

§ 35. ШКАЛА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ В ПРИРОДІ І ТЕХНІЦІ



Електромагнітні хвилі (електромагнітне випромінювання) — це поширення у просторі коливань електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі можуть випромінюватися різноманітними об'єктами — від величезних зір до атомних ядер. Про шкалу електромагнітних хвиль ви дізналися ще в курсі фізики 9-го класу. Отже, згадуємо і дізнаємося нове.

1 Шкала електромагнітних хвиль

Шкала (спектр) електромагнітних хвиль — безперервна послідовність частот і довжин електромагнітних хвиль, що існують у природі.

За способом випромінювання хвиль, що належать до тієї чи іншої ділянки спектра, розрізняють: низькочастотне випромінювання й радіохвилі; інфрачервоне випромінювання, видиме світло й ультрафіолетове випромінювання; рентгенівське випромінювання; гамма-випромінювання (рис. 35.1).

Принципової відмінності між окремими ділянками спектра немає — усі ці види випромінювань являють собою електромагнітні хвилі. Ці хвилі поширюються у вакуумі з однаковою швидкістю, яка дорівнює швидкості світла; породжуються зарядженими частинками, що рухаються прискорено; одночасно мають і хвильові, і квантові властивості, оскільки корпускулярно-хвильовий дуалізм — це загальна властивість природи. Зі збільшенням частоти (зменшенням довжини) на перший план поступово виходять квантові властивості електромагнітного випромінювання, зі зменшенням частоти — хвильові. В оптичному діапазоні і квантові, і хвильові властивості електромагнітного випромінювання виявляються майже однаково.

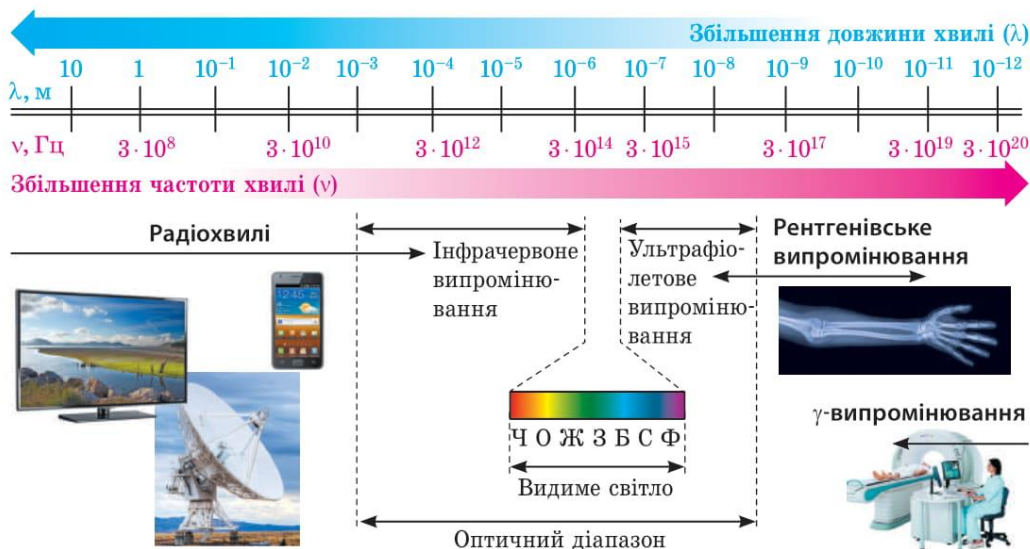


Рис. 35.1. Шкала (спектр) електромагнітних хвиль — безперервна послідовність частот і довжин електромагнітних хвиль, що існують у природі

? Сподіваємося, що вам нескладно навести приклади на підтвердження останнього твердження.

Розглянемо спектр електромагнітних хвиль докладніше.

2 Радіохвилі

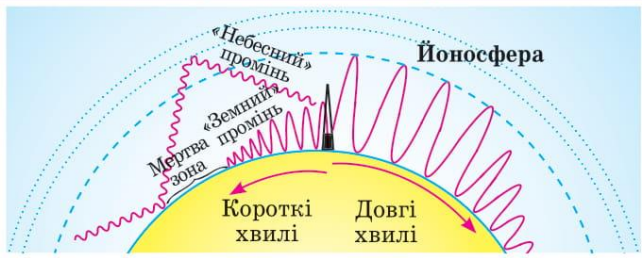
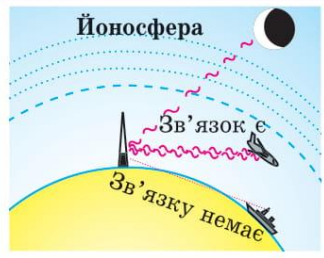
Радіохвилі — електромагнітні хвилі довжиною від 100 км (3 кГц) до ~ 0,1 мм (3 ТГц).

Радіохвилі — від наддовгих із довжиною понад 10 км до ультракоротких і мікрохвиль із довжиною менш ніж 0,1 мм — *породжуються змінним електричним струмом.*

Низькочастотне випромінювання (наддовгі радіохвилі) виникає, наприклад, навколо провідників, в яких тече змінний струм, і поблизу генераторів електричного струму. Оскільки енергія цих хвиль є дуже малою, вони можуть поширюватися на невеликі відстані й серйозно не впливають на організми, в тому числі на людину.

Електромагнітні хвилі *радіодіапазону* породжуються високочастотним змінним струмом, який створюють генератори високочастотних електромагнітних коливань.

Особливості поширення хвиль радіодіапазону			
Довгі радіохвилі	Середні радіохвилі	Короткі радіохвилі	Ультракороткі радіохвилі
Довжина: від 1 до ~ 10 км	Довжина: 100 м — 1 км	Довжина: 10 – 100 м	Довжина: від ~ 0,1 мм до 10 м
Здатні обгинати земну поверхню, тому багато міжнародних радіостанцій ведуть мовлення на довгих хвилях; цей діапазон хвиль виділений для морської навігації.	Поширюються в межах 1 тис. км, оскільки можуть відбиватися тільки від іоносфери. Радіопередачі на середніх хвилях краще приймаються вночі, коли підвищується відбивна здатність іоносферного шару.	Відбившись від іоносфери, повертаються до Землі, відбиваються від її поверхні, знову спрямовуються до іоносфери, де знову відбиваються. Так, багаторазово відбиваючись, радіохвиля може кілька разів обійти земну кулю.	Практично не відбиваються від іоносфери, поширюються в межах прямої видимості. Порівняно з іншими хвилями радіодіапазону ультракороткі радіохвилі легко модулювати, їх можна спрямовувати вузьким пучком, вони менше розсіюються. Саме тому ці радіохвилі набули широкого застосування у стільниковому зв'язку, телебаченні й радіолокації.

3 Електромагнітні хвилі оптичного діапазону

Будь-які хвилі оптичного діапазону *випромінюються збудженими атомами під час їх переходу в стан з меншим рівнем енергії*. Збудження атома відбувається внаслідок поглинання ним певної порції (кванта) енергії. Наприклад, під час непружного зіткнення атомів (або молекул) частина їх кінетичної енергії може витратитися на збудження, а потім випромінитися у вигляді кванта світла. Кожен ізольований атом, подібно до коливального контуру, може випромінювати тільки хвилі певних частот (щоправда, коливальний контур випромінює хвилі тільки однієї частоти).

Інфрачервоне (теплове) випромінювання	Видиме світло	Ультрафіолетове випромінювання
		
Довжина хвилі: від ~ 760 нм до ~ 1–2 мм	Довжина хвилі: від ~ 400 до ~ 760 нм	Довжина хвилі: від ~ 10 до ~ 400 нм
<ul style="list-style-type: none"> • Інфрачервоні промені випромінюють будь-які тіла, що мають температуру, вищу за абсолютний нуль. Саме на цьому ґрунтується їх застосування у тепловізорах — приладах нічного бачення. • Людське око не здатне бачити інфрачервоне випромінювання, адже енергії квантів недостатньо, щоб збудити нервові клітинки в оці. Але багато представників фауни мають спеціальні «пристосування» — своєрідні «прилади нічного бачення», які здатні сприймати ці промені. • Інфрачервоне випромінювання зазвичай є корисним для людини, але у великих дозах може спричинити запаморочення, втрату свідомості — тепловий і сонячний удари. 	<ul style="list-style-type: none"> • Видиме світло випромінюють досить нагріті тіла, причому температура, за якої тіло починає випромінювати світло, залежить від речовини, з якої складається це тіло. Випромінюванням видимого світла можуть супроводжуватися і деякі хімічні реакції (хемілюмінесценція), завдяки яким світяться світлячки, радіолярії тощо. • Видиме біле світло розділяють на сім кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій (індіго), фіолетовий. Людське око найкраще сприймає світлові хвилі довжиною 555 м, які відповідають зеленій частині спектра. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ультрафіолет випромінюють Сонце та інші зорі, електричні дуги, спеціальні кварцові лампи. • Людське око не реагує на ультрафіолетове випромінювання. Наймовірніше, це пов'язано з еволюцією, адже ці промені добре поглинаються водою, яка входить до складу рогівки ока. Ультрафіолет має високу хімічну активність, тому у великих дозах негативно впливає на людину. Саме тому не варто перебувати на сонці, коли сонячне випромінювання найбільш інтенсивне. Проте в невеликих дозах ультрафіолет є корисним: він сприяє виробленню вітаміну D, зміцнює імунну систему, стимулює низку важливих життєвих функцій в організмі.
<p><i>Зверніть увагу:</i> в оптичному діапазоні спектра електромагнітних хвиль стають суттєвими явища, зумовлені атомною будовою речовини, тому окрім хвильових виявляються квантові властивості випромінювання.</p>		



Рис. 35.2. Перший рентгєнівський знімок: кисть руки Бєрти Рєнтгєн (дружини В. Рєнтгєна) з обручкєю

4 Рєнтгєнівськє випромїнєваннє

У ХХІ ст. навряд чи знайдєтьсє доросла людина, яка хоча б раз у життї не робила рєнтгєнівськє знімка. Наприкинцї ж ХІХ ст. зображеннє кистї людини з видимєю структурєю кїсток (рис. 35.2.) обїйшло шпальти газєт усьєгє свїту й стало справжнєю сенсацїєю для фїзикїв. За вїдкриттє в 1895 р. рєнтгєнівськє випромїнєваннє нїмєцький фїзик *Вїльгєльм Конрад Рєнтгєн* (1845–1923) став першим у свїтї лауреатєм Нєбєлївськєї премїї.

Рєнтгєнівськє випромїнєваннє (Х-випромїнєваннє) — електромагнїтнї хвилї довжиною вїд $\sim 0,001$ нм до ~ 100 нм.

Рєнтгєнівськє випромїнєваннє виникає внаслїдєк взаємодїї швидких електронїв з атомами катєда в *рєнтгєнівськїй трубцї*, яка явлєє собою вакуумну склянє колбу з двєма електрєдами — анодом А і катєдом К (рис. 35.3). Мїж електрєдами створюєтьсє висока напруга (10–500 кВ), а катєдом пропускаять електрїчний струм; коли катєд нагрїваєтьсє, то з його поверхнї починають вилїтати (емїтувати) електрони.

? Згадайтє, як називають явищє емїсїї електронїв їз поверхнї металу внаслїдєк нагрїваннє.

Електрони, якї випромїнєє катєд, розганєютьсє електрїчним полєм до велїчєзних швидкєстєй. Їх потрапляннє на анод спричинєє двє види рєнтгєнівськє випромїнєваннє: *гальмївне*, зумовленє велїчєзним прїскорєннєм електронїв пїд час їхнєго гальмуваннє на анодї, та *характеристичнє*, зумовленє високоенєргєтїчними збудженнєми електронних оболонок атомїв.

Рєнтгєнівськє випромїнєваннє найширше застєсовують у мєдїцинї, адже воно має властївїсть проходити крїзь непрозорї предмети (наприклад, тїло людини). Кїстковї тканини менш прозорї для рєнтгєнівськє випромїнєваннє, нїж їншї тканини органїзму людини, тому кїстки чїтко видно на рєнтгєнограмї. Рєнтгєнівськє випромїнєваннє чинить руйнївнє дїю на клїтини органїзму, тому застєсовувати його потрїбно надзвичайно обережно. Рєнтгєнівськє зїємкє використовують також у промїсловостї (для виявленнє дефектїв), хїмїї (для аналізу спєлєк), фїзїцї (для дослїдженнє структури кристалїв).

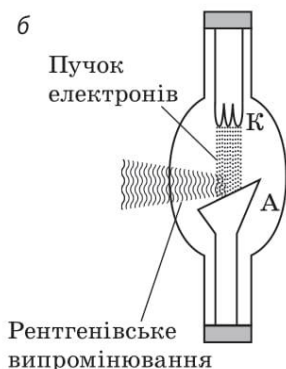


Рис. 35.3. Рєнтгєнівськє трубкє: а — виглєд; б — схематичнє зображеннє

5 Гамма-випромінювання

Гамма (γ)-випромінювання — електромагнітні хвилі довжиною менш ніж 0,05 нм.

γ -випромінювання випускається збудженими атомними ядрами під час ядерних реакцій, радіоактивних перетворень атомних ядер і перетворень елементарних частинок.

γ -випромінювання використовують у дефектоскопії (виявлення дефектів усередині деталей); радіаційній хімії (наприклад, у процесі полімеризації); сільському господарстві й харчовій промисловості (стерилізація харчів); медицині (стерилізація приміщень, променева терапія). На організми γ -випромінювання чинить мутагенний і канцерогенний вплив. Разом із тим чітко спрямоване й дозоване γ -випромінювання застосовують для знищення ракових клітин (променева терапія) (рис. 35.4).

Зверніть увагу! У діапазонах рентгенівського випромінювання і γ -випромінювання на перший план виступають *квантові властивості електромагнітного випромінювання*.



Підбиваємо підсумки

- Шкала електромагнітних хвиль — безперервна послідовність частот і довжин електромагнітних хвиль, що існують у природі.
- За способом випромінювання та приймання хвиль, що належать до тієї чи іншої ділянки спектра, розрізняють низькочастотне випромінювання і радіохвилі (створюються змінним електричним струмом); інфрачервоне випромінювання, видиме світло й ультрафіолетове випромінювання (випускаються збудженими атомами); рентгенівське випромінювання (створюється під час швидкого гальмування заряджених частинок); γ -випромінювання (випускається збудженими атомними ядрами).
- Усі види випромінювань є електромагнітними хвилями, а отже, поширюються у вакуумі зі швидкістю світла. Зі збільшенням частоти (зменшенням довжини) хвилі збільшується проникна здатність електромагнітного випромінювання і поступово на перший план виходять квантові властивості випромінювання.

Хто відкрив X-промені

Значний внесок у дослідження X-випромінювання, яке згодом було названо рентгенівським, зробив видатний учений українського походження *Іван Павлович Пулюй* (1845–1918), адже саме він ще в 1881 р. винайшов трубку, яку використав потім В. Рентген у своїх дослідках і яка стала прообразом трубок сучасних рентгенівських апаратів. Фахівці з історії фізики дотепер сперечаються про те, хто насправді відкрив X-промені (див. також рубрику «Фізика і техніка в Україні» наприкінці § 35).

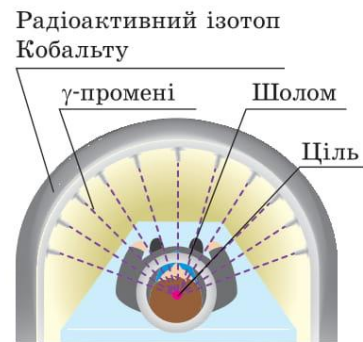


Рис. 35.4. Використання γ -випромінювання для лікування онкозахворювань. Щоб γ -промені не знищували здорові клітини, застосовують декілька слабких пучків γ -променів, які фокусують на пухлині



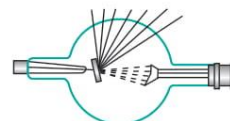
Контрольні запитання

1. Назвіть відомі вам види електромагнітного випромінювання. **2.** Що спільного між усіма видами електромагнітного випромінювання? У чому їх відмінність? **3.** Як змінюються властивості електромагнітного випромінювання зі збільшенням його частоти? **4.** Наведіть приклади застосування різних видів електромагнітного випромінювання. **5.** Як уникнути негативного впливу деяких видів електромагнітного випромінювання на здоров'я людини?

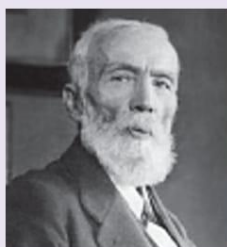


Вправа № 35

- Схему якого пристрою подано на рисунку? Хто першим створив цей пристрій? Назвіть основні частини пристрою.
- Чому ультрафіолетові промені використовують для стерилізації приміщень, а інфрачервоні — ні?
- Чому високо в горах слід обов'язково захищати очі окулярами?
- Яку швидкість набирають електрони в рентгенівській трубці, що працює під напругою 32 кВ?
- Відомо, що електромагнітне випромінювання чинить хімічну дію, зокрема завдяки електромагнітному випромінюванню відбувається *фотосинтез*. Підготуйте коротке повідомлення про значення фотосинтезу для життя на Землі.
- Спираючись на властивості різних видів електромагнітного випромінювання, складіть інструкції щодо правил поведінки під час перебування на пляжі; під час медичних обстежень; під час роботи за комп'ютером.



ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Іван Павлович Пулюй (1845–1918) — фізик і електротехнік українського походження, громадський діяч. Автор близько 50 наукових праць, насамперед із проблем катодного випромінювання та катодних X-променів, електротехніки й електроенергетики.

І. П. Пулюй народився в містечку Гримайлів на Тернопільщині. Після закінчення Тернопільської гімназії продовжив навчання у Віденському університеті, здобув ступінь доктора натуральної філософії у Страсбурзькому університеті.

Дотепер залишається спірним питання про відкриття рентгенівського випромінювання, і якщо *Вільгельма Рентгена* знає увесь світ, то ім'я Івана Пулюя стало відомим широкому загалу нещодавно. Проте ще за 14 років до В. Рентгена І. П. Пулюй сконструював трубку, яка згодом стала прообразом сучасних рентгенівських апаратів.

І. П. Пулюй набагато глибше за В. Рентгена проаналізував природу та механізми виникнення X-променів (пізніше їх було названо рентгенівськими), а також продемонстрував їхні властивості. Одним із перших І. П. Пулюй почав конструювати й виготовляти вакуумні пристрої. Широко відомою стала люмінесцентна газорозрядна лампа, яка увійшла в історію техніки як «лампа Пулюя» (Pulujlampe). Знімки в X-променях, виконані Пулюєм за допомогою цієї лампи, найчастіше відтворювались у європейських науково-популярних виданнях як неперевершені за якістю для ілюстрації застосування X-променів у медицині.

Ще одна із розробок ученого — запатентований винахід, який дав змогу використовувати лінію передачі змінного струму для одночасного телефонного зв'язку.

Ім'я І. П. Пулюя носить Тернопільський національний технічний університет; НАНУ заснувала премію імені Івана Пулюя за видатні роботи в галузі прикладної фізики.