

У НОМЕРІ:

Опановуємо компетентнісний підхід

Бондарчук Т. В.
Наскрізнi лiнii компетентностi 3

Савкіна Т. С., Войцеховська В. І.
Пiдвищення рiвня вивчення тригонометрії
через розв'язування задач iз фізики. 6

Опановуємо педагогічні технології

Шутяк В. С.
Спарені уроки. Опорно-проектна система
викладання фізики в 9-11 класах 12

Це цікаво 14, 19, 41, 49

Ось так задача!

Анпілогов Д. І.
Приклад застосування закону збереження імпульсу. . . 16

Досліджуємо таємниці природи

Бандура Т. М.
Чому час iде тiльки вперед? 20

Шукаємо матеріали до уроку

Жолоб В. А.
Фізичний диктант. 8 клас 24

Сичак А. В.
Через терни до зір. 26

Обмінюємося досвідом

Кулікова Т. М.
Формування мотивації під час викладання фізики . . . 28

Онищенко Т. С.
Експеримент як невід'ємний компонент
навчального процесу 31

Прип'яло А. М.
Умови формування мотивації навчальної діяльності
учнів на уроках фізики 34

Федай А. М.
Застосування нерівності Коші у фізиці 39

Новини науки і техніки 30, 54, 59

Готуємося до сучасного уроку

Бондарук Л. В.
Потужність. 7 клас 42

Заєць М. Ю.
Закон Ома для однорідної ділянки кола.
8 клас 45

Прокопець Т. В.
Безпека людини під час роботи
з електричними приладами й пристроями. 8 клас . . . 50

Шорохова О. А.
Фотоэффект. Закони фотоэффекту 55

Див. с. 2 >>>

Фізика. — це наука, яка відповідає на запитання «чому?».
Ричард Фейнман

НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЖУРНАЛ

ФІЗИКА
В ШКОЛАХ УКРАЇНИ

ЗА СПРИЯННЯ МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ■ Учасник проекту: Фізико-математичний ліцей № 27 м. Харкова ■

№ 5-6 (345-346) березень 2018 р. ■ Заснований у серпні 2003 р. ■ Виходить двічі на місяць ■ Передплатні індекси 08417, 95936, 08418, 37058 ■

ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК ІЗ ФІЗИКИ ВІД «А» ДО «Я»

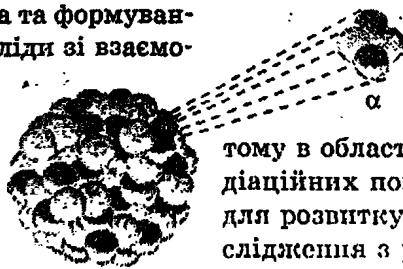
Розділ VII. Основи квантової фізики, фізика атома та атомного ядра

М. Г. Александров, М. П. Пугач, В. С. Сембратович, Є. С. Шувалов, м. Харків

Альфа-частинка (α -частинка) — позитивно заряджена, високоенергетична частинка, яка випромінюється ядрами деяких радіоактивних атомів, які складаються з двох протонів та двох нейтронів. Один із видів радіаційного випромінювання. А.-ч. $m = 4,00273$ а. о. м. $= 6,644 \cdot 10^{-27}$ кг. Заряд α -частинки дорівнює $+2e$, а маса дорівнює масі ядра ізотопу гелію ${}^4\text{He}$. Масове число дорівнює 4, а зарядове — 2, енергія зв'язку — 28,11 МеВ. Магнітний момент дорівнює нулю. Мають велике значення для розвитку атомної та ядерної фізики: так, дослідження з розсіювання альфа-частинок привели до відкриття атомного ядра та формування планетарної моделі атома, а досліди зі взаємодії з легкими атомами — до відкриття ядерних реакцій. Альфа-частинки є одним із продуктів спонтанного розпаду радіоактивних ізотопів, таких як радій чи торій. Процес емісії — альфа-розпад — трансформувє один хімічний елемент в інший, знижуючи атомне (чи протонне) число на два та атомну масу (чи ядерне число) — на чотири. Альфа-розпад можливий завдяки явищу квантового тунелювання.

Альфа-частинки, маючи у своєму складі два протони та два нейтрони, є подвійними магніч-

ми ядрами, тобто відзначаються особливою стабільністю. Альфа-частинка має енергію спокою 3,72738 ГеВ. Кінетична енергія альфа-частинок, які утворюються під час альфа-розпаду, зазвичай становить кілька МеВ. За зіткнень з атомами середовища новоутворена альфа-частинка сповільнюється, і, врешті-решт, приєднує до себе два електрони, перетворюючись на нейтральний атом гелію. Завдяки значній кінетичній енергії альфа-частинки дуже інтенсивно взаємодіють з атомами середовища, і довжина їх пробігу в конденсованих середовищах не перевищує кількох міліметрів, а в повітрі — кількох сантиметрів. Водночас вони передають свою енергію атомам середовища впродовж короткого пробігу,



тому в області пробігу призводять до сильних радіаційних пошкоджень. Мають велике значення для розвитку атомної та ядерної фізики: так, дослідження з розсіювання альфа-частинок призвели до відкриття атомного ядра та формування планетарної моделі атома, а досліди з взаємодії з легкими атомами до відкриття ядерних реакцій.

Америцій (Am) — штучно добутий радіоактивний елемент з атомним номером 95. Масове число найбільш стійкого ізотопу — 243. Сріблястий метал, густина якого — $13670 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, температура плавлення — 995°C .

Продовження. Початок див. у № 3-4 (343-344).

Анігіляція пари «частинка — античастинка» — процес взаємодії частинки та її античастинки; у перекладі з грецької означає «зникнення». Результатом такої взаємодії є перетворення матеріальних частинок на частинки — носії взаємодії: $A > 200$, $Z > 82$. Лише невелика група α -активних ядер перебуває в області взаємодії електрона та позитрона, що призводить до появи двох фотонів (гама-квантів), нуклона та антинуклона — двох π -мезонів. Анігіляція властива всім частинкам, у яких хоч один із зарядів (електричний, лептонний або баріонний) не дорівнює нулю. Найпоширенішою за фотонної анігіляції є двофотонна, але можлива також однофотонна та трифотонна анігіляція. Окрім того, можлива анігіляція не тільки зі своєю античастинкою, але й із її зарядовим мультиплетом. Антипротон може анігілювати не тільки з протоном, а також із нейтроном. Наприклад, у процесі анігіляції пари «позитрон — електрон» за сумарного спіну 0 випромінюється парне число гамма-квантів (два): за сумарного спіну, який дорівнює одиниці, — непарне (три).

Антибаріон — елементарна частинка, яка є античастинкою відносно баріонів. А. відрізняється від баріона знаком баріонного заряду. В А. баріонний заряд дорівнює -1 .

Антигелій — атом, ядро складається з двох антипротонів, а оболонка — з чотирьох позитронів. Уперше було добуто в 1971 р. у СРСР.

Антилептон — елементарна частинка, що є античастинкою щодо лептонів. Заряджений А. відрізняється від лептона знаком електричного заряду й лептонного заряду, а нейтральний А. — знаком лептонного заряду. В А. лептонний заряд $L = -1$. До зарядженого А. належать позитрон (e^+), мюон (μ^+), таон (τ^+); до нейтральних — електронне антинейтрино ($\bar{\nu}_e$), мюонне антинейтрино ($\bar{\nu}_\mu$), таонне антинейтрино ($\bar{\nu}_\tau$).

Антинейтрино — елементарна частинка, що є античастинкою щодо нейтрино. А. відрізняється від нейтрино знаком лептонного заряду, не має електричного заряду, має нульову масу спокою, напівцілий спин (в одиницях сталої Планка) і лептонний заряд $L = -1$. До зарядженого А. належать позитрон (e^+), мюон (μ^+), таон (τ^+); до нейтральних — електронне антинейтрино ($\bar{\nu}_e$), мюонне антинейтрино ($\bar{\nu}_\mu$), таонне антинейтрино ($\bar{\nu}_\tau$).

Антинейтрон (\bar{n}) — античастинка відносно нейтрона (n). Маса, спин і абсолютне значення магнітного моменту в А. і нейтрона однакові, а знаки магнітних моментів протилежні. Електричний за-

ряд А. дорівнює нулю. Відкритий 1955 р. у дослідах із розсіювання пучка антипротонів. Нейтрино та антинейтрино — електрично нейтральні частинки. Вони відрізняються так званою спіральністю. Спіральність характеризує напрямлення спіну відносно прямої, по якій рухаються ці частинки. У нейтрино спин направлений протилежно до напрямку руху (ліва, або від'ємна, спіральність), а в антинейтрино — паралельно до напрямку руху (права, або додатна, спіральність). Назва «спіральність» обумовлена тим, що спин вважають деяким обертанням (бо це власний момент імпульсу).

А. — елементарна частинка, яка є античастинкою відносно нейтрона. А. відрізняється від нейтрона знаком баріонного заряду й напрямком магнітного моменту (відносно спіну), має нульову масу спокою, напівцілий спин, баріонний заряд A . $B = -1$, магнітний момент — $1,91\mu_N$, де μ_N — ядерний магнетон. А. вперше зареєстровано в 1956 р.

Антипротон — стабільна елементарна частинка, античастинка відносно протона. Позначається \bar{p} або \bar{p} . Маса й спин протона й А. однакові; заряд і магнітний момент однакові за абсолютним значенням, але протилежні за знаком. Баріонний заряд А. $B = -1$, магнітний момент $1,91\mu_N$, де μ_N — ядерний магнетон. Маса й спин в А. й протона однакові. Експериментально А. відкрили в 1955 р. група американських фізиків.

Антиречовина (антиматерія) — термін для визначення тієї речовини, яка, на думку деяких сучасних фізиків, має складатися з антиатомів, що в складі їхніх ядер повинні бути антипротони й антинейтрони замість протонів і нейтронів у ядрах звичайних атомів, а замість електронних оболонок мають бути оболонки позитронні. Фізичні сили на такій заміні не змінюють свій характер, тому властивості антиречовини подібні до властивості звичайної речовини, і на звичайних та космічних відстанях відрізнити їх неможливо. Але можливість її існування доведена експериментально, відкриттям ядра антидейтерію — антидейтона. За контакту речовина та антиречовина повинні анігілювати. 1969 року в СРСР одержаний антигелій.

Античастинки — специфічні партнери елементарних частинок, які мають ті самі значення маси, спіну, час життя, парності, що й частинки, але всі зарядові квантові числа (електричний заряд, кольоровий заряд, баріонне чи лептонне число, дивність), протилежні їм за знаком. Приклади А.: в електрона — позитрон, у протона — антипротон,

у нейтрона — антинейтрон. Останні два розрізняються знаком баріонного числа, знаком магнітного моменту. Якщо в частинки всі зарядові квантові числа мають нульове значення, то вона ж є й античастинкою собі. Такі частинки називають істинно нейтральними. Яскравий приклад таких частинок — фотони. Окрім того, прикладами нейтральних частинок є нейтральний p^0 (пі-нуль), η^0 -мезон (ета-нуль) та ін. Характерною особливістю пари «частинка — античастинка» є їхня здатність анігілювати — зникати за зіткнення, унаслідок чого народжуються дві або більше інших частинок, наприклад фотони частинок. Існують також частинки, тотожні своїм античастинкам, — їх називають по-справжньому нейтральними. Яскравий приклад таких часток — фотони. Поняття «античастинка» увів у фізику П. Дірак у зв'язку з проблемою від'ємних розв'язків рівняння Шредингера.

Аптечка індивідуальна (АІ-2) — аптечка, призначена для надання першої медичної допомоги (шляхом само- й взаємодопомоги) за загрози або ураження радіоактивними речовинами, а також для профілактики шоку. АІ-2 скомпонована в пластмасовій коробці з гніздами, у яких містяться лікарські засоби.

Гніздо 1. Шприц-тюбик (1 мл, 2% розчину промедолу) — це знеболюючий засіб, його застосовують за гострого й хронічного болювого синдрому середньої й сильної інтенсивності. Вводиться внутрішньом'язово або під шкіру. У мирний час цей засіб зберігають окремо.

Гніздо 3. Великий пенал білого кольору з 15 пігулками сульфадиметоксину по 0,2 г (протибактеріальний засіб № 2). Приймають за плунково-кишкових розладів, які виникають після опромінення та для проведення екстреної неспецифічної профілактики інфекційних захворювань у першу добу, 7 пігулок за один прийом, наступні дві доби — по 4 пігулки.

Гніздо 4. У двох пеналах рожевого кольору містяться радіозахисний засіб № 1, по 6 пігулок препарату цистамін у кожному. Приймається з профілактичною метою в разі загрози опромінення за 30–40 хвилин у кількості 6 пігулок, а за подальшого перебування в зоні радіаційного забруднення — через 4–5 годин іще 6 пігулок.

Гніздо 6. Пенал молочного кольору з 10 пігулками препарату йодистого калію по 0,125 г кожна (радіозахисний засіб № 2). Приймають по одній пігулці щоденно протягом 10 днів. Блокус щитоподібну залозу від впливу радіоактивного йоду-131.

Гніздо 7. У пеналі синього кольору 5 пігулок препарату етаперазін по 0,006 г, протиблювотний засіб. Використовуваний для усунення первинної реакції організму на гостре опромінення, яка проявляється нудотою й блювотою, приймають по одній пігулці.

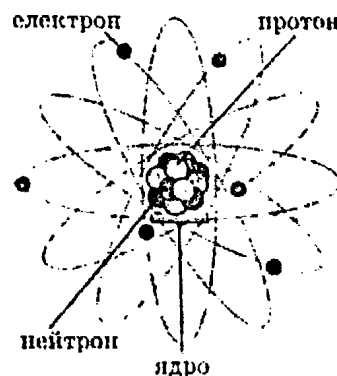
Пакет перев'язувальний індивідуальний (ППІ) використовують як асептичну пов'язку на ранах і опіках поверхні, а також для зупинки зовнішньої кровотечі та герметизації відкритого пневмотораксу. Він складається зі стерильного бинта, двох ватно-марлевих подушечок (одна перухома), шпильки. Вміст пакета перебуває в прогумованій герметичній упаковці.

Аромат — одна з характеристик кварків, яка являє собою набір таких квантових чисел, як електричний заряд, дивність, чарівність та ін. За однакового аромату кварки можуть відрізнятися кольором. Зберігають за сильних та електромагнітних взаємодій, але не зберігається в слабких взаємодіях.

Асимптотична свобода — зменшення сильної взаємодії за обмеженого зближення її об'єктів.

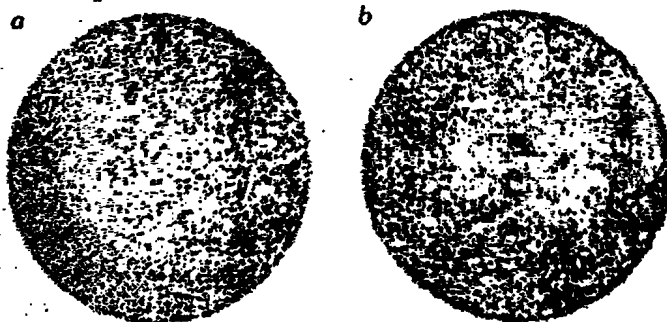
Атом — найменша частинка хімічного елемента, яка зберігає його фізично-хімічні властивості. За сучасними уявленнями складається з позитивно зарядженого ядра та електронної оболонки. Розмір атома — порядку 10^{-10} м. Різновид атома задається зарядом ядра Ze , тобто кількістю протонів у ядрі. Втрата одного електрона оболонки перетворює атом на однократно йонізований йон, двох — на двократно йонізований тощо. Енергія, яка потрібна для цього, називається енергією йонізації. Деякі атоми можуть приспівувати до себе електрони, перетворюючись на негативні йони. Для атомів характерним є існування йонів. Для атомів характерним є існування дискретних рівнів енергії електронів в атомах, найнижче значення енергії атома називається основним станом, за більших значень енергії атома атом називають збудженим.

Кожному хімічному елементу відповідає певний ряд А., що позначається символом цього хімічного елемента. А. існують у вільному стані (у газі) і зв'язаному стані (у складі молекул у газоподібних, рідких



і твердих тілах). А. складається з атомного ядра й електронів, що утворюють електронну хмару навколо ядра. Ядро складається з нуклонів (протонів і нейтронів) і має позитивний електричний заряд. Число електронів в А. дорівнює числу протонів в ядрі, тому А. в цілому електронейтральний. Розміри А. визначаються розмірами електронної хмари, яка не має строго визначених кордонів. Лінійні розміри А. порядку 10^{-10} , а ядра — близько $10^{-14} + 10^{-15}$ м. Маса ядра значно більша від маси електронів (у ядрі зосереджено майже 99,97 % маси атома), тому маса А. практично дорівнює масі ядра. Завдяки малим розмірам і великій масі ядро можна наближено вважати точковим і таким, що покоїться в центрі мас А. Електрони притягуються до ядра електростатичними силами й рухаються навколо нього. А. можна розглядати як систему електронів, що рухаються навколо рухомого притягувального центра. Порожня внутрішня енергія такої системи дорівнює сумі кінетичної й потенціальної енергій тяжіння їх ядром і відштовхування одне від одного. А. є квантовою системою, і його повна внутрішня енергія квантована, тобто може набувати лише одне значення з дискретного ряду E_1, E_2, E_3 тощо. Електрон в атомі виявляє хвильові властивості. Це проявляється в тому, що електрон не локалізований у певній точці, а ніби розмазаний по деякому об'єму. Електрон можна виявити з різною ймовірністю в різних точках цього об'єму. Такий об'єм можна розглядати як хмару з різною густиною заряду в різних точках, а густину заряду прийняти пропорційною ймовірності знаходження електрона в цьому місці. Таку хмару називають електронною хмарою. Умовною орбітою електрона в атомі називається геометричне місце точок, у яких із найбільшою ймовірністю можна виявити електрон. Уздовж орбіти викладається ціле число довжин хвилі де Бройля. Рух електронів в А. навколо ядра характеризується енергією, орбітальним магнітним моментом імпульсу електрона, орбітальним магнітним моментом електрона. Окрім того, електрон має власний момент імпульсу (спін) і спіновий магнітний момент. Стан електрона в А. характеризується чотирма квантовими числами: головним n , орбітальним l , магнітним m_l і спіновим m_s . А. поглинає й випускає електромагнітне випромінювання у вигляді кванта (фотона) за переходу з одного стаціонарного стану з енергією E_1 в інше з енергією E_2 , при цьому енергія кванта $h\nu_{12} = E_1 - E_2$, де h — стала Планка; ν_{12} — частота електромагнітного випромінювання.

Атома фотографія — фотографії атома, які першими у світі одержали в УФТІ харківські фізики Ігор Михайловський, Тетяна Мазилова, Євгеній Соданов та ін. Харківські фізики першими у світі змогли сфотографувати атом. До свого відкриття група з п'яти осіб ішла три роки. А отримати портрет найдрібнішої частинки науки змогли завдяки обладнанню, яке створили чверть століття тому. У стінах цього інституту в жовтні 1932 р. харківські науковці вперше розщепили ядро атома. Це була світова сенсація. В останні роки фізики отримали зображення атома. Ось так виглядає дрібна частинка хімічного елемента. Щоб сфотографувати її, науковці помістили в дуже сильне електричне поле графітову пластинку. Атоми вуглецю при цьому витягнулися в ланцюжок (на фото — перший із них).



Перші детальні зображення атомів показують різні види хмар електронів, що оточують атом вуглецю. *a* та *b* зображують два різні компонування електронних хмар.

Атом водню — найпростіший з усіх відомих атомів. Він складається з одного протона, який є його ядром, навколо якого обертається єдиний електрон. Ретельні дослідження води (H_2O) показали, що в ній у незначній кількості наявна «важка» вода, що містить «важкий ізотоп» водню — дейтерій (2H). Ядро дейтерію складається з протона й нейтрона — нейтральної частинки, за масою близькою до протона. Існує третій ізотоп водню — тритій, у ядрі якого містяться один протон і два нейтрони. Тритій нестабільний і зазнає мимовільного радіоактивного розпаду, перетворюючись на ізотоп гелію. Слід тритію виявлені в атмосфері Землі, де він утворюється в результаті взаємодії космічних променів з молекулами газів, що входять до складу повітря. Тритій одержують штучним шляхом у ядерному реакторі, опромінюючи ізотоп літій-6 потоком нейтронів.

Атомів спостереження за допомогою йонного проектора — спостереження явища випаровування

під дією електричного поля. 1956 року Ервін Вільгельм Мюллер відкрив це явище. Досяг прямого спостереження на атомарному рівні кристалічної ґратки та її дефектів (1958), можливості безпосередньо підраховувати концентрації вакансій і отримав зображення дефектів структур — смуг ковзання та двійників (1959). Уперше спостерігав (1967) доменні структури за фазових перетворень «порядок — хаос», отримав зображення біологічних молекул. Створив (1968) іонний проєктор з атомним зондом, здатний ідентифікувати вибраний окремий атом на металічній поверхні. Його конструкція містить катод у вигляді дрітчини з точковим емітером на кінці, радіус кристаліни якого — $10^{-4} + 10^{-8}$ м. Анод виготовляють у вигляді порожнистої сфери, внутрішня поверхня якої покрита шаром люмінофора та металізації. З колби відкачують повітря (залишковий тиск — $10^{-9} + 10^{-10}$ ст.). Коли на анод подають позитивну напругу в декілька тисяч вольтів відносно гольдкового катода, напруженість електричного поля поблизу точкового емітера сягає $10^9 + 10^{10} \frac{\text{В}}{\text{м}}$. Це забезпечує інтенсивну автоелектронну емісію. Емітовані електрони, прискорюючись у радіальних напрямках, бомбардують екран, спричиняючи спалахи люмінофора, і створюють на екрані збільшене контрастне зображення поверхні катода, яке відображає її кристалічну структуру. Збільшення електронного проєктора дорівнює відношенню радіусів зовнішньої сфери R до радіуса точкового емітера $\left(\frac{R}{r}\right)$. Роздільна здатність обмежена наявністю тангенціальних складових швидкостей автоелектронів біля кінчика голки та меншою мірою — дифракцією електронів.

Атомна бомба — бомба, руйнівна сила якої отримується розщепленням ядра атома в результаті ланцюгової ядерної реакції. Є першим різновидом ядерної зброї та належить до зброї масового ураження. Основним фактором ураження атомного вибуху є надзвичайно потужна вибухова хвиля. Енергія, що випільняється ядерним зарядом, еквівалентна вибуху декількох тисяч тонн TNT (з англ. *Trinitrotoluene*, укр. — Тринітротолуол, або тротил). Така потужність вибуху призводить до суцільних руйнувань на відстані майже кілометра від епіцентру.

Атомна енергетика — галузь сучасної техніки з перетворення внутрішньоядерної енергії на інші види енергії та використання її для промислових

і побутових потреб. Як паливо використовують $^{235}_{92}\text{U}$, $^{233}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$. Виникла в 1954 р., коли була введена в експлуатацію перша атомна електростанція, яку використовували як спосіб здешевлення виробництва ядерної вибухівки. У наш час атомні енергетичні пристрої мають кілька різновидів: атомні електростанції, ходові пристрої на флоті, теплові станції в промисловості (будівництво атомних ТЕЦ було зупинене після Чорнобілля).

Атомна маса (відносна) — величина, що дорівнює відношенню маси даного атома до $\frac{1}{12}$ маси ізотопу вуглецю (карбону) $^{12}_6\text{C}$.

Атомна одиниця маси (а. о. м., інша назва — дальтон) — позасистемна одиниця маси для подання мас мікрочастинок (молекул, атомів, атомних ядер і елементарних частинок). Рекомендована до застосування IUPAP з 1960 р. та IUPAC з 1961 р. Офіційно рекомендовані англomовні терміни *atomic mass unit* (*amu*, атомна одиниця маси) і точніший — *unified atomic mass unit* (універсальна атомна одиниця маси), але в україномовних наукових і технічних джерелах «а. о. м.» уживають частіше.

А. о. м. дорівнює $\frac{1}{12}$ маси атома основного ізотопу вуглецю з масовим числом 12 (т. з. вуглецева шкала). $1 \text{ а. о. м.} = 1.6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Енергетичний еквівалент $1 \text{ а. о. м.} \approx 931.5 \text{ Мев}$ ($E = mc^2$). Найбільш точно встановлені чисельні значення атомних одиниць маси:

$$1 \text{ а. о. м.} = 1.660538782(83) \cdot 10^{-27} \text{ кг} = \\ = 931.494028(23) \frac{\text{Мев}}{c^2}.$$

Атомна фізика — розділ фізики, який вивчає будову й властивості атома та елементарні процеси на атомному рівні. Для А. ф. найбільш характерні відстані порядку 10^{-10} м (тобто порядку розмірів атома) й енергії зв'язку та елементарних процесів порядку кількох еВ. Будова речовини й елементарні процеси на атомному рівні зумовлені електромагнітними взаємодіями.

Атомне ядро — центральна частина атома розміром порядку $10^{-15} + 10^{-14}$ м, складається з нуклонів, тобто протонів та нейтронів, які тримаються разом за рахунок ядерних сил. (Див. *Ядерні сили*.)

Протон p має позитивний заряд, що дорівнює заряду електрона, масу спокою $m_p = 1.672 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1836 m_e$, спин $s = \frac{1}{2}$ і власний магнітний момент

$p_n = +2,79\mu_n$, $\mu_n = \frac{eh}{2m_n} = 5,05 \cdot 10^{-27} \frac{\text{Дж}}{\text{Тл}}$ — ядерний магнетон. Нейтрон n — нейтральна частинка з масою спокою $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1839m_e$, спіном $s = \frac{1}{2}$ і власним магнітним моментом $p_n = -1,91\mu_n$.

Протони й нейтрони називають нуклонами (від лат. *nukleus* — ядро). Загальна кількість нуклонів у ядрі називається масовим числом A . До складу ядра входять Z протонів та N нейтронів, тому $A = Z + N$. Атом із певним числом протонів і нейтронів у складі ядра називається нуклідом. Нуклід із ядром в основному стані позначають A_ZX , де X — символ хімічного елемента з порядковим номером Z . Атомне ядро характеризується зарядом Ze , де e — заряд протона, Z — зарядове число ядра. Зарядове число Z характеризує одночасно число протонів у ядрі, число електронів в електрично нейтральному атомі, порядковий номер елемента в періодичній системі Менделєєва.

Нині відомі й вивчені близько 1800 ядер природних і штучних елементів, які відрізняються або Z , або A , або Z і A .

Ядра A_1X_1 , A_2X_2 , A_3X_3 ... за певних значень Z , A і N утворюють деякі групи:

ізотопи: $Z_1 = Z_2 = Z_3 = \dots$; $A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq \dots$; $N_1 \neq N_2 \neq N_3 \neq \dots$; наприклад: ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$; ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$; ${}^{28}_{14}\text{Si}$, ${}^{29}_{14}\text{Si}$, ${}^{30}_{14}\text{Si}$, ${}^{32}_{14}\text{Si}$;

ізобари: $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \neq \dots$; $A_1 = A_2 = A_3 = \dots$; $N_1 \neq N_2 \neq N_3 \neq \dots$; наприклад: ${}^{10}_4\text{Be}$, ${}^{10}_5\text{Be}$, ${}^{10}_6\text{Be}$; ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{16}_7\text{N}$; ${}^{40}_{18}\text{Ar}$, ${}^{40}_{20}\text{Ca}$;

ізотони: $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \neq \dots$; $A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq \dots$; $N_1 = N_2 = N_3 = \dots$; наприклад: ${}^{14}_6\text{Ca}$, ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{44}_{20}\text{Ca}$, ${}^{46}_{22}\text{Ti}$;

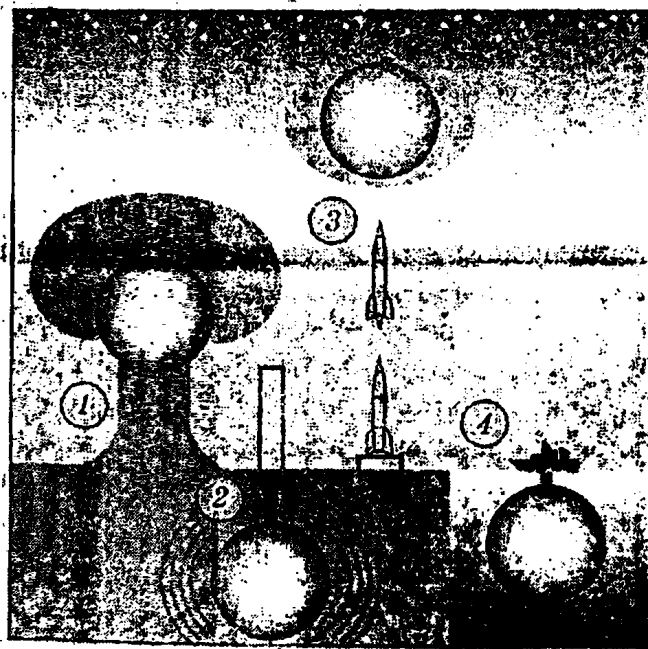
дзеркальні ряди: $Z_1 = N_2$, $Z_2 = N_1$; $A_1 = A_2$; наприклад: ${}^3_1\text{H}$, ${}^3_2\text{He}$; ${}^{11}_5\text{B}$, ${}^{11}_6\text{C}$; ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{13}_7\text{N}$;

ізомери: $Z_1 = Z_2 = Z_3 = \dots$; $A_1 = A_2 = A_3 = \dots$; $N_1 = N_2 = N_3 = \dots$ і мають різні рівні піврозпаду; наприклад: $T_{1/2}({}^{88}_{35}\text{Br}) = 18 \text{ хв}$, $T_{1/2}({}^{80}_{35}\text{Br}) = 4,1 \text{ год}$.

Атомний, або ядерний, вибух — некерований процес вивільнення великої кількості теплової й променевої енергії в результаті ланцюгової ядерної реакції поділу за дуже малий проміжок часу. Атомний вибух супроводжується звуком, що нагадує грозовий розряд. Сила атомного вибуху залежить від кількості енергії, виділеної в результаті ядерної реакції, і може становити $10^9 + 10^{12}$ ккал і більше. У момент вибуху внаслідок надзвичайно високої температури ($300\,000^\circ\text{C}$), утворюється сліпучо-яскрава вогняна зона (близько 15–150 м),

яка складається з розжарених пар і газів. За своєю енергійністю атомний вибух перевищує енергію діяльності людини на Землі, або природними процесами на деяких видах зір. Енергія ядерного вибуху може сягати десятків мегатонн тротилового еквівалента. До ядерних реакцій, які супроводжуються таким виділенням енергії, належить розподіл важких ядер (${}^{235}_{92}\text{U}$ або ${}^{239}_{94}\text{Pu}$), що призводить до ядерного вибуху, або синтез легких ядер, який призводить до термоядерного вибуху. За ядерного й термоядерного вибухів виділяється в мільйони разів більше тепла на одиницю вибухового матеріалу, ніж за хімічного вибуху ($6,8 \cdot 10^{10} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ за ядерного й $4,19 \cdot 10^{11} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ за термоядерного).

Штучні ядерні вибухи в більшості випадків використовують як надпотужну зброю для знищення великих об'єктів і великої кількості військ супротивника, але також мають і мирне застосування — для знищення перепон у горах, наукових дослідженнях тощо. Штучні ядерні вибухи класифікують за двома ознаками — потужністю заряду, який спричинив вибух, та місце розташування заряду в момент вибуху (центр вибуху). Проекція цієї точки на землю називається епіцентром ядерного вибуху. Потужність вибуху вимірюється в тротиловому еквіваленті — масі тринітролуолу, за вибуху якого вивільняється стільки ж енергії, скільки за вибуху оцінюваного заряду. Найчастіше використовують такі одиниці: 1 кілотонна та 1 мегатонна тротилового еквівалента.



■ Типи ядерних випробувань: 1 — наземне, 2 — підземне, 3 — повітряне, 4 — підводне

Атомний залишок (остов) — частина атома, яка залишається після видалення електронів із зовнішньої електронної оболонки.

Атомний зв'язок — різновид хімічного зв'язку в молекулах, який виникає за рахунок об'єднання електронних оболонок у єдину оболонку для всієї молекули.

Атомний номер (протонне число, зарядове число, порядковий номер, Z) — властивість атома, яка вказує на загальну кількість протонів, що містяться в його ядрі. Позначається здебільшого символом Z . А. н. дорівнює заряду ядра, який позначається в одиницях електричного заряду. А. н. визначає хімічні й фізичні властивості атома. Термін «атомний», або «порядковий», номер застосовують переважно в хімії та атомній фізиці, а еквівалентний термін «зарядове число» — у ядерній фізиці. Атомний номер дорівнює заряду ядра в одиницях елементарного заряду та одночасно дорівнює порядковому номеру відповідного ядра хімічного елемента в Періодичній системі хімічних елементів. В атомі, що має нейтральний заряд (тобто не є йоном), кількість електронів дорівнює атомному номеру. Нукліди, що мають однаковий атомний номер, є представниками одного хімічного елемента; при цьому, якщо вони різняться за нуклонним числом A (точніше, мають однакове протонне число Z , але різне нейтронне число N), то є різними ізотопами того ж самого хімічного елемента. Спочатку атомний номер означав місце елемента в періодичній таблиці. За впорядкування відомих хімічних елементів за подібністю їхніх хімічних властивостей було помічено, що їх впорядкування лише за величиною атомних мас призводить до певних невідповідностей. Так, йод і телур, якщо їх розташувати за атомними масами, ітимуть у неправильному порядку. Вони значно краще вписуються в таблицю, якщо їх поміняти місцями. Аномалії в послідовності вперше пояснив Генрі Мозлі (*Henry Gwyn Jeffreys Moseley*). 1913 року Мозлі відкрив залежність між рентгенівським дифракційним спектром елементів та їхнім місцем у періодичній таблиці.

1920 року англійський фізик Дж. Чедвік експериментально підтвердив гіпотезу Ван ден Брука про ідентичність атомного номера елемента з величиною позитивного заряду ядра атома, інакше кажучи, числом протонів. Тим самим був розкритий фізичний зміст порядкового номера елемента в Періодичній системі. Періодичний закон дістав сучасне формулювання: «Властивості простих речовин,

а також форми й властивості сполук елементів перебувають у періодичній залежності від зарядів ядер атомів елементів». Розташування, що якнайточніше відповідало хімічним властивостям, було розташуванням за атомним номером. Цей номер близько пропорційний до атомної маси, але є розбіжності, що відображають деяку іншу властивість, аніж масу. Атомний номер близько пов'язаний з масовим числом (хоча їх не слід плутати), що є числом протонів та нейтронів у ядрі. Атомний номер записують у вигляді нижнього індексу перед символом хімічного елемента, наприклад $^{12}_6\text{C}$.

Атомний радіус — характерний розмір атомів у складі молекули; за його величину береться радіус сфери, у якій перебуває до 90 % маси електронів атома. Порядок величини радіуса — 10^{-10} м.

Атомний реактор — те саме, що й ядерний реактор.

Атомний спектр — те саме, що й спектр атома.

Атомні спектри — сукупність частот, які випромінюються або поглинаються атомами. А. с. лінійчаті, тобто ті, що складаються з вузьких ліній спектрів випромінювання та поглинання вільних атомів. Виникають за переходів між двома рівнями, характерними для атома E_1 та E_2 і мають частоту $\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$, де $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — стала

Планка. Кожна лінія відповідає певному енергетичному переходу окремого електрона в атомі згідно з правилами відбору. Поділяються на оптичні, радіочастотні та характеристичні рентгенівські. Якщо перші виникають за переходів зовнішніх електронів (їх називають оптичними або валентними), другі виникають за переходів між дуже близькими підрівнями атома, то треті — за переходів глибинних електронів. Частоти ліній визначаються побудовою електронної оболонки атомів та правилами відбору за переходів в атомах. У атомах, складніших за водень, енергія рівнів залежить не тільки від головного числа n , а й від азимутального числа l , що призводить до появи в спектрах так званих мультиплетів — груп із декількох ліній із близькими частотами, вони є характерними для певних елементів. Спектральні лінії підпорядковані певним закономірностям й утворюють так звані спектральні серії. Кожна серія утворюється за дозволених переходів електронів на той самий нижній рівень із різних вищих (у спектрах поглинання, навпаки, — з одного нижчого до різних вищих). Наприклад, для водню всі лінії підпорядковуються формулі Баль-

мера — Рідберга: $\nu = cR \left(\frac{1}{n_k^2} - \frac{1}{n_l^2} \right)$, де n_k, n_l — головне квантове число кінцевого та початкового стану відносно, $R = 109677,58 \text{ см}^{-1}$ — стала Рідберга, c — швидкість світла у вакуумі. Наявність мультиплетів та серій дозволяє знаходити склад речовини, відповідний метод аналізу називається спектральним аналізом.

Атомні електростанції — електростанції, які належать до теплових, оскільки в їхній будові є теплоутворювачі, теплоносії і генератор електричного струму — турбіна. Існують як одноконтурні АЕС, так і дво-триконтурні (це залежить від типу ядерного реактора).

Атомного або ядерного вибуху фактори ураження — фактори, які складаються в основному зі світлового випромінювання й ударної хвилі:

1. Світлове випромінювання — це потік променевої енергії, що включає ультрафіолетову, видиму та інфрачервону області спектра. Джерелом світлового випромінювання є світлова область вибуху — нагріті до високих температур і випарувані частини боєприпасу, навколишнього ґрунту й повітря. За повітряного вибуху світла область являє собою кулю, за наземного — півсферу. Максимальна температура поверхні області, що світиться, становить зазвичай $5700\text{--}7700^\circ\text{C}$. Коли температура знижується до 1700°C , світіння припиняється. Світловий імпульс триває від часток секунди до декількох десятків секунд залежно від потужності та умов вибуху. Приблизно тривалість світіння в секундах дорівнює кореню третього ступеня з потужності вибуху в кілотоннах. При цьому інтенсивність випромінювання може перевищувати $1000 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$ (для порівняння: максимальна інтенсивність сонячного світла — $0,14 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$).

Наслідком дії світлового випромінювання може бути займання й загоряння предметів, оплавлення, обвуглювання, великі температурні напружки в матеріалах. За впливу світлового випромінювання на людину виникають ураження очей і опіки відкритих ділянок тіла, а також може відбутися ураження захищених одягом ділянок тіла. Захистом від впливу світлового випромінювання може служити доволі непрозора перепона. У разі наявності туману, імлі, сильної запыленості та/або задимленості вплив світлового випромінювання також знижується.

2. Ударна хвиля — стрибок ущільнення в середовищі, який рухається з надзвуковою швидкістю (понад $350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ для атмосфери). Під дією ударної хвилі виникає більшість руйнувань, заподіяних ядерним вибухом. За атмосферного вибуху стрибок ущільнення — це невелика зона, у якій відбувається майже миттєве збільшення температури, тиску й щільності повітря. Безпосередньо за фронтом ударної хвилі відбувається зниження тиску й щільності повітря, від невеликого зниження далеко від центру вибуху й майже до вакууму всередині вогняної сфери. Наслідком цього зниження є зворотний хід повітря й сильний вітер уздовж поверхні зі швидкостями до $100 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ і більше до епіцентру. Ударна хвиля руйнує будівлі, споруди й вражає незахищених людей, а близько до епіцентру наземного або дуже низького повітряного вибуху породжує потужні сейсмічні коливання, здатні зруйнувати або пошкодити підземні споруди й комунікації, травмувати людей, що перебувають у них. Більшість будівель, окрім спеціально укріплених, серйозно пошкоджуються або руйнуються під впливом надлишкового тиску $2160 + 3600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ ($0,22\text{--}0,36 \text{ атм}$). Енергія розподіляється по всій пройденій відстані, через що сила впливу ударної хвилі зменшується пропорційно кубу відстані від епіцентру. Захистом від ударної хвилі для людини є сховище. На відкритій місцевості дія ударної хвилі знижується різними заглибленнями, перешкодами, нерівностями місцевості.

