьогодні – це основа нашого життя. Вона включає атомну, теплову, гідроенергетику, геліоенергетику тощо. Вклад кожної складової у різних країнах різний і залежить від її енергетичної політики. Так, наприклад, у Німеччині частка альтернативної енергетики, яка включає енергію сонячного випромінювання, вітру, морів, річок, біомаси, теплоти землі складає близько 25 %. Хоча ще 10 років тому країна була серед лідерів використання атомної енергетики. Позиція країни різко змінилася після техногенної катастрофи на атомній електростанції у Японії у 2011 році. Країна планує відмовитися від використання атомної енергії до 2022 року. У той же час Франція, навпаки, веде активні дослідження у цій галузі. У країні працюють 58 реакторів, які забезпечують близько 72% потреб електроенергії. Що стане основою енергетики майбутнього? На це питання немає однозначної відповіді. [22] Дискусія з цього питання зацікавить учнів, та спонукає до самостійного пошуку інформації.

2.4.2. Розв'язування задач прикладного характеру на уроках фізики старшої школи

Одним із найефективніших способів реалізації прикладної спрямованості шкільного курсу фізики є розв'язування учнями задач прикладного характеру.

Під прикладними фізичними задачами розуміють такі, в яких конкретизовано зв'язки у підсистемах «людина – техніка» (деталі, механізми, пристрої машин), «людина – природа» (технічні засоби вирішення проблем моніторингу навколишнього середовища), «людина – знакова система» (інформаційно комунікаційні технології, технічні засоби управління та контролю за виробничими процесами); «людина – художній образ» (архітектура, технічні конструкції, моделі, дизайн); «людина – людина» (використання та експлуатація технічних засобів у медицині, побуті, навчальній діяльності) тощо [26].

Такі задачі можуть бути обчислювальними, експериментальними, дослідницькими чи якісними. Прикладне спрямування їх змісту дає можливість продемонструвати, як фізичні теорії, закони, закономірності застосовуються на практиці, впливають на розвиток техніки, підвищують ефективність виробничої діяльності [15].

Прикладні фізичні задачі можуть використовуватися на різних етапах навчально-виховного процесу: створення проблемних ситуацій; повідомлення нових знань; формування практичних умінь і навичок; перевірка глибини та міцності засвоєних знань; повторення і закріплення вивченого навчального матеріалу; розвиток творчих здібностей учнів тощо.

При цьому у процесі реалізації традиційної методики розв'язування задач (прочитати умову, з'ясувати фізичний зміст задачі, виконати математичні перетворення аналітичних виразів відповідно до певного фізичного закону або функціональної залежності між величинами, знайти

невідоме, здійснити дослідження вірогідності результату) учнями набувається досвід застосування прикладних знань з фізики.

У педагогічній практиці вироблено загальний алгоритм розв'язування різних типів прикладних фізичних задач:

- 1) вивчення умови та з'ясування змісту нових термінів і виразів;
- 2) короткий запис умови, виконання потрібних малюнків, схем, графіків (фізичні величини мають бути виражені у Міжнародній системі одиниць (СИ));
- 3) аналіз умови задачі, у процесі якого з'ясовується її фізична сутність, встановлюються фізичні явища, процеси, стани системи та закони й закономірності, потрібні для розв'язку;
- 4) складання плану розв'язування;
- 5) вираження зв'язків між невідомими й відомими величинами у вигляді формул;
- 6) розв'язування системи рівнянь для одержання невідомого;
- 7) обчислення шуканої величини;
- 8) аналіз одержаних результатів;
- 9) пошук й аналіз інших шляхів розв'язування [1].

Під час розв'язування конкретних задач деякі етапи загального алгоритму можуть бути пропущені.

Організаційні форми розв'язування прикладних фізичних задач такі: типову або складну задачу розв'язує вчитель; аналіз умови задачі й відшукування розв'язку здійснюється колективно; учні після обговорення розв'язують задачу самостійно. Активність і самостійність учнів досить високі, але вони розв'язують задачі неодноразово. Учитель слідкує за ходом розв'язування, консультує, звертає увагу на недоліки та помилки, допомагає їх виправити [9, 36].

Добираючи задачі до уроку, потрібно визначити їхнє місце у його структурі, розмістити так, щоб кожна наступна включала елементи попередньої. Побудова логічних ланцюжків задач з урахуванням конкретних

чинників (рівня фізичного мислення учнів, індивідуальних особливостей, змісту навчального матеріалу тощо) створює умови для ефективного навчання розв'язувати задачі [9, 36].

Приклад 1. Вуглець, що є однією з основних складових біологічних організмів, присутній в земній атмосфері у вигляді стабільних ізотопів ^{12}C (98,89%) і ^{13}C (1,11%) і радіоактивного ^{14}C , який присутній у невеликій кількості (близько $10^{-10} \%$). З 10 грам вуглецю, отриманих з археологічних знахідок, за допомогою лічильника фіксували 10 розпадів за хвилину. Вважаючи що в початковий момент часу в було $10^{-10} \%$ вуглецю ^{14}C визначити вік археологічних знахідок. Ізотопи вуглецю ^{14}C підлягають β -розпаду з періодом напіврозпаду $= 5730 \pm 40$ років.

Приклад 2. Обчисліть електричну потужність атомної електростанції, яка витрачає за добу 220 грамів ізотопу урану ^{235}U та має ККД 25%.

Якісні та кількісні завдання не слід протиставляти один одному, тому що в основі тих і інших лежить розуміння сутності фізичних законів і явищ і вміння застосовувати їх на практиці. Вони пробуджують інтерес до фізики, переконують в широких її можливостях. Завдання такого типу формують такі загально інженерні вміння: дослідити проблемну ситуацію на основі загальних законів і методологічних принципів фізики; будувати моделі фізичних явищ; робити припущення; обробляти, оцінювати і порівнювати отримані в ході рішення результати.

Розв'язування різних видів фізичних задач прикладного змісту у старшій школі сприяє забезпеченню міцного і свідомого оволодіння учнями системою фізичних знань, практичних умінь і навичок, усвідомленню того, як фізичні теорії, закони, закономірності застосовуються на практиці, впливають на розвиток техніки і народного господарства, підвищують ефективність виробничої діяльності кваліфікованих працівників.

2.4.3. Виконання проектів з фізики прикладної спрямованості

«Все, що я пізнаю, я знаю, для чого мені треба і де та як я можу ці знання застосувати» – основна теза сучасного розуміння методу проектів [31].

Проектна діяльність учнів є одним з методів розвиваючого (особистісно-орієнтованого) навчання, спрямована на вироблення самостійних дослідницьких умінь, сприяє розвитку творчих здібностей і логічного мислення, об'єднує знання, отримані в ході навчального процесу, сприяє формуванню предметних компетентностей учнів.

Проектна діяльність в навчанні містить аналіз проблеми, постановку мети, вибір засобів її досягнення, пошук і обробку інформації, її аналіз і синтез, оцінку отриманих результатів та висновків.

При організації проектної діяльності можлива не тільки індивідуальна, але і групова робота учнів. У тому випадку, якщо проект груповий кожен учень повинен чітко показати свій внесок у виконання проекту, а так само кожен учасник проекту отримує індивідуальну оцінку.

Прикладний характер проектної діяльності передбачає:

- знайомство учнів з методом наукового пізнання та методами дослідження об'єктів і явищ природи;
- формування в учнів умінь спостерігати природні явища та виконувати експериментальні дослідження з використанням вимірювальних приладів, які широко застосовують у практичному житті;
- розуміння учнями відмінностей наукових даних від неперевіреної інформації, цінності науки для задоволення побутових, виробничих і культурних потреб людини.

В результаті цілеспрямованої роботи над навчальним проектом в учнів формується: – потреба вникати в суть досліджуваної проблеми, знаходити відповіді на питання, використовуючи власні знання, особистий, соціальний, історичний життєвий досвід; – критичне ставлення до знання, життєвого

досвіду; – основи ціннісних суджень і оцінок; – повага до величі людського розуму, що дозволяє долати невігластво і забобони, розвивати теоретичне знання; – зростання пізнавального інтересу фізики; – зростання мотивації учнів навчальної діяльності; – розвиток ключових компетенцій учнів; – здатність до розробки декількох варіантів рішень, до пошуку нестандартних рішень, пошуку і здійснення найбільш прийняттого з них [26].

Етапи роботи над проектом:

I. Визначення теми і цілей проекту, формування первинних груп для роботи. Під керівництвом педагога клас ділиться на групи по 3-4 учні (більша кількість учнів в групі неефективна). Кожна група учнів отримує завдання.

II. Складання плану роботи над проектом. Визначають терміни реалізації окремих етапів та час, необхідний для отримання кінцевих результатів. Учні спільно з учителем виявляють потенційні можливості кожного (комунікативні, артистичні, публіцистичні, організаторські та ін., обирають відповідальних за різні види роботи).

III. Коригування плану (за необхідності). Можливе уточнення плану, тривалості його окремих етапів.

IV. Контроль виконання плану учителем.

V. Презентація отриманих результатів. Презентація результатів роботи за підсумками виконання проекту в тій чи іншій формі є обов'язковою.

VI. Оцінювання результатів виконання проекту.

Щоб звернути увагу учнів саме на прикладні аспекти розглянутих нами питань, доцільно залучати школярів до виконання дослідницьких проектів, виконання яких передбачене навчальною програмою.

Тематика навчальних проектів для учнів 11 класу з теми «Фізика атома та атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики» може бути такою: «Ядерна енергія: зло чи благо?», «Переваги і недоліки використання ядерної енергії», «Розвиток атомної енергетики України, проблеми Чорнобиля», «Вплив атомної енергетики на екологію», «Сучасна енергетика і перспективи

її розвитку». Під час вивчення теми «Електричне поле та струм» школярам доцільно запропонувати проект на тему «Напівпровідникові прилади та їх застосування». У межах теми «Хвильова і квантова оптика» – проекти «Квантові генератори та їх застосування», «Перший нобелівський лауреат – Вільгельм Рентген».

Вказані теми учнівських навчальних проектів дозволять поглибити знання учнів щодо практичного застосування явищ, що вивчаються, вимагатимуть ретельного вивчення матеріалу, підбору прикладів. Представлені теми дослідницьких робіт рекомендовано пропонувати учням старшої школи для проведення як індивідуальних, так і групових досліджень.

Висновки до розділу 2

Встановлено, що зміст навчальних програм з фізики орієнтований переважно на формування у школярів відповідних знань, умінь, ціннісних ставлень та наукового світогляду загалом, однак прикладним аспектам фізичної науки, практичному застосуванню фізичних явищ і процесів, що вивчаються не приділено належної уваги.

Показано, що фізичні явища повинні вивчатися з якісної, кількісної, сутнісної та прикладної позицій.

Одним із шляхів не лише актуалізації шкільного курсу фізики, а й мотивування учнів до навчання, демонстрування зв'язку теоретичних знань з їх практичним застосуванням є розгляд прикладних аспектів сучасної фізики під час вивчення окремих тем та розділів.

Висвітлено основні методи ознайомлення учнів з матеріалами прикладної фізики, такі як: вивчення питань прикладної фізики в процесі викладу нового матеріалу; розв'язування задач з фізики прикладного характеру; виконання проектів прикладного змісту з фізики.

ВИСНОВКИ

У роботі досліджено найвизначніші досягнення фізики XX-XXI століть у контексті їх прикладної спрямованості: відкриття рентгенівських променів, штучного поділу ядер, транзисторного ефекту, створення лазера та розвиток нанотехнологій. Наголошено на надзвичайній важливості розгляду їх прикладних аспектів у шкільному курсі фізики.

На основі аналізу навчальних програм з фізики, встановлено, що практичному застосуванню цих відкриттів приділено недостатньо уваги. Таким чином, констатовано необхідність вдосконалення методики вивчення вказаних питань у курсі фізики старшої школи.

Показано, що прикладна спрямованість навчання фізики є однією з основних вимог до організації навчальної діяльності.

Наведено критерії відбору навчального матеріалу прикладного характеру відповідно до психологічних особливостей учнів: науковість, генералізація навчального матеріалу довкола фізичної теорії, відповідність рівня складності навчального матеріалу реальним можливостям учнів.

Розроблено методичні рекомендації щодо навчання прикладним аспектам фізики учнів старшої школи: у процесі викладу нового матеріалу, під час розв'язування задач прикладного характеру та виконання учнями проектів з фізики прикладної спрямованості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альбін К.В. Методика викладання фізики / К.В. Альбін, М.С. Білий, С.У. Гончаренко та ін. – К. : ВШ, 1970. – 300 с.
2. Величко С. П., Забара О. А., Сірик П. В. Лабораторний практикум зі спецкурсу «Лазер у викладанні шкільного курсу фізики». Посібник для студентів 5 курсу фізики-математичного факультету / За ред. С. П. Величка. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 148 с.
3. Величко С.П. Лабораторні роботи з фізики з газовим лазером // Зб.: Методика викладання фізики/ За ред. Є.В. Коршака. – К.: Рад школа, 1980.
4. Величко С.П., Слободяник О.В., Сірик П.В., Слесаренко М.В. Лабораторний практикум зі спецкурсу «Застосування навчального лазера у викладанні шкільного курсу фізики». Посібник для студентів фізикоматематичного факультету/ За ред. С.П.Величка. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2011.- 140 с
5. Гомулина Н. Н. Возможности использования электронных образовательных изданий по физике. // Физика в школе. – 2006. – № 4.
6. Гончаренко С. У. Методика навчання фізики в середній школі: Коливання і хвилі. Оптика. Теорія відносності. Фізика атомного ядра: посіб. для вчителів / С. У. Гончаренко, М. Й. Розенберг. – К.: Рад. шк., 1974. – 229 с.
7. Державний стандарт базової середньої освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/nova-ukrayinska-shkola/derzhavnij-standart-bazovoyi-serednoyi-osviti> (дата звернення 13.08.2021).
8. Джексон В. Физика в XX веке // Успехи физических наук . – 1970. – Т. 101. – № 4.
9. Джексон Том. Физика. Иллюстрированная хронология науки / Т. Джексон; пер. с англ. А. В. Банкрашкова. – Москва : Издательство АСТ, 2016. – 168 с.

10. Завражна О.М., Однодворець Л.П., Пасько О.О., Салтикова А.І. Методика формування у студентів знань про стан сучасної фізики та нанотехнологій. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2018. №1(75). С. 196 – 208.
11. Зорина, Л.Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников / Л.Я. Зорина. – М.: Педагогика, 1978. – 128 с.
12. Кессельман В. С. Физика в инфографике. От гно-мона до кванта / В. С. Кессельман – Москва : Издательство АСТ, 2016. – 208 с.
13. Кудрявцев В.В. Научно-методические аспекты изучения современной физики в профильной школе/ В. В. Кудрявцев, Г. Ф. Михайлишина, В. А. Ильин // Наука и школа - 2011, – №2. – С.65-71. Избранные педагогические труды [Текст] / Ю. К. Бабанский ; авт. вступ. ст.: Г. Н. Филонов, Г. А. Победоносцев, А. М. Моисеев; авт. коммент. А. М. Моисеев. - М. : Педагогика, 1989. - 560 с.
14. Лобода В.Б., Шкурдода Ю.О., Довжик М.Я., Кравченко В.О., Хурсенко С.М. Ефекти гігантського і анізотропного магнітоопору: демонстрація і вивчення в курсі фізики закладів вищої освіти. *Ж. нано- електрон. фіз.* 2018. Том 10, № 3. С. 03016-1 – 03016-8.
15. Мельник Ю. С. Задачі прикладного змісту з фізики у старшій школі / Ю.С. Мельник // Навчально-методичний посібник. – К.: Педагогічна думка, 2013. – 120 с
16. Навчальні програми “Фізика і астрономія. 10-11 класи. Рівень стандарту. Профільний рівень” (авторський колектив під керівництвом Ляшенка О.І.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-i-astronomiya-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lyashenka-o-i.doc> (дата звернення 13.08.2021).
17. Навчальні програми “Фізика. 10-11 класи. Рівень стандарту. Профільний рівень” (авторський колектив під керівництвом Локтева В.М.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vn.pdf> (дата звернення 13.08.2021).

18. Навчальні проекти за програмою фізики основної школи. 7 клас: збірник методичних матеріалів / [упоряд.: В. М. Карпуша]. – Суми: НВВ СОППО, 2016. – 84 с.
19. Нанотехнологии для всех. Часть 1: Как и чем измерить наномасштаб? Сканирующая туннельная микроскопия [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://habr.com/ru/post/205956/> (дата звернення 22.08.2021).
20. Онкошева Э. Э. Технология проектной деятельности учащихся на уроках физики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://urok.1sept.ru/articles/680287> (дата звернення 19.08.2021).
21. Садовий М. І. Історія фізики з перших етапів становлення до початку ХХІ століття: навч. посібн. для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл. / М. І. Садовий, О. М. Трифонова. – Кіровоград : ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. – 436 с.
22. Салтиков Д.І. Деякі прикладні аспекти сучасної фізики в шкільному курсі. Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики : матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, молодих учених, науково-педагогічних працівників та фахівців з міжнародною участю / Салтиков Д. І., Яременко Я. В., Міщенко Д. К. – Суми: СумДПУ, 2021. – С.70-73.
23. Салтикова А.І. Лохоня М.М. Навчальні проекти з фізики у сучасній школі. Теоретикометодичні засади вивчення сучасної фізики та нанотехнологій у загальноосвітніх та вищих навчальних закладах: матеріали IV Всеукраїнської науково-методичної конференції, 27 листопада 2019 р. Суми: СумДПУ, 2019. С. 74 – 76.
24. Салтикова А.І. Проектування знань з основ нанотехнологій в професійну діяльність майбутнього вчителя фізики [Текст] / А.І. Салтикова, О.М. Завражна // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-

- математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016 – Вип. 9, Ч. 1. – С. 143–150.
25. Салтикова А.І., Абакарова Г.О. Проектні технології навчання фізики в школі. Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, 12-13 квітня 2017 р. Суми: СумДПУ, 2017. С. 56 – 61.
 26. Семененко, Н. М. Проектна діяльність при вивченні фізики як спосіб підвищення мотивації учнів / Н. М. Семененко. - // Молодий вчений. - 2016. - № 26 (130). - С. 694-696. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://moluch.ru/archive/130/35888/> (дата звернення: 19.08.2021).
 27. Сосницька Н. Л. Методологічні засади розвитку змісту шкільної фізичної освіти / Н. Л. Сосницька // Педагогічна освіта: теорія і практика. Педагогіка. Психологія. – 2013. – № 19. – С. 52–55.
 28. Фізика в ХХІ веке [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://kpi.ua/ru/931-2-foto> (дата звернення 16.08.2021).
 29. Фізика (профільний рівень) : підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти / Т.М. Засекіна, Д. О. Засекін. – К. : УОВЦ «Оріон», 2018. – 304 с.
 30. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навч. програмою авт. колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) підруч. для 11-го кл. закл. заг. сер. освіти / В. Сиротюк, Ю. Мирошніченко – К.: «Генеза», 2019. – 368 с.
 31. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) : підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти / Засекіна Т. М., Засекін, Д. О. – Київ УОВЦ "Оріон", 2018. – 272 с.
 32. Фізика: підручник для 11-го класу (рівень стандарту) / В.Г. Бар'яхтар, С.О. Довгий, Ф.Я. Божинова, О.О. Кірюхіна. – Харків. – Видавництво «Ранок», 2019 р. – 272 с.

33. Чумак М. Стецик С. Іван Пулюй – фізик-винахідник, діяч української науки та культури. до 175-річчя від дня народження // Фізика та астрономія в рідній школі. – 2020. – №1. – с. 43-46.
34. IBM демонструє очередные успехи в области нанотехнологий [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ko.com.ua/ibm_demonstriruet_ocherednye_uspehi_v_oblasti_nanotehnologii_31991 (дата звернення 17.08.2021)
35. Zavrzhna O.M., Odnodvoret L.V., Pasko O.O., Saltykova A.I. Methodological Bases for Study Nanotechnology in the General Physics Course of Higher Educational Institutions. J. NanoElectron. Phys. 2017. Vol. 9, № 5. P. 05032.

ДОДАТКИ

Розробки уроків

Додаток А.

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА УРОКУ НА ТЕМУ «НАНОМАТЕРІАЛИ» (10 клас, профільна школа)

Мета уроку: сформувати уявлення учнів про наноматеріали, їхню різноманітність, технології отримання та унікальні властивості.

Хід уроку

I. Організаційний момент

Привітання, виявлення відсутніх.

II. Актуалізація знань учнів

III. Вивчення нового матеріалу

Нано- є одним із префіксів масштабу. Спробуємо уявити наномасштаб – одну мільярдну частку метра. Але, як виміряти наноб'єкт? Опосередковано.

У 1981 році був придуманий тунельний мікроскоп або СТМ. Ідея така: розглянемо грамофон з тонкою голкою, що проводить струм, і розміщуємо зонд над зразком (щоб дотику не було).

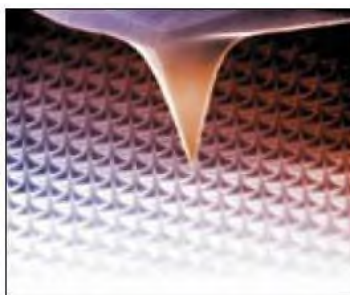


Рис. Б1. Фотографія методу скануючої зондової мікроскопії.

На приладі детектуємо струм, оскільки електричне коло замикається: електрони «перестрибують» з поверхні на голку – відбувається так званий «тунельний ефект». Якщо зонд проходить над заглибиною – бачимо ослаблення струму. Якщо під зондом підняття – посилення. Так відбувається через зміну відстані між голкою і зразком. На основі даних будуємо

зображення (контраст залежить від величини струму в конкретній точці. Чим світліше - тим вище значення, оскільки зонд був ближче до поверхні).

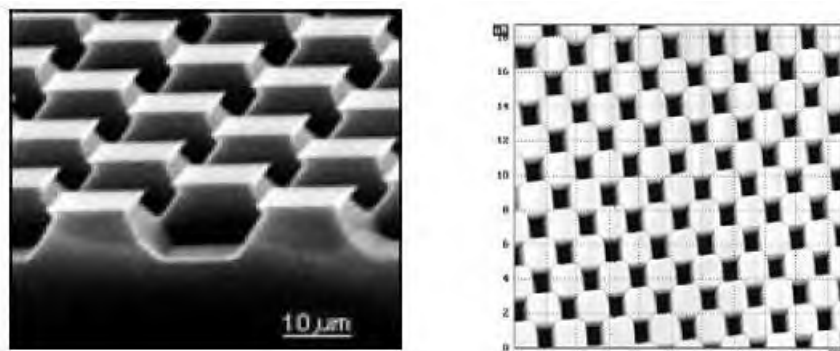


Рис. Б2. Фотографії нанооб'єктів

Зліва ми спостерігаємо фотографію, зроблену за допомогою оптичних методів (масштаб 10 мікрометрів), праворуч зображення, отримане за допомогою СТМ. Очевидно, що кольору немає і не може бути – всі картинки з мікросвіту розфарбовують вручну для кращої наочності. У наномасштабі поняття кольору просто зникає.

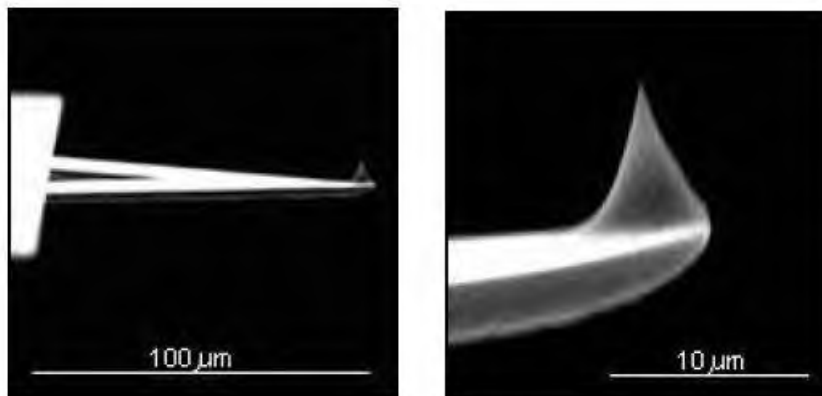


Рис. Б3. Голка (по науковому – кантилевер)

Виникає питання, як наблизити голку до поверхні досить близько (близько 0,1 - 1 нанометрів) і випадково не доторкнутися до зразка?

Для вимірювання наномасштабу потрібно попередньо навчитися рухати об'єкти з «наноточністю». В сучасних зондових мікроскопах точність утримання зонда становить 0,001 нанометра! Якби промисловий робот мав подібну точність переміщень за габаритів близько метра, то голкою,

затиснутою в маніпуляторах, він міг би намалювати коло діаметром в декілька нанометрів. Фантастика!

На щастя, вихід є - п'єзоелектричні елементи. Залежно від пропускання струму через себе, розмір таких елементів змінюється в «наномежах». Пряма аналогія – температурне розширення твердого тіла. Якщо ми нагріваємо метал, він змінює свій розмір, непомітно для ока, але відчутно для інженерних конструкцій. П'єзоелементи мають такі ж властивості, але щодо електричного струму. Отже, якщо ми приєднаємо зонд до такого елементу, підведемо за допомогою мікроскопа на відстань 1 мкм, потім пустимо струм через «п'єзо» - подолаємо ще 0,99 мкм і будемо поруч з поверхнею, як і було необхідно! Проблема вирішена.

Вимірювання і нові проблеми. У зондовій мікроскопії є кілька режимів вимірювань. По-перше, при скануванні кантилевером поверхні ми можемо підіймати зонд при посиленні струму (щоб зменшити тунельний ефект) або опускати, щоб посилити. Таким чином, будемо підтримувати *постійний струм* в залежності від висоти. Голка при цьому завжди матиме однаковий рівень зближення з поверхнею, тобто ми ретельно «обмацуємо» зразок.

У другому випадку ми можемо зафіксувати висоту голки і рухати її тільки в горизонтальних напрямках, орієнтуючись на зміну струму. Це режим *постійної висоти*. Це зручно, якщо зразок досить однорідний по висоті – ми можемо швидко «пробігтися» паралельно поверхні і зняти дані щодо струму.

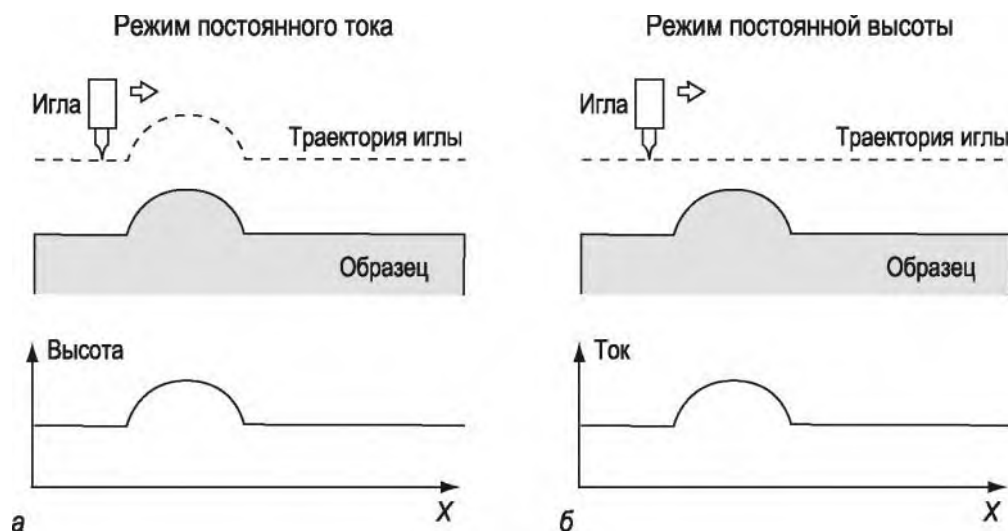
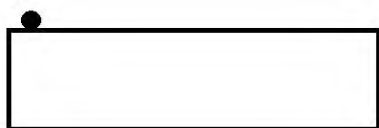


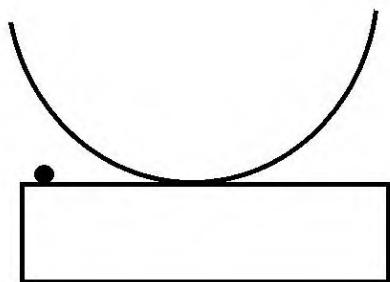
Рис. Б4. Схема роботи з поверхнею при різних режимах.

Так чи інакше, ми завжди можемо однозначно визначити висоту об'єкта.

Але як виміряти його ширину, або науковою мовою, латеральний розмір? Як ви розумієте, мова йде не про величезні пагорби як на попередній картинці, а про об'єкти розміром декілька нанометрів.



Такий вигляд має нанооб'єкт на столику.



А ось так виглядає той самий об'єкт поруч з вістрям кантилевера

Під час руху зонда вліво, кулька почне торкатися його збоку, а не знизу. Розпочнеться плавний підйом, вихід на максимум (коли кулька точно буде під вістрям зонда), потім плавний спуск. Очевидно чи, що ми отримаємо плавний кривій пагорб (залежність висоти підняття зонда від координати), у якого чітко видно висоту, а ширина розмазана незалежно від форми і товщини нанооб'єктів. Таким чином, ми можемо тільки оцінити латеральний розмір, але точність визначення значно нижча, порівняно з вимірюваннями висоти.

Застосування наноматеріалів

Зі створенням наноматеріалів отримали широкий розвиток системи зберігання і обробки інформації, мобільного зв'язку. Нанотехнології сьогодні проникли практично в усі галузі науки й техніки: фізику, хімію, матеріалознавство, біологію, медицину, екологію, сільське господарство та ін. Прогнозують, що наука про нанотехнології та наноматеріали здатна перебудувати всі галузі промислового виробництва, привести до нової науково-технічної революції і вплинути на розвиток соціальної структури суспільства.

Наприклад, наночастинки срібла можуть бути використані для модифікації традиційних і створення нових матеріалів, покриттів, дезінфікуючих та мийних засобів (в тому числі зубних паст, пральних порошків, мила), косметики. Покриття та матеріали (композитні, текстильні, лакофарбові, вуглецеві та інші), модифіковані наночастинками срібла, можуть бути використані в якості профілактичних антимікробних засобів захисту в місцях, де зростає небезпека поширення інфекцій: у транспорті, на підприємствах громадського харчування, в сільськогосподарських і тваринницьких приміщеннях, в дитячих, спортивних, медичних установах. Наночастки срібла планують використовувати для очищення води і знищення хвороботворних мікроорганізмів у фільтрах систем кондиціонування повітря, в басейнах, душах і інших подібних місцях масового відвідування.

Перспективи застосування наноматеріалів у комп'ютерній техніці

Розвиток звичайних кремнієвих CMOS-чіпів наближається до своїх фізичних меж, тому ІТ-індустрія активно досліджує нові технології, здатні забезпечити подальше підвищення ефективності комп'ютерів. Модульна молекулярна логіка – можливий шлях для вирішення цього завдання, хоча до її реального застосування мине ще не один рік.

Один з перспективних для використання у цих цілях різновид наноматеріалів – вуглецеві нанотрубки. Вони мають колосальну міцність. Це своєрідні циліндричні полімерні молекули діаметром приблизно від 0,5 нанометра і довжиною до декількох мікрометрів. Вперше їх виявили менше

10 років тому як побічні продукти синтезу фулерену C^{60} . Вже зараз на основі вуглецевих нанотрубок створюють електронні пристрої нанорозмірів. Очікується, що в осяжному майбутньому вони замінять багато елементів в електронних схемах різних приладів, в тому числі сучасних комп'ютерів.

Наступний крок для вчених – об'єднання декількох молекул в рамках електричної схеми, а потім знаходження способів для зв'язування цих схем в молекулярний чіп.

IV. Закріплення нових знань і вмінь

V. Підбиття підсумків уроку

ДОДАТОК Б.**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА УРОКУ НА ТЕМУ****«Рентгенівське випромінювання, його застосування в медицині та техніці» (11 клас)**

Мета уроку:

Навчальна: познайомити учнів з історією відкриття рентгенівського випромінювання, використання рентгенівського випромінювання в медицині і промисловості; прищепити інтерес до предмету, поглибити і розширити знання учнів.

Розвиваюча: формувати навички знаходження потрібної інформації з різноманітних джерел, зокрема в Інтернеті; стимулювати пошукову діяльність учнів, розвивати вміння аналізувати і узагальнювати результати дослідження, робити висновки.

Виховна: виховання впевненості в своїх творчих здібностях; формування вміння співпраці, відповідальності.

Хід уроку

I. Організаційний момент

Привітання, виявлення відсутніх.

II. Актуалізація знань учнів

Можливо, й не всі чули про інфрачервоні і ультрафіолетові промені, але про існування рентгенівських променів знають всі.

– Що собою являють рентгенівські промені?

– Коли і ким було відкрито рентгенівське випромінювання?

Сьогодні Тернопільський національний технічний університет носить ім'я українського вченого-фізика Івана Пулюя. Крім того, Національною академією наук України встановлена премія імені Пулюя в галузі прикладної фізики.

Але чи багато українців знають про наукові досягнення Пулюя? І як постать цього видатного науковця пов'язана з темою нашого сьогоднішнього уроку?

Відповіді на ці та інші питання ми знайдемо з вами саме зараз.

III. Вивчення нового матеріалу

1. Історія відкриття

Відкриття рентгенівського випромінювання – в числі найважливіших наукових досягнень сучасності. Такий результат опитування, проведеного лондонським Музеєм наук серед майже 50 тисяч відвідувачів музею і його сайту.

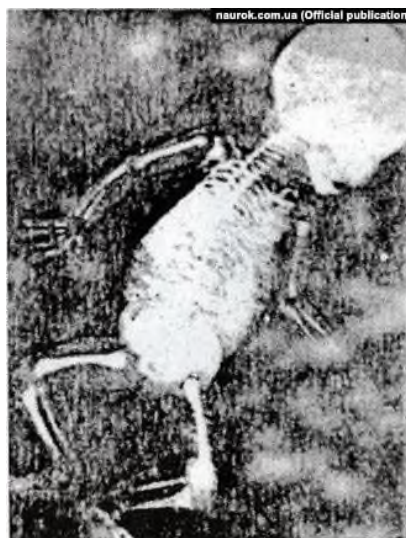
З відкриття рентгенівського випромінювання бере початок нова ера в медицині – ера рентгенодіагностики. Гідний шлях пройшла рентгенологія за 110 років свого існування: від рентгенограм, для експозиції яких необхідні були години, вона досягла часу цифрової рентгенівської техніки та рентгенівської комп'ютерної томографії.

Наприкінці XIX ст. загальну увагу фізиків привернув газовий розряд під малим тиском. У газорозрядній трубці виникав потік частинок невідомої природи. Оскільки свій початок воно брало на катоді трубки, випромінювання називали катодним. Пізніше було з'ясовано, що катодне випромінювання – це потік електронів.

Багато вчених у той час досліджували катодне проміння. Одним із них був Іван Пулюй. Після навчання у Віденському університеті й роботі у фізичній лабораторії професора Віктора фон Лянга Пулюй викладав у 1874–1875 роках фізику, механіку та математику у Військово-морській академії в місті Фіоме (нині Рієка, Хорватія), де сконструював прилад для вимірювання механічного еквівалента теплоти. Цей прилад став знаним у науковому світі й у 1878 році був відзначений срібною медаллю на Всесвітній виставці в Парижі. У 1875–1876 роках як стипендіат австрійського міністерства освіти Пулюй навчався і працював у Страсбурзькому університеті, де захистив дисертацію «Залежність внутрішнього тертя газів від температури».

У 1876-1883 рр. учений викладав у Віденському університеті. На запрошення Німецької вищої технічної школи у Празі у 1884 р. Пулюй переїздить до чеської столиці, очолює кафедру фізики, яку він у 1903 р. перетворив на першу в Європі кафедру фізики та електротехніки. Цією кафедрою Пулюй керував упродовж 32 років. Він викладав фізику в празькій політехніці, в 1888 - 1889 рр. був її ректором і протягом усього цього часу наполегливо експериментував. У 1880-1882 рр. у «Доповідях Віденської академії наук» опублікував чотири статті, присвячені катодним променям. Ці роботи мали значний резонанс у спільноті фізиків. Тоді ж Пулюй починає активно працювати в галузі електротехніки. Електричні апарати, сконструйовані ним (у т. ч. катодна «лампа Пулюя»), було відзначено дипломами на Всесвітній електротехнічній виставці в Парижі 1881 р.

Під час роботи в Празі в 1886 р. учений Іван Пулюй описав природу та властивості Х-променів, відомих як рентгенівські. Перша стаття дослідника про походження цих променів та їхню фотографічну дію була подана 13 лютого 1896 р. у «Доповідях Віденської академії наук». А незадовго перед цим, у січні цього самого року, Пулюй зробив і опублікував кілька якісних фотографій, зроблених за допомогою Х-променів



Перша у світі рентгенограма цілого організму дитини, зроблена Іваном Пулюєм (лютий 1896 р.)

Щоправда, не Пулюю приписують це відкриття, а німецькому вченому Вільгельму Кондраду Рентгену, який незадовго перед цим, 28 грудня 1895 року, опублікував повідомлення «Про новий тип променів», де, власне, і йшлося про Х-випромінювання. Однак за чотирнадцять років до цього вже існувала «лампа Пулюя», що випромінювала такі промені. Рентген цілком міг скористатися цим винаходом, а також іншими напрацюваннями Пулюя. Загалом можемо констатувати, що і Рентген, і Пулюй майже одночасно відкрили існування Х-випромінювання. Визнавав першість відкриття Х-променів Іваном Пулюєм німецький та американський фізик Альберт Ейнштейн, який був знайомий із українським ученим.

Популярності саме Рентгена сприяла знаменита фотографія руки його дружини, яку він опублікував у своїй статті. За відкриття Х-променів Рентгену в 1901 році була присуджена перша Нобелівська премія з фізики, причому нобелівський комітет підкреслював практичну важливість його відкриття. Показово, що Рентген категорично відмовився запатентувати будь-які його деталі. Крім того, науковець відмовлявся від будь-яких запрошень на урочисті засідання та лекції.

Прикметно, що, на відміну від українського вченого, Рентген не приділяв увагу практичному використанню цього відкриття. Саме Пулюй першим виявив прояви електропровідності в газах, які зазнали Х-випромінювання. Був він, фактично, першим, хто почав використовувати ці промені в медичній діагностиці. Принаймні Пулюй першим зробив світлину всього людського скелету. Тому рентгенівські апарати справедливіше було б іменувати «пулюївськими».

2. Властивості променів

1. Велика проникаюча і іонізуюча здатність.
2. Не відхиляються електричним і магнітним полем.
3. Мають фотохімічний дією.
4. Викликають світіння речовин.

5. Відображення, заломлення і дифракція як у видимого випромінювання.

6. Надають біологічну дію на живі клітини.

3. Отримання

У даний час для отримання рентгенівського випромінювання розроблені пристрої, які називаються рентгенівськими трубками.

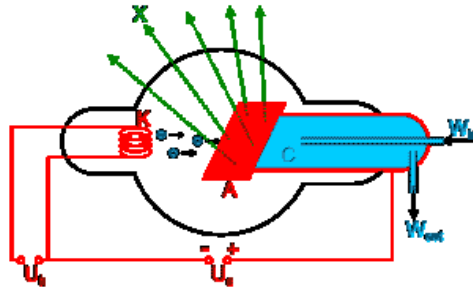


Рис. 2. Схематичне зображення рентгенівської трубки. X - рентгенівські промені, K - катод, A - анод (іноді званий електрод), C - теплоізоляція, U_k - напруга нагрівання катода, U_a - прискорююча напруга, W_{in} - впуск водяного охолодження, W_{out} - випуск водяного охолодження

Рентгенівські промені виникають при сильному прискоренні заряджених частинок (в основному електронів) або ж при високоенергетичних переходах в електронних оболонках атомів або молекул. Обидва ефекти використовуються в рентгенівських трубках, в яких електрони, випущені розпеченим катодом, прискорюються (при цьому не випромінюючи рентгенівських променів, оскільки їх прискорення занадто мале) і вдаряються об анод, де вони різко гальмуються (при цьому випромінюють рентгенівські промені – т.зв. «гальмівне випромінювання») і в той же час вибивають електрони з внутрішніх електронних оболонок атомів металу, з якого зроблений анод. Порожні місця в оболонках займають інші електрони атома. При цьому випромінюється рентгенівське випромінювання з певною, характерною для матеріалу анода, енергією. У даний час аноди виготовляються переважно з кераміки, причому та їх частина, куди ударяють

електрони, – з молібдену. У процесі прискорення-гальмування лише 1% кінетичної енергії електрона йде на рентгенівське випромінювання, 99% енергії перетворюється в тепло.

Рентгенівське випромінювання можна отримувати також і на прискорювачах заряджених частинок. Синхротронне випромінювання виникає при відхиленні пучка частинок в магнітному полі, в результаті чого вони відчують прискорення в напрямку, перпендикулярному їх руху. Синхротронне випромінювання має суцільний спектр з верхньою межею. При відповідним чином обраних параметрах (величина магнітного поля і енергія частинок) в спектрі синхротронного випромінювання можна отримати і рентгенівські промені.

4. Як отримати рентгенівський знімок (виступ учня)

Рентгенівська трубка випускає рентгенівські промені. З трубки викачують повітря до однієї сто мільйонної початкового об'єму. У скляній трубці знаходяться два електроди. Один називається «катод», він заряджений негативно. У ньому розташована вольфрамова котушка проводу, яка при нагріванні електричним струмом випускає електрони. Інший електрод – це «мішень», або «анод».

Електрони з величезною швидкістю рухаються від катода до мішені. Вони бомбардують мішень зі швидкістю від 100 000 до 325 000 мм / сек.

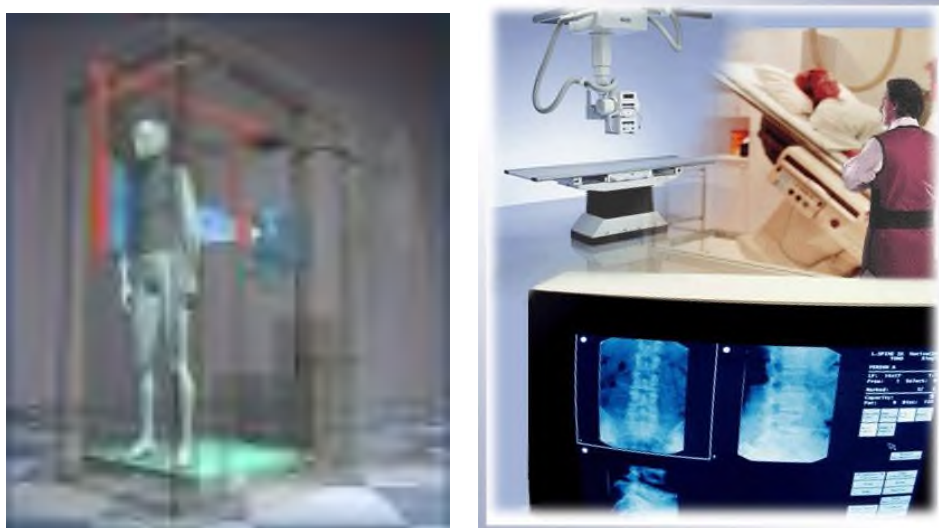
Мішень складається з вольфраму і дозволяє практично миттєво зупинити електрони. Майже вся енергія електронів перетворюється в тепло, але деякі перетворюються в рентгенівське випромінювання, яке виходить через вікно в основі трубки у вигляді рентгенівських променів.

5. Застосування рентгенівського випромінювання (виступ учня)

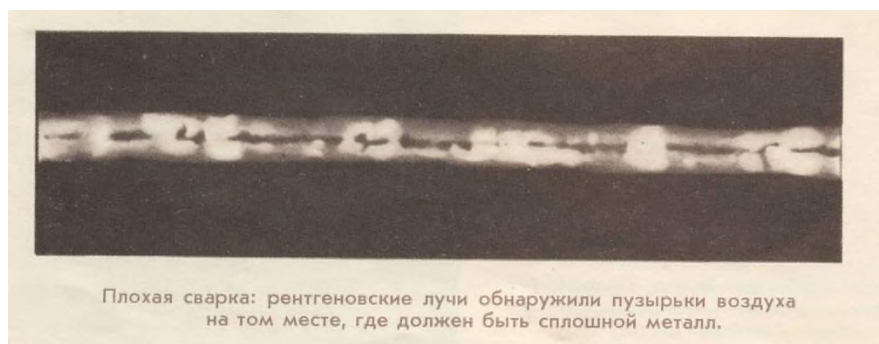
За допомогою рентгенівських променів можна просвітити людське тіло, в результаті чого можна отримати зображення кісток, а в сучасних приладах і внутрішніх органів.

При цьому використовується той факт, що у міститься переважно в кістках елемента кальцію ($Z = 20$) атомний номер набагато більше, ніж

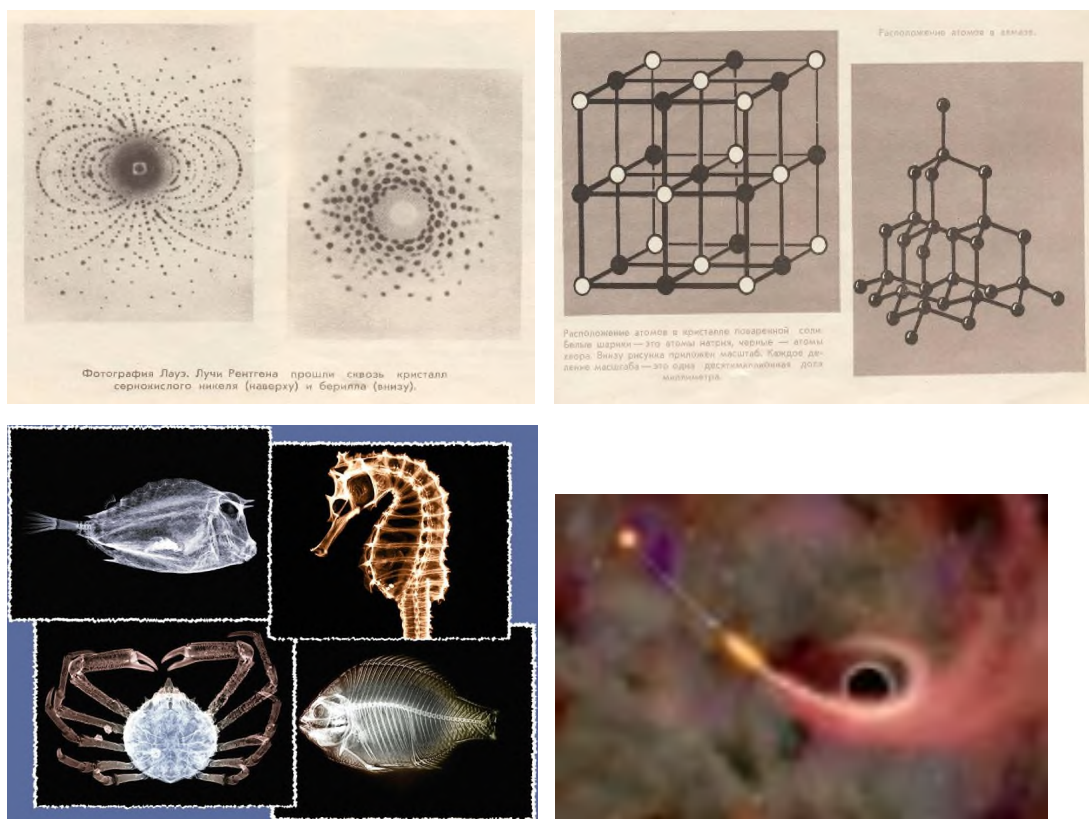
атомні номери елементів, з яких складаються м'які тканини, а саме водню ($Z = 1$), вуглецю ($Z = 6$), азоту ($Z = 7$), кисню ($Z = 8$). Крім звичайних приладів, які дають двовимірну проекцію досліджуваного об'єкта, існують комп'ютерні томографи, які дозволяють отримувати об'ємне зображення внутрішніх органів.



Виявлення дефектів у виробах (рейках, зварювальних швах і т. ін.) За допомогою рентгенівського випромінювання називається рентгенівської дефектоскопії.



У матеріалознавстві, кристалографії, хімії та біохімії рентгенівські промені використовуються для з'ясування структури речовин на атомному рівні за допомогою дифракційного розсіювання рентгенівського випромінювання (рентгеноструктурний аналіз). Відомим прикладом є визначення структури ДНК.



Крім того, за допомогою рентгенівських променів може бути визначений хімічний склад речовини. В електронно-променевому мікросонді (або ж в електронному мікроскопі) аналізована речовина опромінюється електронами, при цьому атоми іонізуються й випромінюють характеристичне рентгенівське випромінювання. Замість електронів може використовуватися рентгенівське випромінювання. Цей аналітичний метод називається рентгено-флюоресцентним аналізом.

У даний час починає розвиватися область рентгеноскопії на базі застосування рентгенівських лазерних променів.

IV. Закріплення

– Чому рентгенівську плівку зберігають в свинцевій коробці, а при зйомці її поміщають в алюмінієву касету?

V. Домашнє завдання

ДОДАТОК В.**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА УРОКУ НА ТЕМУ «ЛАЗЕРИ» (11 клас)**

Мета уроку:

Навчальна - вивчити будову і принцип дії лазера та його застосування в науці й техніці.

Розвивальна - розвивати уміння думати, зіставляти, узагальнювати, аналізувати, розширити кругозір учнів.

Виховна - прищеплювати пізнавальний інтерес до предмету, виховувати вміння працювати в колективі: висловлювати свою думку, вислуховувати товариша.

Обладнання: ПК, мультимедійний проектор, екран, комп'ютерна презентація уроку, лазер лабораторний, дифракційна ґратка, штатив, екран з міліметровим папером.

Етапи уроку	Час (хв)	Методи та прийоми
1. Вступ. Постановка навчальної проблеми.	2	Повідомлення вчителя з демонстрацією слайдів презентації.
2. Вивчення нового матеріалу: розповідь вчителя, виступи школярів.	40	Розповідь учителя з демонстрацією слайдів. Робота з таблицею. Записи в зошиті. Розв'язування експериментального завдання біля дошки.
3. Підбиття підсумків уроку	2	Колективне виділення головного для запам'ятовування.
4. Домашнє завдання	1	Запис у щоденниках.

Хід уроку

Вступне слово вчителя:

У 2010 році виповнюється рівно півстоліття з моменту створення першого в світі лазера. Друга половина XX-го століття ознаменувався яскравими досягненнями науково-технічного прогресу: оволодіння ядерною енергією, освоєння космосу, розвиток радіолокаційної техніки, виробництво

комп'ютерів ... Серед цих досягнень гідне місце займає створення лазерів і розвиток лазерної техніки.

I. Організаційний етап

План:

- Відкриття індукованого випромінювання
- Принцип дії лазера
- Трирівнева система
- Будова рубінового лазера
- Типи лазерів
- Застосування лазерів

II. Повторення опорних знань

1. Що являє собою світло відповідно до квантової теорії?
2. Сформулюйте I постулат Бора.
3. Сформулюйте II постулат Бора.

Чи мають ці поняття практичне значення? Чи впливають ці знання на наше життя? Які фізичні явища пояснила і передбачила квантова фізика як теорія?

III. Вивчення нового матеріалу

Відкриття індукованого випромінювання

Лазер – дивний винахід XX століття. Слово лазер утворене як поєднання перших літер слів англійського вислову «Light Amplification by Stimulated Emission Radiation», яке дослівно перекладається як «посилення світла за допомогою індукованого випромінювання».

Під індукованим (вимушеним) випромінюванням розуміють випромінювання збуджених атомів під дією падаючого на них світла.

Особливістю цього випромінювання є те, що хвиля, яка виникає при індукованому випромінюванні, не відрізняється від хвилі, що падає на атом ні частотою, ні фазою, ні поляризацією.

У 1916 р. А. Ейнштейн висловив ідею про існування ефекту вимушеного випромінювання.

У 1940 р. радянський фізик В.А. Фабрикант вказав на можливість використання вимушеного випромінювання для посилення електромагнітних хвиль.

У 1954 р. Н.Г. Басов, А.М. Прохоров і незалежно від них Ч. Таунс розробили принцип генерації та посилення радіохвиль, використовуючи явище індукованого випромінювання.

У 1963 р. за розробку нового принципу генерації і посилення радіохвиль Н.Г. Басов, А.М. Прохоров і Ч. Таунс отримали Нобелівську премію.

1916 - 1960 рр. – «золотий вік» – створення «чудового променя». У 1960 р. в США був створений перший лазер у видимому діапазоні спектра (оптичний квантовий генератор).

На межі 50-х і 60-х років ХХ століття з'явилися перші світлодіоди, а вже в 1961 р. Н.Г. Басов, О.М. Крохин і Ю.М. Попов запропонували використовувати інжекцію у вироджених р-п переходах для отримання лазерного ефекту. У 1962 р. американським фізикам на чолі з Р. Холлом вдалося зареєструвати звуження спектральної лінії випромінювання напівпровідникового світлодіода, що було інтерпретовано як прояв лазерного ефекту. У 1970 р. радянським фізиком Ж.І. Алфьоровим були виготовлені перші лазери на гетероструктурах. Це дозволило зробити прилади придатними для масового серійного випуску, що було в 2000 р. відзначено Нобелівською премією з фізики.

Перед вами лабораторний лазер. У багатьох з вас є і лазерні указки. Що ж особливого в цих джерелах світла? Висока оцінка винаходу лазера, напевно, заслужена? Річ у тім, що лазерні джерела світла мають ряд переваг у порівнянні з іншими джерелами світла.

Властивості лазерного випромінювання:

- Когерентність (атоми випромінюють світло узгоджено).
- Малий кут розбіжності (близько 10^{-5} рад). На Місяці такий пучок, випущений з Землі, дає пляму діаметром 3 км.

- Монохроматичність.
- Велика потужність. У деяких типів лазерів досягається потужність випромінювання 10^{17} Вт/см². Для порівняння: потужність випромінювання Сонця дорівнює лише $7 \cdot 10^3$ Вт/см².

Принцип дії лазера:

У квантовій системі з двома виділеними рівнями при взаємодії з випромінюванням можуть відбуватися різні процеси:

а) поглинання (у звичайних умовах атоми знаходяться в нижчому енергетичному стані; атом, що поглинув енергію, переходить у збуджений стан);

б) спонтанне випромінювання (збуджений атом може мимовільно випустити фотон в будь-якому напрямку);

в) вимушене випромінювання (збуджений атом може перейти в нижчий енергетичний стан під дією зовнішнього впливу, при цьому випромінюється хвиля, що збігається за частотою й фазою з падаючою і хвиля посилюється).

Таким чином, для вимушеного випромінювання потрібно штучно створити «перенаселеність» верхніх енергетичних рівнів. Цей процес називається накачуванням. Накачування має перевести дворівневе середовище в стан, в якому кількість атомів на верхньому рівні перевищує кількість атомів на нижньому. Такий стан середовища називається станом з інверсною населеністю рівнів, а саме середовище називається активним.

Двох рівнів енергії для роботи лазера недостатньо, тому що необхідно, щоб число збуджених атомів було більше збудженому. Тому використовуються 3 «працюють» енергетичних рівня. Для збудження атомів використовується потужна лампа. Після її спалаху атоми переходять в стан 3, де час життя малий $\sim 10^{-8}$ с, потім мимоволі переходять у стан 2. Час життя у стані 2 в 100 000 разів більший $\sim 10^{-3}$ с. Таким чином, створюється «перенаселеність» збудженого рівня 2 у порівнянні з незбудженим 1. Перехід між рівнями 3 і 2 відбувається без випромінювання енергії. Лазерний перехід – з випромінюванням – здійснюється між рівнями 2 та 1. Необхідні для

перебігу цих процесів енергетичні рівні є в кристалах рубіна. Рубін – це червоний кристал оксиду алюмінію Al_2O_3 з домішками атомів хрому. У кристалі рубіна рівні E1, E2 і E3 належать домішковим атомам хрому.

Розглянемо будову рубінового лазера.

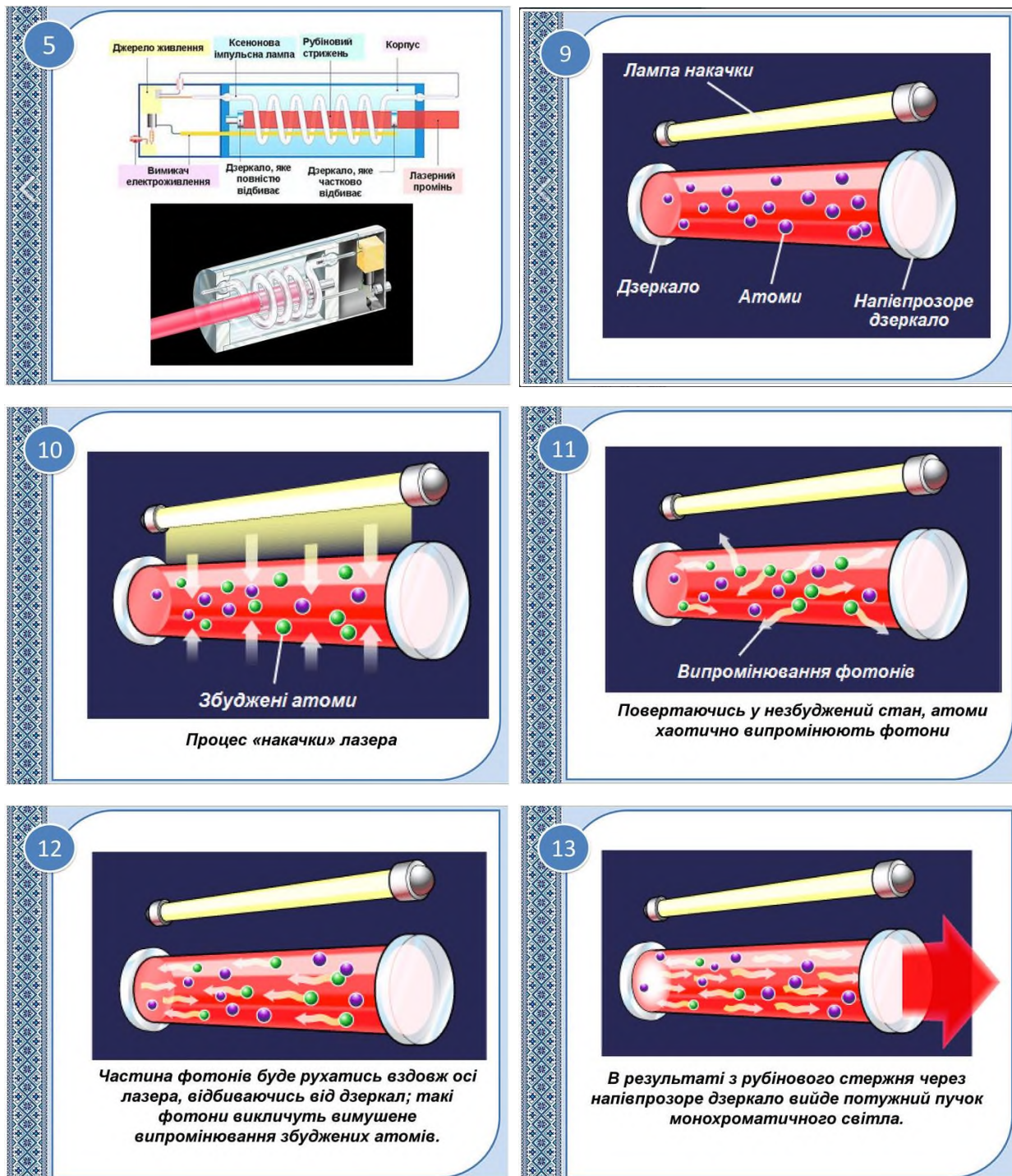


Рис. А1. Принцип роботи лазера

Типи лазерів. Відразу ж після появи в 1960 р. першого лазера почався бурхливий розвиток лазерної техніки. У стислі терміни були створені найрізноманітніші типи лазерів. У даний час в якості робочих речовин в лазерах використовуються різні матеріали та речовини: кристали, активоване скло, пластмаса, гази, рідини, напівпровідники, плазма. Тому лазери бувають: *твердотільні* (наприклад, рубіновий, скляний або сапфіровий), *газові* (наприклад, гелій-неоновий, аргоновий і т.п.), *рідинні*, *напівпровідникові*.

Розрізняють також лазери за характером випромінюваної енергії. Якщо енергія випромінюється імпульсно, то лазери називають імпульсними, якщо безперервно, то лазер називають лазером з безперервним випромінюванням. Є лазери зі змішаним режимом роботи, наприклад напівпровідникові. Якщо випромінювання лазера зосереджене у вузькому інтервалі довжин хвиль, то лазер називають монохроматичним, якщо в широкому інтервалі, то говорять про широкосмуговий лазер. Робочий діапазон існуючих оптичних квантових генераторів змінюється від ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 0,3 мкм до інфрачервоного з довжиною хвилі 300 мкм.

Застосування лазерів

Унікальні властивості лазерного променя, різноманіття конструкцій сучасних лазерів обумовлюють широке застосування лазерних технологій в різних областях людської діяльності: промисловості, науці, медицині та побуті.

Наука	Техніка і зв'язок	Медицина і біологія	Військова справа
Локація небесних тіл. Еталон довжини. Лазерний термоядерний синтез. Надшвидкісна фотографія. Поділ ізотопів. Спектроскопія.	Лінії зв'язку. Обробка матеріалів. Лазери в ЕОТ. Лазерний гіроскоп. Голографія.	Лазерна хірургія. Лікування пухлин. Стимуляція росту рослин.	Лазерна зброя. Протиракетні системи. Оптичний локатор.



Рис. А2. Застосування лазерів

Повідомлення учнів:

- Професії, де використовується лазер (1-й учень).
- Лазер в медицині (2-й учень).
- Використання лазерів в інформаційних технологіях (3-й учень).

IV Закріплення

Експериментальне завдання: визначити довжину хвилі випромінювання лабораторного лазера.

Прилади і матеріали: лазер лабораторний; дифракційна ґратка з періодом $d = 1/100$ мм; демонстраційна лінійка; екран з міліметровою папером; штатив.

Виконання завдання:

1. Затиснути дифракційну ґратку в лапках штатива.

2. Увімкнути лазер, направити промінь світла на дифракційну ґратку та отримати на екрані чітку дифракційну картину. Строго стежте за тим, щоб промені лазера (падаючі, відображені) не потрапляти в очі!

3. Лінійкою виміряти на екрані відстань x від максимуму нульового порядку до максимуму першого порядку.

4. Виміряти відстань L від дифракційної ґратки до екрана.

5. Вимкнути лазер.

6. Обчислити довжину світлової хвилі за формулою $\lambda = \frac{d \cdot x}{m \sqrt{L^2 + x^2}}$.

7. Заповнити таблицю і зробити висновок.

n	d, м	L, м	x, м	λ , м

V. Підсумки уроку

Сьогодні на уроці ви дізналися (відповідають учні):

- Чим і чому лазерне випромінювання відрізняється від випромінювання інших джерел?
- Як утворюється це випромінювання?
- Як властивості лазера використовуються в технічних пристроях?

ДОДАТОК Г.

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА УРОКУ НА ТЕМУ

«Ланцюгова ядерна реакція поділу ядер Урану. Термоядерні реакції» (11 клас)

Мета уроку:

Навчальна. Ознайомити учнів з ланцюговою ядерною реакцією й будовою ядерного реактора.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів; вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; вміння стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Хід уроку

I. Організаційний етап

II. Актуалізація опорних знань та вмінь

Як допомагають дослідження з ядерної фізики забезпечувати людство енергією?

III. Вивчення нового матеріалу

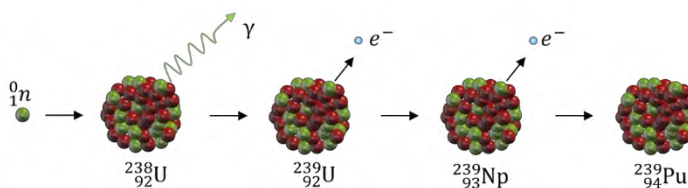
1. Поділ важких ядер і ланцюгова ядерна реакція

Проблемне питання

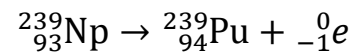
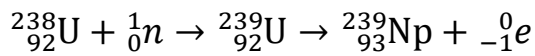
– Які процеси відбуваються внаслідок поглинення нейтрона ядром Урану?

Уран-238

Ядро може захоплювати нейтрон, через деякий час один із нейтронів усередині ядра перетворюється на протон, електрон і нейтрино. Електрон і нейтрино вилітають із ядра, а нове ядро має порядковий номер, який на одну одиницю більший за порядковий номер

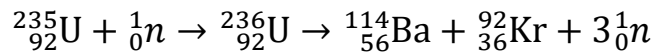
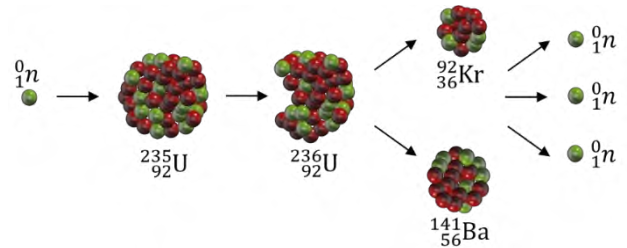


первинного ядра. Саме так були отримані *трансуранові елементи* (хімічні елементи, розміщені в таблиці Менделєєва за ураном ($Z > 92$), наприклад Нептуній і Плутоній:

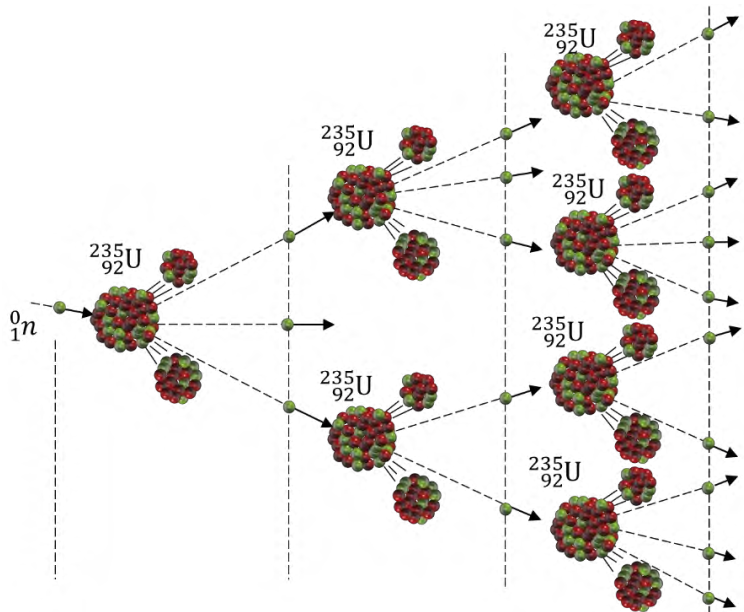


Уран-235

Унаслідок захвату нейтрона ядро збуджується та майже миттєво *розпадається (розщеплюється)* на два осколки. Під час розщеплення ядра Урану крім осколків поділу вивільняються нейтрони.



Ці вторинні нейтрони можуть спричинити поділ інших ядер Урану, які, у свою чергу, також випустять нейтрони, що здатні викликати поділ наступних ядер, і т. д. Отже, в урановому зразку може відбуватися ланцюгова ядерна реакція поділу.



Ланцюгова ядерна реакція – це реакція поділу важких ядер, під час якої утворюються нейтрони, необхідні для подальшого протікання цієї реакції.

Ланцюгова ядерна реакція супроводжується виділенням величезної кількості енергії. Під час поділу одного ядра Урану-235 вивільняється близько 200 MeV енергії.

Проблемне питання

– Як дізнатися, яка енергія вивільняється під час будь-якої ядерної реакції?

Енергія виходу ядерної реакції – енергія, яка виділяється або поглинається під час реакції.

$$E_{\text{вих}} = \Delta mc^2$$

$E_{\text{вих}}$ – енергія виходу ядерної реакції;

Δm – дефект маси ядерної реакції;

c – швидкість поширення світла у вакуумі.

Якщо $\Delta m = 1$ а. о. м., то $E_{\text{вих}} = 931,5$ МеВ, отже:

$$E_{\text{вих}} = \Delta mk \quad k = 931,5 \frac{\text{МеВ}}{\text{а. о. м}}$$

Дефект маси ядерної реакції – це різниця між сумою мас частинок до реакції (m_1) та сумою мас частинок після реакції (m_2).

$$\Delta m = m_1 - m_2$$

Якщо $\Delta m > 0$, то реакція протікає з виділенням енергії – *екзотермічна реакція*.

Якщо $\Delta m < 0$, то реакція протікає з поглинанням енергії – *ендотермічна реакція*.

Енергію виходу ядерної реакції можна обчислити через енергію зв'язку ядер:

$$E_{\text{вих}} = E_{\text{зв } 1} - E_{\text{зв } 2}$$

$E_{\text{зв } 1}$ – сумарна енергія зв'язку ядер, які вступають в реакцію;

$E_{\text{зв } 2}$ – сумарна енергія зв'язку ядер-продуктів реакції.

Проблемне питання

– Як здійснити ланцюгову ядерну реакцію?

Гіпотеза Фермі: під час поділу ядра Урану повинні утворюватися нейтрони, які можуть знову захопитися ядрами Урану, тому можлива ланцюгова ядерна реакція.

Проблемне питання

– Чому це не спостерігалось на дослідах з природним ураном?

Природний Уран складається з двох радіонуклідів: $^{238}_{92}\text{U}$ (99,3 %) і $^{235}_{92}\text{U}$ (0,7 %).

Уран-235 ділиться під впливом як *швидких*, так і *повільних нейтронів* (краще під впливом повільних).

Уран-238 ділиться під впливом тільки частини *швидких нейтронів* (він майже не захоплює повільні нейтрони, а 80 % швидких нейтронів захоплює без ділення). Більшість нейтронів, вивільнених під час розпаду, є швидкими, тому, якщо вони і захоплюються ядрами Урану-238, вторинні нейтрони майже не з'являються.

Проблемне питання

– Що необхідно зробити, щоб реакція все ж таки відбулася?

Щоб реакція відбулася слід:

- збагачувати природний уран ізотопом $^{235}_{92}\text{U}$;
- і (або) сповільнювати нейтрони.

Проблемне питання

– Чи потрібно ще щось, щоб реакція відбулася?

За невеликої маси зразка ланцюгова ядерна реакція не розвинеться, адже більшість нейтронів вилетить із зразка, так і не зіштовхнувшись з ядром. Якщо збільшувати масу зразка, то кількість нейтронів, що вступає в реакцію поділу, буде збільшуватися, а з досягненням певної критичної маси почне розвиватися ланцюгова ядерна реакція.

Критична маса – це мінімальна кількість речовини, що ділиться, яка потрібна для початку самопідтримуваної ланцюгової реакції поділу.

Найменша критична маса для чистого урану ($^{235}_{92}\text{U}$) становить близько 50 кг (куля діаметром 17 см), а для чистого плутонію ($^{239}_{94}\text{Pu}$) – 11 кг (куля діаметром 10 см)

2. Ядерний реактор

Проблемне питання

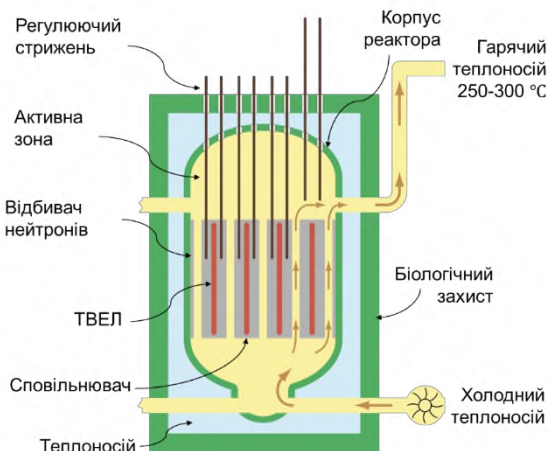
– Яким чином можна перетворити ядерну енергію на інші її види (теплову, електричну)?

Ядерний реактор – пристрій, призначений для здійснення керованої ланцюгової реакції поділу, яка завжди супроводжується виділенням енергії.

Керована ланцюгова ядерна реакція відбувається в *активній зоні реактора*. ТВЕЛі пронизують всю активну зону реактора і занурені в теплоносії, який

часто слугує також *сповільнювачем нейтронів*. Продукти поділу нагрівають оболонки ТВЕЛів, і ті передають енергію *теплоносію*. Отримана енергія перетворюється далі на електричну подібно до того, як це відбувається на звичайних теплових електростанціях.

Щоб керувати ланцюговою ядерною реакцією та унеможливити ймовірність вибуху, використовують *регульовальні стрижні*, виготовлені з матеріалу, що добре поглинає нейтрони. Так, якщо температура в реакторі збільшується, стрижні автоматично заглиблюються в проміжки між ТВЕЛами; у результаті кількість нейтронів, що вступають у реакцію, зменшується і ланцюгова реакція сповільнюється.

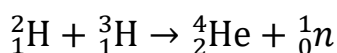


3. Термоядерна реакція

Проблемне питання

– Що буде якщо взяти ядра ізотопів легких елементів, наприклад ядро Дейтерію і ядро Тритію та їх з'єднати?

Якщо зблизити ядра Дейтерію ${}^2_1\text{H}$ і Тритію ${}^3_1\text{H}$, унаслідок їх об'єднання виділиться 17,6 МеВ енергії (3,5 МеВ на кожний нуклон), оскільки утворюється ядро Гелію ${}^4_2\text{He}$ з більшою питомою енергією зв'язку:



Термоядерний синтез – це реакція злиття легких ядер у більш важкі, яка відбувається за дуже високих температур (понад 10^7 °C) і супроводжується виділенням енергії.

Високі температури, тобто великі кінетичні енергії ядер, потрібні для того, щоб подолати сили електричного відштовхування ядер (однойменно заряджених частинок).

У природі термоядерні реакції відбуваються в надрах зір, де ізомери Гідрогену перетворюються на Гелій. Так, за рахунок термоядерних реакцій, що відбуваються в надрах Сонця, воно щосекунди випромінює в космічний простір $3,8 \cdot 10^{26}$ Дж енергії.

4. Атомна енергетика України

В Україні працюють **чотири атомні електростанції**:

Запорізька АЕС – найбільша атомна електростанція Європи: 6 атомних енергоблоків потужністю 1000 МВт кожен.

Рівненська АЕС має 4 атомні енергоблоки загальною потужністю 2835 МВт.

Південно-Українська АЕС має 3 атомні енергоблоки потужністю 1000 МВт кожен.

Хмельницька АЕС має 2 атомні енергоблоки потужністю 1000 МВт кожен.

АЕС України: діє 15 атомних енергоблоків; загальна потужність 13 835 МВт; на атомні електростанції припадає близько половини

електроенергії, що виробляється в країні; АЕС обслуговуються багатотисячними колективами висококваліфікованих фахівців.

IV. Закріплення нових знань і вмінь

1. Визначте енергетичний вихід ядерної реакції, в результаті якої вперше було виділено нейтрон.

2. Визначте енергетичний вихід ядерної реакції $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$.

3. Яка кількість енергії виділиться під час поділу ядер усіх атомів Урану-235, які містяться в 1,95 кг урану? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 MeV.

4. Яку масу урану потрібно витратити, щоб за рахунок енергії поділу ядер атомів нагріти 10 000 т води на 10 °C? Уважайте, що внаслідок кожного поділу ядра виділяється енергія 200 MeV.

V. Підбиття підсумків уроку

Бесіда за питаннями

1. Які процеси відбуваються внаслідок поглинення нейтрона ядром Урану?

2. Опишіть механізм ланцюгової ядерної реакції.

3. Чи може ланцюгова ядерна реакція відбуватися в природному урані? Відповідь обґрунтуйте.

4. Як побудований ядерний реактор? Для чого призначені його основні елементи?

5. Як працює атомна електростанція?

6. Звідки «беруть» енергію зорі?