

Міністерство освіти і науки України
Любешівський технічний коледж
Луцького національного технічного університету



Фізика

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи

для студентів I-II курсів

зі спеціальності 208 «Агроінженерія»

зі спеціальності 071 «Облік і оподаткування»

зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

денної форми навчання

Любешів 2017

УДК

До друку _____ Голова Навчально-методичної ради
Луцького НТУ.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в
репозитарій Луцького НТУ _____ директор бібліотеки.

Затверджено _____ Навчально-методичною радою Луцького
національного технічного університету,
протокол № _____ від _____ 2017 р.

Рекомендовано до видання методичною радою Любешівського
технічного коледжу Луцького НТУ,
протокол № _____ від _____ 2017 р.

Розглянуто і схвалено на засіданні циклової комісії викладачів
математичних та природничо-наукових дисциплін Любешівського
технічного коледжу Луцького НТУ,
протокол № _____ від _____ 2017 р.

Укладач: _____ В. О. Люсік
(підпис)

Рецензент: _____
(підпис)

Відповідальний
за випуск: _____ Т.П. Кузьмич, методист коледжу
(підпис)

Фізика [Текст]: методичні вказівки до виконання самостійної
роботи для студентів I-II курсів всіх напрямків підготовки, денної
форми навчання/ уклад. В.О. Люсік - Любешів: Любешівський
технічний коледж Луцького НТУ, 2017. – с. 89.

Видання містить методичні вказівки до виконання самостійної
роботи, а саме: короткі теоретичні матеріали, перелік
рекомендованої літератури, запитання для самоконтролю та вправи
для самостійного виконання.

Люсік В.О., 2017

Вступ

Самостійна робота – це робота студентів, яка планується та виконується по завданню і методичному керівництву викладача. Вона необхідна не тільки для оволодіння дисципліною, але і для формування навичок самостійної роботи взагалі; учбової, наукової, професійної діяльності, для того щоб самостійно вирішувати проблеми, знаходити конструктивний вихід із кризової ситуації тощо.

У процесі навчання фізиці необхідно правильно поєднувати різні види розумової діяльності студентів. Необхідно пам'ятати, що обов'язкова умова успішного засвоєння студентами навчального матеріалу з елементами дослідження – оволодіння елементарними вміннями, без яких неможливе виконання важких дослідів. Тому необхідно включати до учбового процесу самостійну роботу як дослідницького характеру, надаючи студентам більше завдань такого характеру, так і роботи практичного характеру, гармонійно їх поєднуючи. Разом з тим необхідно прагнути того, щоб при виконанні самостійної роботи студенти пізнавали щось нове: відкривали для себе можливість застосування більш раціональних засобів вимірювання величини, уявляли характер залежності, яка пов'язує її з іншими величинами, здійснювали переніс вмінь на вимірювання інших величин і таке інше.

Досвід показує, що тільки ті знання, які студент здобув самостійно, завдяки власному досвіду, думці і дії, будуть насправді міцні. Якщо навчальний матеріал опрацьовується власноручно, самостійно (індивідуально) виконується завдання від його постановки до аналізу отриманих результатів, то засвоюється значна частина інформації.

Планування самотійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин	Контроль
1	Механіка	6	
	Штучні супутники Землі. Внесок українських вчених у розвиток космонавтики (Ю.Кондратюк, С.Корольов та інші). Реактивний рух. Будова та принцип дії реактивних двигунів. Деформація тіл. Механічна напруга. Модуль Юнга. Механічні властивості твердих тіл.		Усна відповідь
2	Молекулярна фізика і термодинаміка	5	
	Швидкість молекул ідеального газу. Пароутворення і конденсація. Насичена і ненасичена пара. Властивості рідин. Поверхневий натяг. Змочування. Капілярні явища. Анізотропія кристалів. Природне і штучне утворення кристалів. Застосування рідких кристалів у техніці.		Усна відповідь
3	Електродинаміка	5	
	Закон збереження електричного заряду. Діелектрична проникність середовища. Електронна провідність металів. Залежність опору від довжини, площі поперечного перерізу і матеріалу провідника. Залежність питомого опору провідника від температури. Електричний струм в газах і вакуумі. Несамостійний і самостійний розряди в газах. Поняття про плазму. Термоелектронна емісія. Вакуумні прилади.		Усна відповідь

4	Коливання та хвилі	5	
	Звукові хвилі, їх характеристики та використання. Інфра- та ультразвуки, їх застосування. Принцип дії радіотелефонного зв'язку. Радіомовлення і телебачення. Радіолокація. Стільниковий зв'язок. Супутникове телебачення.		Усна відповідь
5	Оптика та основи теорії відносності	5	
	Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Рентгенівське випромінювання. Шкала електромагнітних хвиль. Тлумачення маси як міри запасу повної енергії тіла. Залежність маси від швидкості.		Усна відповідь
6	Атомна і ядерна фізика	5	
	Методи реєстрації іонізуючих випромінювань.		Усна відповідь

Розділ I. МЕХАНІКА

Тема 1

Штучні супутники Землі

Короткі теоретичні відомості

Штучні Супутники Землі - космічні літальні апарати, виведені на орбіти довкола Землі і призначені для вирішення наукових і прикладних завдань. Запуск першого супутника, що став першим штучним небесним тілом, створеною людиною, був здійснений в СРСР 4 жовтня 1957 і з'явився результатом досягнень в області ракетної техніки, електроніки, автоматичного управління, обчислювальної техніки небесної механіки і ін. розділів науки і техніки. За допомогою цього супутником вперше була виміряна щільність верхньої атмосфери (по змінах його орбіти), досліджені особливості поширення радіосигналів в іоносфері, перевірені теоретичні розрахунки і основні технічні рішення, пов'язані з виведенням супутників на орбіту. 1 лютого 1958 на орбіту був виведений перший американський супутник «Експлорер-1», а дещо пізніше самостійні запуски супутників зробили і інші країни: 26 листопада 1965 — Франція (супутник «А-1»), 29 листопада 1967 — Австралія («ВРЕСАТ-1»), 11 лютого 1970 — Японія («Осумі»), 24 квітня 1970 — КНР(Китайська Народна Республіка) («Китай-1»), 28 жовтня 1971 — Великобританія («Просперо»). Деякі супутники, виготовлені в Канаді, Франції, Італії, Великобританії і ін. країнах, запускалися (з 1962) з допомогою американських ракет-носіїв. У практиці космічних досліджень широкого поширення набула міжнародна співпраця. Так, в рамках науково-технічної співпраці соціалістичних країн запуснений ряд супутників. Перший з них — «Інтеркосмос-1» — був виведений на орбіту 14 жовтня 1969. Всього до 1973 запуснено понад 1300 супутник різного типу, у тому числі близько 600 радянських і понад 700 американських і ін. країн включаючи пілотовані космічні кораблі-супутники і орбітальні станції з екіпажем.

Загальні відомості про супутники. Відповідно до міжнародної домовленості космічний апарат називається супутником, якщо він зробив не менше одного звороту довкола Землі. Інакше він вважається ракетним зондом, що проводив виміри уздовж балістичної траєкторії, і не реєструється як супутник. Залежно від завдань, що вирішуються з допомогою супутників, їх підрозділяють на науково-дослідницькі і прикладні. Якщо на супутнику встановлені радіопередавачі, та або інша вимірювальна апаратура, імпульсні лампи для подачі світлових сигналів і т. п., його називають активним. Пасивні супутники призначені зазвичай для спостережень із земної поверхні при вирішенні деяких наукових завдань (до таких супутників належать супутники-балони, що досягають в діаметрі декількох десятків метрів). Науково-дослідницькі супутники служать для досліджень Землі, небесних тіл, космічного простору. До їх числа відносяться, зокрема, геофізичні супутники, геодезичні супутники, орбітальні астрономічні обсерваторії і ін. Прикладними супутниками є зв'язкові супутники, метеорологічні супутники, супутник для дослідження земних ресурсів, навігаційні супутники, супутники технічного призначення (для дослідження дії космічних умов на матеріали, для випробувань і відробітку бортових систем) і ін. супутники, призначені для польоту людей, називаються пілотованими кораблями-супутниками. Супутник на екваторіальній орбіті, лежачій поблизу площині екватора, називаються екваторіальними, супутник на полярній (або приполярною) орбіті, проходящій поблизу полюсів Землі, — полярними. Супутники, виведені на кругову екваторіальну орбіту, віддалену на 35860 км. від поверхні Землі, і рухомі в напрямі, співпадаючому з напрямом обертання Землі, «висять» непорушно над однією точкою земної поверхні; такі супутники називаються стаціонарними.

Відповідно до різноманітності наукових і прикладних завдань, що вирішуються з допомогою супутників, супутники можуть мати різні розміри, масу, конструктивні схеми, склад бортового устаткування. Наприклад, маса найменшого супутника (з серії «ЕРС») — всього 0,7 кг; радянський

супутник «Протон-4» мав масу близько 17 т. Маса орбітальної станції «Салют» з пристикованим до неї космічним кораблем «Союз» була понад 25 т. Найбільша маса корисного вантажу, виведеного на орбіту супутник, складала близько 135 т (американський космічний корабель «Аполлон» з останнім рівнем ракети-носія).

Для вирішення деяких наукових і прикладних завдань необхідно, щоб супутник був певним чином орієнтований в просторі, причому вигляд орієнтації визначається головним чином призначенням супутника або особливостями встановленого на ньому устаткування. Так, орбітальну орієнтацію, при якій одна з осей постійно направлена по вертикалі, мають супутник, призначені для спостережень об'єктів на поверхні і в атмосфері Землі; супутник для астрономічних досліджень орієнтуються на небесні об'єкти: зірки, Сонце. По команді із Землі або за заданою програмою орієнтація може змінюватися. В деяких випадках орієнтується не весь супутник, а лише окремі його елементи, наприклад гостронаправлені антени — на наземні пункти, сонячні батареї — на Сонце. Для того, щоб напрям деякої осі супутника зберігалася незмінним в просторі, йому надають обертання довкола цієї осі. Для орієнтації використовують також гравітаційні, аеродинамічні, магнітні системи — так звані пасивні системи орієнтації, і системи, забезпечені реактивними або інерційними органами (зазвичай на складних супутник і космічних кораблях), що управляють, — активні системи орієнтації. Супутники, що мають реактивні двигуни для маневрування корекції траєкторії або спуску з орбіти, забезпечуються системами управління рухом, складовою частиною якої є система орієнтації.

Енергоживлення бортової апаратури більшості супутників здійснюється від сонячних батарей, панелі яких орієнтуються перпендикулярно напряму сонячних променів або розташовані так, щоб частина з них освітлювала Сонцем при будь-якому його положенні відносно супутника (так звані всенаправлені сонячні батареї). Сонячні батареї забезпечують тривалу роботу бортової апаратури (до декількох років). На

супутниках, розрахованих на обмежені терміни роботи (до 2—3 тижнів), використовуються електрохімічні джерела струму — акумулятори, паливні елементи. Деякі супутники мають на борту ізотопні генератори електричної енергії. Тепловий режим супутник необхідний для роботи їх бортової апаратури, підтримується системами терморегулювання.

В супутниках, що відрізняються значним тепловиділенням апаратури, і космічних кораблях застосовуються системи з рідинним контуром теплопередачі; на супутниках з невеликим тепловиділенням апаратури у ряді випадків обмежуються пасивними засобами терморегулювання (вибір зовнішньої поверхні з відповідним оптичним коефіцієнтом, теплоізоляції окремих елементів).

Передача наукової та іншої інформації з супутника на Землю передається за допомогою систем радіотелеметрій (що часто мають бортові пристрої, що запам'ятовують, для реєстрації інформації в періоди польоту супутник поза зонами радіовидимості наземних пунктів).

Пілотовані кораблі-супутники і деякі автоматичні супутник мають апарати, що спускаються, для повернення на Землю екіпажа, окремих приладів, півок, піддослідних тварин.

Рух супутників. Супутники виводяться на орбіти за допомогою автоматичних керованих багатоступінчастих ракет-носіїв, які від старту до деякої розрахункової точки в просторі рухаються завдяки тязі, що розвивається реактивними двигунами. Ця дорога, звана траєкторією виведення супутник на орбіту, або активною ділянкою руху ракети, складає зазвичай від декількох сотень до двох-трьох тис. км. . Ракета стартує, рухаючись вертикально вгору, і проходить крізь найбільш щільні шари земної атмосфери на порівняно малій швидкості (що скорочує енергетичні витрати на подолання опору атмосфери). При підйомі ракета поступово розвертається, і напрям її руху стає близьким до горизонтального. На цьому майже горизонтальному відрізку сила тяги ракети витрачається не на подолання гальмівної дії сил тяжіння Землі і опору атмосфери, а головним

чином на збільшення швидкості. Після досягнення ракетою в кінці активної ділянки розрахункової швидкості (по величині і напрямку) робота реактивних двигунів припиняється; це — так звана точка виведення супутник на орбіту. Космічний апарат, що запускається, який несе останній рівень ракети, автоматично відділяється від неї і починає свій рух по деякій орбіті відносно Землі, стаючи штучним небесним тілом. Його рух підпорядкований пасивним силам (тяжіння Землі, а також Місяця, Сонця і ін. планет, опір земної атмосфери і т. д.) і активним силам, якщо на борту космічного апарату встановлені спеціальні реактивні двигуни. Вигляд початкової орбіти супутника відносно Землі залежить цілком від його положення і швидкості в кінці активної ділянки руху (у момент виходу супутник на орбіту) і математично розраховується за допомогою методів небесної механіки. Якщо ця швидкість рівна або перевищує (але не більше ніж в 1,4 разу) першу космічну швидкість (близько 8 км/с відносно поверхні Землі), а її напрям не відхиляється сильно від горизонтального, то космічний апарат виходить на орбіту супутника Землі. Точка виходу супутник на орбіту в цьому випадку розташована поблизу перигея орбіти.

Такі чинники, як опір земної атмосфери, стискування Землі, тиск сонячного випромінювання, тяжіння Місяця і Сонця, є причиною відхилень від необуреного руху. Вивчення цих відхилень дозволяє отримувати нові дані про властивості земної атмосфери, про гравітаційне поле Землі. Із-за опору атмосфери супутник, рухаючись по орбітах з перигеєм на висоті декілька сотів км., поступово знижуються і, потрапляючи в порівняно щільні шари атмосфери на висоті 120—130 км. і нижче, руйнуються і згорають; вони мають, таким чином, обмежений термін існування. Так, наприклад, перший радянський супутник знаходився у момент виходу на орбіту на висоті близько 228 км. над поверхнею Землі і мав майже горизонтальну швидкість близько 7,97 км. / сек. Велика піввісь його еліптичної орбіти (тобто середня відстань від центру Землі) складала близько 6950 км., період звернення 96,17 мин., а найменш і найбільш видалені точки орбіти (перигей і апогей)

розташовувалися на висотах близько 228 і 947 км. відповідно. Супутник існував до 4 січня 1958, коли він, унаслідок обурень його орбіти, увійшов до щільних шарів атмосфери.

Орбіта, на яку виводиться супутник відразу після ділянки розгону ракети-носія, буває інколи лише проміжною. В цьому випадку на борту супутник є реактивні двигуни, які включаються в певні моменти на короткий час по команді із Землі, надаючи супутнику додаткову швидкість. В результаті супутник переходить на іншу орбіту. Автоматичні міжпланетні станції виводяться зазвичай спочатку на орбіту супутника Землі, а потім перекладаються безпосередньо на траєкторію польоту до Місяця або планет.

Спостереження супутник. Контроль руху супутника і вторинних орбітальних об'єктів здійснюється шляхом спостережень їх із спеціальних наземних станцій. За результатами таких спостережень уточнюються елементи орбіт супутників і обчислюються ефемериди для майбутніх спостережень, у тому числі і для вирішення різних наукових і прикладних завдань. По використовуваній апаратурі спостереження супутник розділяються на оптичних, радіотехнічних, лазерних; по їх кінцевій меті — на позиційні (визначення напрямів на супутник) і далекомірні спостереження, виміри кутової і просторової швидкості.

Найбільш простими позиційними спостереженнями є візуальні (оптичні), виконувані за допомогою візуальних оптичних інструментів і дозволяючі визначати небесні координати супутник з точністю до декількох хвилин дуги. Для вирішення наукових завдань ведуться фотографічні спостереження за допомогою *супутникових фотокамер*, що забезпечують точність визначень до 1—2 μ по положенню і 0,001 сек за часом. Оптичні спостереження можливі лише у тому випадку, коли супутник освітлений сонячними променями (виняток становлять геодезичні супутники, обладнані імпульсними джерелами світла; вони можуть спостерігатися і знаходячись в земній тіні), небо над станцією досить темне і погода сприяє спостереженням. Ці умови значно обмежують можливість оптичних

спостережень. Менш залежні від таких умов радіотехнічні методи спостережень супутників, що є основними методами спостережень супутників в період функціонування встановлених на них спеціальних радіосистем. Такі спостереження полягають в прийомі і аналізі радіосигналів, які або генеруються бортовими радіопередавачами супутника, або посилаються із Землі і ретранслюються супутником. Порівняння фаз сигналів, що приймаються на декількох (мінімально три) рознесених антенах, дозволяє визначити положення супутника на небесній сфері.

Науково-дослідницькі супутники. Апаратура, що встановлюється на борту супутника, а також спостереження супутника з наземних станцій дозволяють проводити всілякі геофізичні, астрономічні, геодезичні і ін. дослідження. Орбіти таких супутників всілякі — від на висоті 200—300 км. майже кругів до витягнутих еліптичних з висотою апогею до 500 тис. км. До науково-дослідницьких супутників відносяться перші радянські супутники, радянські супутники серій *«Електрон»*, *«Протон»*, *«Космос»*, американські супутники серій *«Авангард»*, *«Експлорер»*, *«ОГО»*, *«ОСО»*, *«ВАТ»* (орбітальні геофізичні, сонячні, астрономічні обсерваторії); англійський супутник *«Аріель»*, французький супутник *«Діадем»* і ін. Науково-дослідницькі супутники складають близько половини всіх запускених супутників.

З допомогою наукових приладів, встановлених на супутник, вивчаються нейтроний і іонний склад верхньої атмосфери, її тиск і температура, а також зміни цих параметрів. Концентрація електронів в іоносфері і її варіації досліджуються як за допомогою бортової апаратури, так і за спостереженнями проходження крізь іоносферу радіосигналів бортових радіомаяків. За допомогою іонозондів детально вивчені структура верхньої частини іоносфери і зміни в електронній концентрації залежно від геомагнітної широти, часу доби і тому подібне. Всі результати досліджень атмосфери, отримані з допомогою супутників, є важливим і надійним експериментальним матеріалом для розуміння механізмів атмосферних

процесів і для вирішення таких практичних питань, як прогноз радіозв'язку, прогноз стану верхньої атмосфери і тому подібне

З допомогою супутників виявлені і досліджуються радіаційні пояси Землі. Поряд з космічними зондами супутники дозволили досліджувати структуру магнітосфери Землі і характер її обтікання сонячним вітром, а також характеристики самого сонячного вітру (щільність потоку і енергію часток, величину і характер магнітного поля, що «вморожує») і ін. Недоступні для наземних спостережень випромінювання Сонця — ультрафіолетове і рентгенівське, що представляє великий інтерес з точки зору розуміння сонячно-земних зв'язків. Коштовні для наукових досліджень дані доставляють також і деякі прикладні супутники. Так, результати спостережень, що виконуються на метеорологічних супутниках, широко використовуються для різних геофізичних досліджень.

Результати спостережень супутників дають можливість з високою точністю визначати порушення орбіт супутників, зміни щільності верхньої атмосфери (у зв'язку з різними проявами сонячної активності), закони циркуляції атмосфери, структуру гравітаційного поля Землі і ін. Спеціально організовані позиційні і далекомірні синхронні спостереження супутників (одночасно з декількох станцій) методами супутниковій геодезії дозволяють здійснювати геодезичну прив'язку пунктів, видалених на тисячі км. один від одного, вивчати рух материків і тому подібне

Прикладні супутники. До прикладних супутників відносять супутники, що запускаються для вирішення тих або інших технічних, господарських, військових завдань.

Супутники зв'язку служать для забезпечення телепередач, радіотелефонною, телеграфною і ін. видів зв'язку між наземними станціями, розташованими один від одного на відстанях до 10—15 тис. км. . Бортова радіоапаратура таких супутник приймає сигнали наземних радіостанцій, підсилює їх і ретранслює на інші наземні радіостанції. Супутники зв'язку виводяться на високі орбіти (до 40 тис. км.).

Метеорологічні супутники призначені для регулярної передачі на наземні станції телевізійних зображень хмарного, снігового і льодового покривів Землі, відомостей про теплове випромінювання земної поверхні і хмар і тому подібні супутники цього типу запускаються на орбіти, близькі до кругів, з висотою від 500—600 км. до 1200—1500 км. ; смуга огляду з них досягає 2—3 тис. км. .

Виключно перспективними з точки зору вживання в народному господарстві є супутники для дослідження природних ресурсів Землі. Поряд з метеорологічними, океанографічними і гідрологічними спостереженнями такі супутник дозволяють отримувати оперативну інформацію, необхідну для геології, сільського господарства, рибного промислу, лісового господарства, контролю забруднень природного середовища. Результати, отримані з допомогою супутників і пілотованих космічних кораблів, з одного боку, і контрольні виміри з балонів і літаків — з іншою, показують перспективність розвитку цього напрямку досліджень.

Навігаційні супутники, функціонування яких підтримується спеціальною наземною системою забезпечення, служать для навігації морських кораблів, у тому числі підводних. Корабель, приймаючи радіосигнали і визначаючи своє положення відносно супутник, координати якого на орбіті в кожен момент відомі з високою точністю, встановлює своє місце розташування. Прикладом навігаційних супутник є американські супутники «Транзит», «Навсат».

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [3] ст. 87- 94, [9].

Запитання для самоконтролю:

1. Чому супутники, обертаючись навколо Землі під дією сили тяжіння, не падають на Землю?
2. Що необхідно зробити з фізичним тілом, щоб воно перетворилося на штучний супутник Землі?

3. Як рухається супутник, що має першу космічну швидкість? другу космічну швидкість?

4. Чи залежить перша космічна швидкість від характеристик тіла? Який з цього можна зробити висновок?

5. Як запускають штучні супутники?

6. Наведіть приклади (з астрономії), доводять, що при відсутності сил опору тіло може необмежено довго рухатися по замкнутій траєкторії під дією сили, яка змінює напрям швидкості руху цього тіла.

7. Чи можна вважати обертання супутника навколо Землі вільним падінням?

8. Для чого використовують спутники?

9. Як називавсь перший штучний супутник Землі?

10. Що впливає на рух спутників по орбіті?

11. Яка сила надає супутнику доцентрового прискорення під час його руху навколо Землі?

12. Як має бути спрямована швидкість тіла в момент його виходу на орбіту, щоб воно стало штучним супутником Землі?

Виконайте завдання:

1. Чи може супутник обертатися навколо Землі коловою орбітою зі швидкістю 1 км/с? За якої умови це можливо?

2. Чи може супутник обертатися навколо Землі коловою орбітою, здійснюючи 30 обертів на добу?

3. Оцініть масу Сонця, коли відстань між Сонцем і Землею дорівнює 150 млн. км. Земля рухається навколо Сонця зі швидкістю 30 км/с.

4. На якій висоті над поверхнею Землі сила тяжіння зменшується на 10 %?

Розділ I. МЕХАНІКА

Тема 2

Внесок українських вчених у розвиток космонавтики

Короткі теоретичні відомості

Кондратюк Юрій Васильович (Олександр Гнатович Шаргей)



Один з піонерів розробки основ космонавтики. Механік і винахідник, автор досліджень можливості ракетного польоту у світовий простір, автор оригінальних ідей у рішенні проблем міжпланетних подорожей. Існує версія, що він прожив усе життя під чужим ім'ям.

Справжнє його ім'я – Олександр Ігнатійович Шаргей і народився він не в Сибіру, а на Україні, у Полтаві. У 1916 р. Кондратюк-Шаргей був покликаний на військову службу.

Після революції 1917 р. його мобілізували в білу армію, де він і служив якийсь час. Ще в 1919 р. розглянув **основні питання космонавтики**, виклавши їх у творі "Тим, хто буде читати, щоб будувати". Він запропонував використовувати як паливо космічних ракет водневі з'єднання деяких металів і металоїдів, зокрема – бороводород.

Пізніше, побоюючись репресій з боку Радянської влади, він змінив свої паспортні дані. Це загадкова людина, сибіряком його називали тільки тому,

що саме в центрі Сибіру (у Новосибірську) у 1929 р. вийшов у світ твір за назвою "Завоювання міжпланетних просторів". У ній вивів, незалежно від Ціолковського, **формулу польоту ракети**.

На його роботи звернув увагу професор В. П. Ветчинкін (1888-1950). У червні 1931 р. засуджений, направлений на роботу в проектно-конструкторське бюро.

Із середини 1930-х років працював у московських проектно-конструкторських організаціях, зіграв помітну роль у елеваторобудуванні й інших областях техніки. Загинув під Калугою. Реабілітований у 1970 р.

Корольов Сергій Павлович

30.12. 1906 (12.01. 1907) – 14.01. 1966.

Закінчив МВТУ ім. М. Баумана, його дипломним проектом керував А. Н. Туполев. Член-кореспондент АН СРСР по Відділенню технічних наук (механіка) (23.10. 1953). Академік АН СРСР по тому ж відділенню (20.06. 1958). Видатний вчений і конструктор, що вніс визначальний внесок у розвиток ракетно-космічної техніки.



З ранніх років цікавився авіацією, ще в період навчання у вузі почав працювати в області ракетобудування. Арештований з безпідставних обвинуваченнях у тім, що розробки ракетної техніки велися нібито без

достатніх теоретичних основ, що допустив шкідництво при створенні ракети "212", Військовою колегією Верховного Суду засуджений до 10 років табірних робіт з поразкою в правах і конфіскацією майна (27.09. 38).

У 1939 р. направлений у район Магадана на золоті копальні, де його помітив (раніше знайомий) колишній директор авіазаводу № 156 М. А. Усачев (що відбував 15 років таборів після загибелі В. Чкалова), скориставшись особистим авторитетом серед ув'язнених, Усачев врятував його від загибелі (на початку 1960-х рр. Усачев працював заступником головного інженера в КБ Корольова).

На початку березня 1940 р. його справа знову була направлена на дослідження, але був підготовлений повторний помилковий обвинувальний експертний висновок комісії постановою Особливої наради НКВД був присуджений до 8 років виправно-трудоих таборів (10.07. 1940). Клопотання депутатів про його звільнення залишені без задоволення. З обвинувальних висновків експертної комісії довідався про успішний іспит у квітні 1940 р. ракетопланів, над якими працював з 1935 р. Написав лист Сталіну, у якому обґрунтував важливе значення робіт, що проводилися їм, по ракетних літаках і своїй невинності.

По клопотанню Туполева, йому дозволили працювати в Особливому технічному бюро НКВД (начальник – А. Н. Туполев), у цьому ж КБ (згодом ЦКБ-29 НКВД працювали сотні інших висококваліфікованих інженерів. Після евакуації в Омськ працював конструктором і заступником начальника цеху авіабудівельного заводу. У 1942 р. переведений у Казань на завод №16 для роботи в спеціальному КБ (яким керував також знаходившийся у ув'язненні В. П. Глушко) над проектом реактивного літака. Один і розроблювачів двигуна для літака Ла-7Р. Ознайомлений з указом про звільнення з ув'язнення (9.8. 1944), у 1945 р. спрямований у Німеччину для вивчення досвіду робіт ракет Брауна.

Один із творців ракети Р1, з якої почалася післявоєнна історія радянської ракетної техніки. У січні 1955 р. завершив випробування ракети

Р5М – стратегічної, здатної нести ядерний заряд. У 1950-і рр. звернувся в головну військову прокуратуру з проханням про перегляд його справи. Забезпечив перший запуск Р7, а потім і досягнення успішного результату вже на четвертому запуску.

Його ракета Р7 ("сімка") вивела перший ШСЗ і корабель з першим у світі космонавтом Ю. А. Гагаріним. Розробив нову могутню ракету-носій Н1, літні випробування якої почалися вже без нього, однак незабаром програма створення цієї ракети була припинена. Визнаний гідним безлічі державних нагород і премій. 20 квітня 1956 р. у Кремлі йому була вручена перша Золота Зірок Героя Соціалістичної Праці.

Сергій Павлович Корольов - видатний конструктор і вчений, що працював в галузі **ракетної і ракетно-космічної техніки**. Двічі Герой Соціалістичної Праці, лауреат Ленінської премії, академік Академії наук СРСР, він є творцем вітчизняної стратегічної ракетної зброї середньої і міжконтинентальної дальності й основоположником практичної космонавтики.

Його конструкторські розробки в області ракетної техніки представляють виняткову цінність для розвитку вітчизняного ракетного озброєння, а в області космонавтики мають світове значення.

Україна і сьогодні залишається космічною державою. Яскравий доказ цьому – наявність українського космонавта Каденюка.

Каденюк Леонід Костянтинович

Народився 28.01. 1951 р. у с. Клишковці (Хотинського р-ну Чернівецької обл., Україна). Закінчив Чернігівське ВВАУЛ (1971) і МАІ за фахом "інженер-механік" (1988). Генерал-майор ВВС України (1998). Служив у ВВС. Проходив підготовку до космічних польотів у ЦПК ВВС і ГКНДІ (1976), потім (після розвалу СРСР) готувався до польоту в Космічному центрі ім. Джонсона в США як фахівець з корисного навантаження.



Здійснив космічний політ на МТКК "Колумбія" за програмою STS-87 (19.11 – 5.12. 1997). Під час польоту виконував біологічні експерименти з рослинами та експерименти Інституту системних досліджень за тематикою "Людина і стан невагомості". Після вибуття з загону космонавтів (1983) на керівних посадах в Україні. Перший космонавт незалежної України. Герой України. Заслужений майстер спорту України.

Україна продовжує займатися авіа-космонавтикою на вищому рівні. Співпрацює з провідними країнами світу у вивченні та покоренні космічного простору.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [3] ст. 65- 75, [10].

Запитання для самоконтролю:

1. Справжнє ім'я Кондратюка Юрія Васильовича?
2. Які українські вчені посприяли розвитку космонавтики?
3. Хто був першим космонавтом незалежної України?

Виконайте завдання:

1. Зоря Вега розташована на відстані 26,4 св. року від Землі. Скільки років летіла б до неї ракета з постійною швидкістю 30 км/с?
2. Чи можуть космонавти з поверхні Місяця неозброєним оком побачити Чорне море?
3. На поверхні якої планети земної групи вага космонавтів буде найменшою?
4. На орбітальній станції космонавти вирішили зустріти Новий рік вечерею при свічках. Скільки часу буде горіти на станції свічка, якщо на Землі вона згоряє за 3 години?
5. Під час будівництва обсерваторії на Місяці в спекотний місячний полудень роззява-космонавт розлив на залізній поверхні відро білил. Через деякий час виявилось, що не тільки працювати, але й просто стояти на ній неможливо. Чому? До речі, чому доцільно побудувати обсерваторію на Місяці?

Розділ I. МЕХАНІКА

Тема 3

Реактивний рух. Будова та принцип дії реактивних двигунів

Короткі теоретичні відомості

Реактивний рух — рух, що виникає за рахунок відкидання частини маси тіла із певною швидкістю.

За законом збереження імпульсу, при відокремленні від тіла масою M маси m із швидкістю v , тіло набуває швидкості V , яку можна розрахувати за формулою

$$(M - m)V + mv = 0,$$

а, отже,

$$V = -\frac{mv}{M - m}$$

Швидкість V направлена у напрямку, протилежному руху відкинутого тіла. Вона тим більша, чим більша маса відкинутого тіла та його швидкість.

В реальних випадках реактивний рух виникає за рахунок сталого викидання газів, які утворюються при спалюванні палива. При цьому маса тіла змінюється неперервно. Спалювання забезпечує високу швидкість витоку газу.

У загальному випадку, коли від тіла безперервно відділяється і приєднується певна маса, реактивний рух описується рівнянням Мещерського.

Реактивний рух застосовується в реактивному двигуні, одному з найпоширеніших типів двигунів літальних апаратів. Реактивний двигун є варіантом газової турбіни. Повітря, проходячи крізь приймач спереду, стискується компресором або гвинтом і подається у камеру згоряння. Впорскується і згорає паливо (зазвичай, гас). Гарячий газ розширюється і обертає турбіну, яка керує компресором; і виходить із сопла з дуже великою швидкістю, що викликає відбій, і літальний апарат рухається вперед.

В основі сучасних потужних реактивних двигунів різних типів лежить принцип прямої реакції, тобто принцип створення рушійної сили (або тяги) у вигляді реакції (віддачі) струменя впливає з двигуна «робочого речовини», зазвичай — розпечених газів.

У всіх двигунах існує два процеси перетворення енергії. Спочатку хімічна енергія палива перетворюється в теплову енергію продуктів згоряння, а потім теплова енергія використовується для здійснення механічної роботи. До таких двигунів відносяться поршневі двигуни автомобілів, тепловозів, парові та газові турбіни електростанцій і т.д.

Розглянемо цей процес стосовно до реактивних двигунів. Почнемо з камери згоряння двигуна, в якому тим або іншим способом, що залежить від типу двигуна і роду палива, вже створена горюча суміш. Це може бути, наприклад, суміш повітря з гасом, як в турбореактивному двигуні сучасного реактивного літака, або ж суміш рідкого кисню зі спиртом, як у деяких рідинних ракетних двигунах, або, нарешті, якесь тверде паливо порохових ракет. Горюча суміш може згорати, тобто вступати в хімічну реакцію з бурхливим виділенням енергії у вигляді тепла. Здатність виділяти енергію при хімічній реакції, і є потенційна хімічна енергія молекул суміші. Хімічна енергія молекул пов'язана з особливостями їх будови, точніше, будови їх електронних оболонок, тобто того електронного хмари, що оточує ядра атомів, що утворюють молекулу. В результаті хімічної реакції, при якій одні молекули руйнуються, а інші виникають, відбувається, природно, перебудова електронних оболонок. У цій перебудові — джерело виділяється хімічної енергії. Видно, що паливами реактивних двигунів можуть служити лише такі речовини, які при хімічній реакції в двигуні (згорянні) виділяють досить багато тепла, а також утворюють при цьому велика кількість газів. Всі ці процеси відбуваються в камері згоряння, але зупинимось на реакції не на молекулярному рівні (це вже розглянули вище), а на «фазах» роботи. Поки згоряння не почалося, суміш володіє великим запасом потенційної хімічної енергії. Але ось полум'я охопило суміш, ще мить — і хімічна реакція

закінчена. Тепер уже замість молекул горючої суміші камеру заповнюють молекули продуктів горіння, більш щільно «запаковані». Надлишок енергії зв'язку, що представляє собою хімічну енергію минулому реакції згорання, що виділився. Володіють цією надлишковою енергією молекули майже миттєво передали її іншим молекулам і атомам в результаті частих зіткнень з ними. Всі молекули і атоми в камері згорання стали безладно, хаотично рухатися зі значно більш високою швидкістю, температура газів зросла. Так відбувся перехід потенційної хімічної енергії палива в теплову енергію продуктів згорання.

Після того, як в тепловому двигуні утворилися гарячі гази, що містять у собі велику теплову енергію, ця енергія повинна бути перетворена в механічну. Адже двигуни для того і є, щоб здійснювати механічну роботу, щось «рухати», приводити в дію, все одно, чи то динамо-машина на прохання доповнити малюнками електростанції, тепловоз, автомобіль чи літак.

Щоб теплова енергія газів перейшла в механічну, їх обсяг повинен зрости. При такому розширенні гази і здійснюють роботу, на яку витрачається їх внутрішня і теплова енергія.

Розширюються гази, звичайно, і в реактивному двигуні, адже без цього вони не роблять роботи. Але робота розширення в тому разі не витрачається на обертання вала. Пов'язаного з приводним механізмом, як в інших теплових двигунах. Призначення реактивного двигуна інше — створювати реактивну тягу, а для цього необхідно, щоб з двигуна витікала назовні з великою швидкістю, струмінь газів — продуктів згорання: сила реакції цієї струменя і є тяга двигуна. Отже, робота розширення газоподібних продуктів згорання палива в двигуні повинна бути витрачена на розгін самих же газів. Це означає, що теплова енергія газів в реактивному двигуні повинна бути перетворена в їх кінетичну енергію — безладне хаотичне тепловий рух молекул має замінитися організованим їх течією в одному, загальному для всіх напрямку.

Для цієї мети служить одна з найважливіших частин двигуна, так зване реактивне сопло. До якого б не все там правда типу не належав той чи інший реактивний двигун, він обов'язково забезпечений соплом, через яке з двигуна назовні з величезною швидкістю випливають розпечені гази — продукти згорання палива в двигуні. В одних двигунах гази потрапляють в сопло відразу ж після камери згорання, наприклад, у ракетних або прямоточних двигунах. В інших, турбореактивних, — гази спочатку проходять через турбіну, якій віддають частину своєї теплової енергії. Вона витрачає в цьому випадку для приведення в рух компресора, службовця для стиснення повітря перед камерою згорання. Але, так чи інакше, сопло є останньою частиною двигуна — через нього течуть гази, перед тим як покинути двигун.

Реактивне сопло може мати різні форми, і, тим більше, різну конструкцію в залежності від типу двигуна. Головне полягає в тій швидкості, з якою гази витікають з двигуна. Якщо ця швидкість витікання не перевершує швидкості, з якої випливають газах поширюються звукові хвилі, то сопло являє собою простий циліндричний або звужує відрізок труби. Якщо ж швидкість витікання повинна перевершувати швидкість звуку, то сопла надається форма розширюється труби або ж спочатку звужується, а за тим розширюється (сопло Лавля). Тільки в трубі такої форми, як показує теорія і досвід, можна розігнати газ до надзвукових швидкостей, переступити через «звуковий бар'єр».

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [2] ст. 30- 48, [7] ст. 102-110.

Запитання для самоконтролю:

1. Базуючись на законі збереження імпульсу, поясніть, чому повітряна кулька рухається протилежно струмені виходить з нього стисненого повітря.
2. Наведіть приклади реактивного руху тіл.

3. Яке призначення ракет?
4. Розкажіть про будову і принцип дії ракети.
5. Від чого залежить швидкість ракети?
6. В чому полягає перевага багатоступневих ракет перед одноступінчастими?
7. Як здійснюється посадка космічного корабля?
8. Чи зможе привести в рух човен на вітрилах повітродувка, що знаходиться на човні, якщо потік повітря від неї спрямувати на вітрила?
9. Коли ракета досягає більшої висоти: при повільному згорянні палива чи тоді, коли воно згоряє майже відразу?
10. Як космонавтові, що вийшов у відкритий космос, повернутися в космічний корабель без сторонньої допомоги?

Виконайте завдання:

1. Від третього ступеня ракети-носія, яка рухається по орбіті навколо Землі із швидкістю 8 км/с, відділилась головна частина масою 200 кг. Як змінилась швидкість ракети-носія, якщо швидкість головної частини збільшилась на 5 км/с. Маса ракети-носія без головної частини 1 т.
2. Перша у світі ракета А.Д.Засядька мала масу 2 кг (без порохового заряду). При старті з ракети викидалася маса 200 г порохів газів з швидкістю 600 м/с. На якій відстані від місця старту впаде така ракета, якщо вона випущена під кутом 45° до горизонту?

Розділ I. МЕХАНІКА

Тема 4

Деформація тіл. Сила пружності. Механічна напруга.

Короткі теоретичні відомості

Сили пружності — це сили, які виникають при деформації тіла і перешкоджають цій деформації.

Сили пружності спрямовані перпендикулярно до поверхні деформованого тіла — наприклад, нормальна реакція опори (сила пружності підставки), або вздовж нитки (рис. 1, а, б).

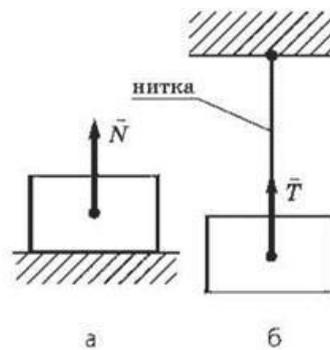


Рис. 1

Деформацією твердого тіла називають зміну форми та об'єму тіла під зовнішнім впливом.

Розрізняють пружну і пластичну деформації.

Пружна деформація повністю зникає після припинення дії зовнішніх сил.

Пластична деформація не зникає після припинення дії зовнішніх сил.

У випадку пружної деформації модуль сили пружності визначається за законом Гука: сила пружності при пружній деформації прямо пропорційна абсолютному подовженню тіла і протилежно до нього напрямлена (рис. 2):

$$F_{\text{пруж } x} = -kx, [x] = \text{м}, [k] = \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

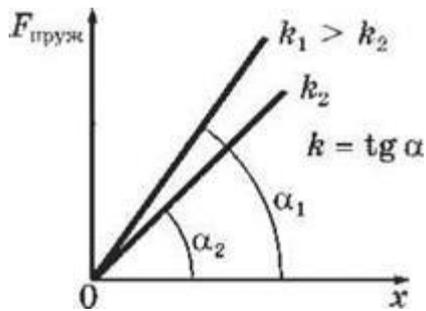


Рис. 2

Абсолютне подовження тіла (x) визначається різницею кінцевої і початкової довжин тіла:

$$x = l - l_0 = \Delta l.$$

В законі Гука k — коефіцієнт пружності, або жорсткості, залежить від геометричних розмірів тіла (S, l_0) та виду речовини (E) (S — площа поперечного перерізу, l_0 — початкова довжина тіла, E — модуль пружності, або модуль Юнга):

$$k = \frac{SE}{l_0},$$

$$[S] = \text{м}^2, [l_0] = \text{м}, [E] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Одиниця жорсткості — ньютон на метр:

Модуль Юнга (модуль пружності) чисельно дорівнює механічній напрузі, яка виникає в тілі при подовженні тіла на величину початкової його довжини ($l = 2l_0$).

Модуль Юнга характеризує опірність матеріалу пружної деформації розтягу або стиску.

Види пружної деформації

1. Деформація розтягу або стиску.

Закон Гука в цьому випадку має вигляд: механічна напруга (σ) при пружній деформації прямо пропорційна відносному подовженню тіла (ϵ) (рис. 3):

$$\sigma = E \cdot |\epsilon|.$$

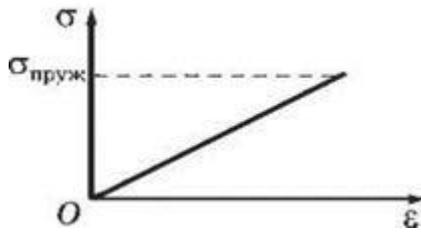


Рис. 3

Максимальна напруга, за якої ще виконується закон Гука, називається межею пропорційності (σ_n).

Відносне подовження тіла (ϵ) — це величина, яка дорівнює відношенню абсолютного подовження (Δl) тіла до його початкової довжини (l_0):

$$\frac{|\Delta l|}{l_0} = |\epsilon|.$$

Механічна напруга (σ) — це відношення модуля сили пружності ($F_{\text{пр}}$) до площі поперечного перерізу (S) тіла (рис. 4):

$$\sigma = \frac{F_{\text{пруж}}}{S}, \quad [\sigma] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

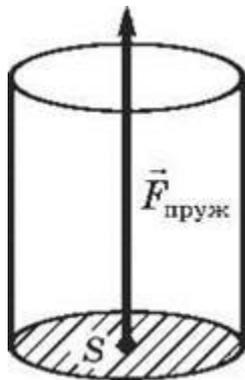


Рис. 4

2. Деформація вигину та кручення (рис. 5, а).
3. Деформація зсуву (рис. 5, б).

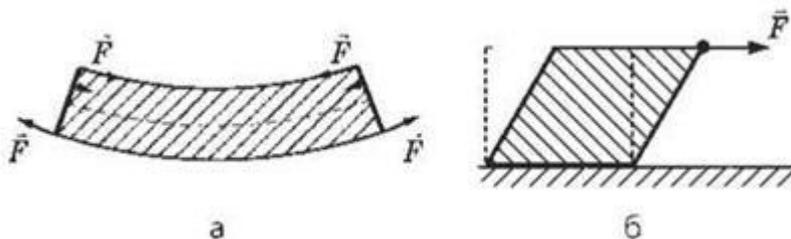


Рис. 5

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [3] ст. 64- 75, [7] ст. 68-72.

Запитання для самоконтролю:

1. Що характеризує сила?
2. Які сили ви знаєте?
3. Які сили ви знаєте?
4. Як називається прилад для вимірювання сили?
5. Від чого залежить значення сили?
6. Яка сила втримує тіла на поверхні землі?
7. Коли виникає деформація тіла?
8. Чому виникає сила пружності?
9. Що таке сила натягу?
10. Що таке сила нормальної реакції?
11. Чому під час будівництва треба звертати увагу на межу із запас міцності матеріалів?
12. Що таке механічна напруга?

Виконайте завдання:

1. З вертольота, що завис на певній висоті над поверхнею Землі, опускається сталевий трос. Якою може бути довжина троса, щоб він не обірвався під власною вагою? Максимальна механічна напруга, яку може витримати сталь, становить 320МПа.
2. Під дією якої сили пружина жорсткістю 1500 Н/м укоротилася на 5 см?
3. До пружини довжиною 8 см підвісили вантаж масою 100 г. Довжина пружини стала 12 см. Якої маси вантаж необхідно підвісити до пружини, щоб її довжина стала 9 см?

Розділ II. Молекулярна фізика і термодинаміка

Тема 1

Швидкість молекул ідеального газу.

Пароутворення і конденсація. Насичена і ненасичена пара

Короткі теоретичні відомості

Пароутворення — це процес переходу рідини з рідкого стану в газоподібний. Зворотний процес називається конденсацією.

Випаровування — це пароутворення з вільної поверхні рідини.

- 1) Випаровування відбувається за будь-якої температури.
- 2) Під час випаровування температура рідини знижується.
- 3) Швидкість випаровування залежить від температури рідини; роду рідини; площі вільної поверхні рідини; наявності вітру над рідиною.

Якщо число молекул, що вилітають з рідини під час випаровування, перевищує число молекул, що повертаються, то така пара називається ненасиченою.

Тиск ненасиченої пари залежить від його об'єму та температури. Зі зростанням температури тиск насиченої пари збільшується, як і за зменшення об'єму.

Якщо ж ізотермічно зменшувати об'єм ненасиченої пари, то тиск і густина пари будуть зростати і, врешті-решт, досягнуть максимальної величини. При цьому кількість молекул, які покидають пару протягом деякого інтервалу часу, дорівнюватиме кількості молекул, які за цей час повертаються в рідину. Тобто між рідиною і парою встановиться динамічна рівновага.

Насиченою називається пара, яка перебуває в стані динамічної рівноваги зі своєю рідиною.

Тиск, густина і концентрація насиченої пари є максимальними за даної температури і не залежать від об'єму. У разі спроби зменшити об'єм

насиченої пари «зайві» молекули перейдуть в рідину, тобто частина пари сконденсується, а тиск, густина і концентрація решти насиченої пари не змінюються. Відповідно закони ідеального газу до насиченої пари застосовувати неможливо.

Змінити тиск насиченої пари можна, змінивши її температуру. Під час нагрівання збільшується кінетична енергія молекул пари, підсилюються удари об стінки посудини, що призводить до збільшення тиску. При цьому порушується динамічна рівновага між рідиною й парою, бо кількість молекул, які покидають рідину, перевищуватиме кількість молекул, які в неї повертаються.

Температура, за якої ненасичена водяна пара стає насиченою, називається точкою роси.

Кипіння — це пароутворення не тільки з вільної поверхні рідини, а й із середини рідини, яке відбувається за певної для даної рідини температури.

У рідині завжди є розчинене, або поглинуте рідиною, повітря. Під час нагрівання рідини це повітря розширюється, збираючись у бульбашки, які спочатку виникають на стінках чи дні посудини. У бульбашках міститься насичена пара, тиск якої за даної температури є максимальним і зростає з її підвищенням. Стінки бульбашок розтягаються, доки під дією виштовхувальної сили, що збільшується разом зі зростанням об'єму, бульбашки не відриваються від дна чи стінок і не піднімаються вгору. Потрапивши у верхні шари рідини, де тиск стовпа рідини на бульбашки менший, ніж внизу, останні будуть ще збільшуватися в об'ємі. Під дією виштовхувальної сили бульбашки досягають поверхні, де атмосферний тиск повітря значно менший за тиск пари в бульбашках, тому вони почнуть лопатись. Але якщо рідина ще не нагрілася до кипіння, то в бульбашку, що лопається, проникає холодне атмосферне повітря, в ній конденсується насичена пара, і бульбашка різко закривається. Він припиняється в момент початку кипіння рідини. Досягнувши температури кипіння рідини, тиск насиченої пари в бульбашках настільки збільшується, що коли вони

лопаються через великий тиск гарячої пари, холодна не встигає проникати всередину них і пара йде в атмосферу. Це і є процес кипіння.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [5] ст. 37- 44, [7] ст. 149-151.

Запитання для самоконтролю:

1. Чим реальні гази відрізняються від ідеальних?
2. Які фізичні властивості мають гази?
3. Що можна сказати про будову газів, рух та взаємодію в них?
4. Наведіть приклади де в природі, побуті, техніці спостерігається перетворення рідин в гази та газів у рідини.
5. Наскільки важливим, на ваш погляд, є вивчення цих явищ?
6. Поясніть, чому швидкість випаровування залежить від температури рідини. Наведіть приклади.
7. Наведіть приклади на підтвердження того, що різні речовини випаровуються з різною швидкістю.
8. Наведіть приклади на підтвердження того, що рідина випаровується швидше з поверхні рідини більшої площини.
9. Поясніть, чому швидкість випаровування залежить від наявності вітру над рідиною. Наведіть приклади.

Виконайте завдання:

1. Який тиск на стінки посудини створював би ідеальний газ, концентрація молекул якого $1 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$, якщо їх середньоквадратична швидкість 1 км/с і маса молекули $3 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$?
2. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу, густина якого при тиску $p = 50 \text{ кПа}$ становить $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$.
3. Густина газу в балоні газонаповненої електричної лампочки $\rho = 0,9 \text{ кг/м}^3$. Коли лампочка світиться, тиск газу в ній зростає з $p_1 = 8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ до $p_2 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. На скільки збільшиться при цьому середня квадратична швидкість молекул газу?

Розділ II. Молекулярна фізика і термодинаміка

Тема 2

Властивості рідин. Поверхневий натяг. Змочування.

Капілярні явища

Короткі теоретичні відомості

Змочування – явище, що виникає при контакті рідини з поверхнею твердого тіла, в результаті якого вільна поверхня рідини скривлюється. Так, крапля води розтікається на склі (рис. 6.5, а), тоді як ртуть на тій же поверхні утворює сплюснуту краплю (рис. 6.5, б). У першому випадку говорять, що рідина змочує тверду поверхню, в другому – не змочує її. Змочування залежить від характеру сил, що діють між молекулами поверхневих шарів приведених до контакту середовищ. Явище змочування характеризує краєвий кут θ – кут між дотичними до поверхні рідини і твердого тіла.

Рідина змочує тверде тіло, якщо крайовий кут гострий (див. рис. 6.5, а): Вода змочує скло. Сили тяжіння між молекулами рідини і твердого тіла тут більші, ніж між молекулами самої рідини, і рідина прагне збільшити поверхню контакту з твердим тілом.

Рідина не змочує тверде тіло, якщо крайовий кут тупий.

Ртуть не змочує скло. Сили тяжіння між молекулами рідини і твердого тіла в цьому разі менші, ніж між молекулами рідини, і рідина прагне зібратися в кулю.

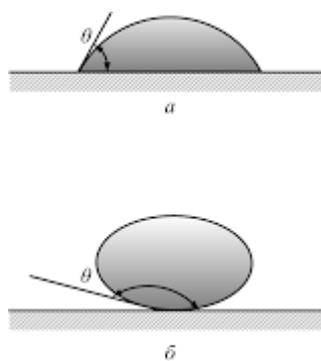


Рис. 6.5

При $\theta = 0$ має місце повне змочування: рідина розтікається по поверхні твердого тіла, покриваючи його тонкою плівкою. При $\theta = \pi$ має місце повне незмочування: рідина стягується в кульову краплю, маючи лише одну точку дотику. Звичайно, обидва випадки – дещо ідеалізовані, бо фізично неможливі нескінченно тонкі плівки і контакт двох тіл розміром з математичну, нескінченно малу точку. Але дуже близькими до наведених визначень можна вважати реальні приклади, такі як, відповідно, гас на поверхні скла і крапля води на поверхні парафіну. Неідеальністю наведених прикладів можна знехтувати.

Змочування і незмочування – поняття відносні: рідина, що змочує одну тверду поверхню, не змочує іншу. Наприклад, вода змочує скло, але не змочує парафін, ртуть не змочує скло, але змочує чисті поверхні металів.

На явищі змочування ґрунтується, наприклад, метод збагачення, флотації руди, – відокремлення руди від порожньої породи. Дрібно роздроблену руду збовтують в рідині, яка змочує порожню породу і що не змочує руду. Через цю суміш продувається повітря, а потім вона відстоюється. При цьому змочені рідиною частинки породи опускаються на дно, а крупинки мінералів «прилипають» до бульбашок повітря і спливають на поверхню рідини.

Якщо помістити один кінець вузької трубки (капіляр) у широку посудину, наповнену рідиною, то внаслідок змочування або незмочування рідиною стінок капіляра кривизна поверхні рідини в капілярі стає значною. Якщо рідина змочує матеріал капіляра, то всередині його поверхня рідини – меніск – має увігнуту форму (рис. 6.6, а), а рівень рідини всередині капіляра вище відкритої поверхні. Якщо рідина не змочує матеріал капіляра, то меніск має опуклу форму (рис. 6.6, б) а рівень рідини всередині капіляра нижче відкритої поверхні.

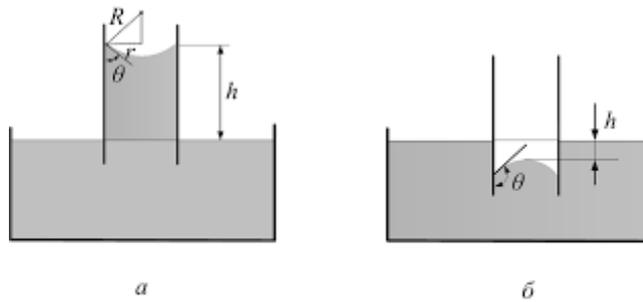


Рис. 6.6

Під увігнутою поверхнею рідини з'явиться негативний надмірний тиск, у результаті рідина в капілярі піднімається, оскільки під плоскою поверхнею рідини в широкій посудині надмірного тиску немає. Якщо рідина не змочує стінки капіляра, то позитивний надмірний тиск приведе до опускання рідини в капілярі. Явища зміни висоти рівня рідини в капілярах називають капілярними явищами.

Рідина в капілярі піднімається або опускається на таку висоту h , при якій тиск стовпа рідини (гідростатичний тиск) ρgh врівноважується

надмірним тиском $\Delta\pi$ $\Delta\pi = \rho gh$.

Надмірний тиск створюється силами поверхневого натягу:

$$\Delta\pi = \frac{F}{S} = \frac{\alpha \cdot 2\pi \cdot \cos\theta}{\pi r^2} = \frac{2\alpha \cdot \cos\theta}{r},$$

r – радіус капіляра, а косінус з'являється тому, що маємо спроектувати силу на вертикальну вісь. Отже висота підйому рідини (опускання в разі від'ємних значень) в капілярі може бути обчислена за формулою

$$h = \frac{2\alpha \cos\theta}{\rho gr}.$$

З цієї формули виходить, що висота підйому стовпа рідини в капілярі визначається як властивостями рідини, так і радіусом r капіляра. Капілярні явища відіграють велику роль у природі й техніці. Наприклад, вологообмін у ґрунті й рослинах здійснюється за рахунок підняття води по якнайтонших капілярах. На капілярності засновано дію гніту, вбирання вологи бетоном, тощо.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [5] ст. 50- 57, [7] ст. 157-160.

Запитання для самоконтролю:

1. Які властивості має поверхневий шар рідини?
2. Що називають поверхневим натягом?
3. Виконавши рисунок, установіть фізичний зміст поверхневого натягу як величини, пов'язаної з енергією поверхневого шару рідини.
4. Наведіть приклади дії сил поверхневого натягу.
5. Що називають коефіцієнтом поверхневого натягу? Від чого він залежить? У яких одиницях вимірюється коефіцієнт поверхневого натягу?
6. Що являє собою сила поверхневого натягу? Яка формула виражає зміст цього поняття?
7. Як зміниться сила поверхневого натягу води у разі розчинення в ній мила?
8. Якої форми набувають краплі рідини в умовах невагомості? Чому?
9. Виконавши пояснювальний рисунок, розкрийте фізичну сутність явищ змочування і незмочування.
10. Чому жирові плями на одязі не вдається змити водою?
11. Що таке крайовий кут? Яким є його значення у разі змочування?

Виконайте завдання:

1. Яку мінімальну роботу необхідно зробити, щоб крапельку води радіусом $r = 2$ мм «розбити» на вісім однакових крапель? Поверховий натяг води 72 мН/м.
2. Яку енергію необхідно витратити, щоб сферичну краплю ртуті радіусом 4 мм розділити на вісім однакових сферичних крапель зі сталою температурою? Поверхневий натяг ртуті дорівнює $0,5$ Н/м.
3. На яку висоту підніметься вода у капілярі, радіус якого дорівнює 2 мм?

Розділ II. Молекулярна фізика і термодинаміка

Тема 3

Природне і штучне утворення кристалів.

Застосування рідких кристалів у техніці

Короткі теоретичні відомості

Природні і штучні кристали

Твердими називають такі тіла, які зберігають об'єм і форму навіть під час дії на них інших тіл (сил). Причиною такої стійкості є характер руху і взаємодії молекул: вони не можуть змінювати положення своєї рівноваги, здійснюючи малі коливання і обертаючись навколо нього. Енергія і амплітуда коливань тим більша, чим вища температура тіла.

За впорядкованістю положення рівноваги тверді тіла поділяють на *кристали і аморфні тіла*.

Кристали - це тверді тіла, в яких атоми або молекули розміщені впорядковано і утворюють періодично повторювану внутрішню структуру. Можна виділити маленький об'єм (елементарну комірку), завдяки якій можна побудувати весь кристал, як будинок із цегли (рис.1). Елементарна комірка може мати форму куба, паралелепіпеда, призми тощо. Правильна геометрична форма є істотною зовнішньою ознакою будь-якого кристала в природних умовах (візерунки на вікнах під час морозу, правильні форми сніжинок, кристалів кухонної солі, гірського кришталю тощо).

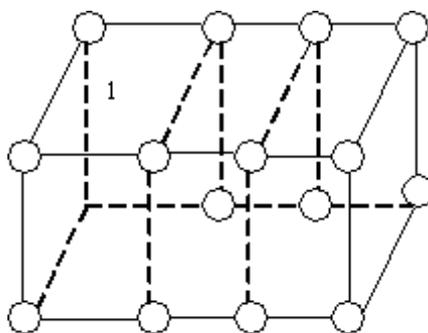


Рис. 1

Кристали однієї і тієї самої речовини можуть мати різну форму, яка залежить від умов їх утворення; вони можуть відрізнятися і кольором. Іноді весь шматок твердої речовини може становити один кристал. Такими є, наприклад, шматочки цукру в цукровому піску, шматочки солі, гірського кришталю тощо. Усе це окремі кристали, їх називають монокристаліями.

Тіло, яке складається з безлічі неупорядковано розміщених кристалів, називають **полікристалічними** або **полікристалом** ("морозні візерунки" на вікнах, цукор рафінад, метали тощо). Полікристалічні тіла, як і аморфні, є ізотропними, тобто їх фізичні властивості в усіх напрямках однакові.

Багато властивостей кристалів і передусім їх механічні та електричні властивості дуже чутливі до дефектів у кристалічних ґратках, а також наявності в них навіть мізерних кількостей домішок.

Дефекти реальних кристалів та їх структуру можна безпосередньо виявити за допомогою електронно-мікроскопічних і рентгенівських досліджень.

Кристали утворюються в природних умовах і штучно. За припущеннями вчених в природних умовах багато кристалів утворилось внаслідок охолодження рідкої речовини земної кори - магми, що є розплавом різних речовин. Багато мінералів виникли з перенасичених водних розчинів. Першим серед них слід назвати кам'яну сіль NaCl . Товщина пластів кам'яної солі, що утворилися під час випаровування води солоних озер, досягає в деяких родовищах кількох сотень метрів.

Штучні кристали можна здобути із розплаву шляхом кристалізації з розчину і газу. Останнім часом швидкими темпами розвивається технологія вирощування монокристалів всіма відомими способами на космічних орбітальних станціях. Невагомість і космічний вакуум дають можливість вирощувати монокристали небачених раніше розмірів і хімічної чистоти.

Монокристали знайшли широке застосування в сучасній фізиці і техніці. Всі напівпровідникові прилади (діоди, транзистори) є кристаліями із спеціально введеними домішками. Виникла нова галузь електроніки -

молекулярна електроніка. Монокристали є основною деталлю багатьох типів сучасних приладів, які дістали назву квантових підсилювачів і генераторів (мазерів і лазерів).

Рідкі кристали та полімери

Аморфні тіла - це тіла, фізичні властивості яких однакові у всіх напрямках. Прикладами аморфних тіл є шматки затверділої смоли, янтар, вироби із скла. Аморфні тіла ізотропні. За своєю будовою аморфні тіла нагадують дуже густі рідини (рис.2). Унаслідок підвищення температури час осілого життя молекул зменшується, через що аморфне тіло поступово м'якне. Аморфні тіла не мають температури плавлення і питомої теплоти плавлення. Вони на відміну від кристалів з підвищенням температури неперервно перетворюються в рідину.

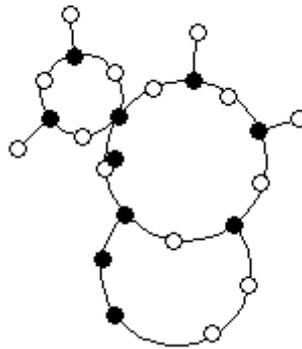


Рис. 2

Друга особливість аморфних тіл - це їх пластичність, тобто вони не мають межі пружності. Аморфний стан нестійкий: через деякий час аморфна речовина переходить в кристалічний стан. Але часто цей час буває дуже тривалим (роки і десятиріччя). До таких тіл належить скло. Будучи спочатку прозорим, протягом багатьох років воно мутніє: у ньому утворюються дрібні кристалики силікатів.

У практичній діяльності людини великого значення набули аморфні речовини, які називають **полімерами**. Це високомолекулярні сполуки. Відносна молекулярна маса полімерів може змінюватися від декількох тисяч до мільйонів. Молекули полімеру складаються із величезної кількості однакових ланок - мономерів, об'єднаних у довгі ланцюги міцними

хімічними зв'язками. До них належать такі природні речовини, як бавовна, шерсть, дерево, шкіра, натуральний шовк, каучук, ебоніт тощо. Величезну кількість полімерних матеріалів видобувають штучно: віскозний шовк, синтетичний каучук, целюфан, органічне скло, поліетилен, пластичні маси, штучні волокна, епоксидні смоли та ін. До природних полімерів належать і біополімери: білки, нуклеїнові кислоти. Із біополімерів побудовано клітини всіх живих організмів.

Полімери - основа гуми, лаків, фарб, клеїв, іонітів тощо. Завдяки введенню до полімерів домішок, можна створювати речовини з дуже цінними якостями: високою твердістю, легкістю, вогнестійкістю та ін.

Крім аморфного, відкрито ще один стан речовини з подвійною природою - і рідини, і твердого тіла - це так звані **рідкі кристали**, особливий стан деяких органічних речовин. Для них характерна плинність і вони утворюють краплі. Однак їх краплі можуть мати не кулеподібну, а видовжену форму. Молекули у краплі розміщуються порядком, не властивим звичайним рідинам і твердим тілам. Якщо в твердих кристалах спостерігається дальній порядок розміщення частинок у трьох взаємно перпендикулярних напрямках, то в рідких - за одним напрямом (одновісний дальній порядок).

Існують рідкі кристали в певному інтервалі температур, різному для різних речовин. Під час нагрівання вони перетворюються в звичайну рідину, внаслідок охолодження стають твердими кристалами.

Розрізняють три основні типи рідких кристалів: смектичні, нематичні, холестеричні. У нематичних рідких кристалах (від грец. "нема" - нитка) молекули схожі на нитки. У смектичних рідких кристалах (від грец. "смеґма" - мило) рівень впорядкованості вищий. Молекули смектика згруповані у шари. Прикладом смектика є розчин мила у воді. Коли ми миємо з милом руки, то шари молекул мила легко ковзають один відносно одного і шкіри, забираючи з неї бруд і передаючи його воді.

Властивість холестеричних рідких кристалів змінювати колір у разі зміни температури використовують у медицині (для визначення ділянок тіла з підвищеною температурою) і в техніці (для перетворення невидимого й інфрачервоного проміння від нагрітих тіл у видиме зображення).

Дотепер вивчено понад 3000 речовин, що утворюють рідкі кристали. До них належать речовини біологічного походження, наприклад, дезоксирибонуклеїнова кислота, що несе код спадкової інформації, і речовина мозку. Подальші дослідження цих речовин не тільки розширяють їх застосування в техніці, але й допоможуть проникнути в таємниці біологічних процесів.

Зараз пристрої, що засновані на основі рідких кристалів, стрімко впроваджуються в техніку відображення інформації. Почалось масове впровадження пристроїв, що містять рідкі кристали, в побут. Перспективи масового впровадження рідких кристалів в наше життя ще більш багатобразні та масштабні: від термометрів до телевізорів.

Союз мікроелектроніки і рідких кристалів виявляється надзвичайно ефективним не лише в готовому виробі, але і на стадії виготовлення інтегральних схем. Як відомо, одним з етапів виробництва мікросхем є фотолітографія, яка полягає в нанесенні на поверхню напівпровідникового матеріалу спеціальних масок, а потім у витравленні за допомогою фотографічної техніки так званих літографічних вікон. Ці вікна в результаті подальшого процесу виробництва перетворюються в елементи і з'єднання мікроелектронної схеми. Від того, наскільки малі розміри відповідних вікон, залежить число елементів схеми, які можуть бути розміщені на одиниці площі напівпровідника, а від точності і якості витравлення вікон залежить якість мікросхеми.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [5] ст. 57- 64, [7] ст. 160-166.

Запитання для самоконтролю:

1. Як утворюються кристали в природних умовах?
2. Як можна здобути штучні кристали?
3. Наведіть приклади штучних і природних полімерів.
4. Які властивості мають рідкі кристали?
5. Де застосовуються рідкі кристали в техніці?
6. В яких агрегатних станах може перебувати речовина?
7. Що називають кристалами?
2. Які види кристалів ви знаєте?
3. Що називають монокристалами? Наведіть приклади.
4. Що називають полікристалами? Наведіть приклади.
5. Що називають анізотропією?Ізотропією?
6. Що таке аморфні тіла?Наведіть приклади.
6. Що називають полімерами?
6. Які кристали називаються рідкими? Де вони використовуються?

Виконайте завдання:

1. Під час розтягування алюмінієвої дротини завдовжки 2 м у ній виникла механічна напруга 35 МПа. Визначте абсолютне і відносне видовження дротини. Модуль пружності алюмінію 70 ГПа.

2. Сталевий стрижень якого діаметра потрібно взяти, щоб у разі навантаження 25 кН розтягувальне напруження дорівнювало $6 \cdot 10^7$ Н/м²?

3. До мідного дроту площею поперечного перерізу 0,5 мм² підвішений вантаж масою 5 кг. Знайдіть механічне напруження в дроті та його відносне видовження.

Розділ III. Електродинаміка

Тема 1

Електризація тіл. Види електричних зарядів, їх взаємодія. Електричний заряд, його дискретність, елементарний заряд

Короткі теоретичні відомості

Як відомо, існує два види матерії – речовина і поле. Отже, коли існує речовина, а саме заряджені частинки чи тіла, то навколо них існує *поле електричне*. Поняття „поля” введено Майклом Фарадеєм. Згідно М.Фарадею, навколо кожного заряду існує електричне поле, що пронизує увесь оточуючий його простір. Електричне поле нерухомих зарядів називають *електростатичним*.

Коли до одного заряду підносять інший, то обидва з них зазнають дії сили, обумовленої електричним полем кожного із зарядів. Це легко виявити дослідно, якщо підвісити на невеликій відстані два легких предмети та надати їм зарядів, бо кожен із зарядів опиниться в електричному полі іншого заряду.

Електричний заряд – це властивість частинок матерії або тіл, що характеризує їхній взаємозв’язок з власним електромагнітним полем і їхню взаємодію із зовнішніми електричними полями. *Кількісно електричний заряд* визначається за силовою взаємодією тіл, які мають електричний заряд. Заряд не існує без носія, тобто без матерії. Отже, *заряд* – це одна із фундаментальних властивостей матерії.

Найменший відомий електричний заряд – це заряд електрона, який називають *елементарним зарядом*: $e \approx - 1,6 \times 10^{-19}$ Кл. До речі, при електризації тіл тертям, вони одержують заряд близько 10^{-6} Кл.

Отже, легко показати, що існує два види електричних зарядів. Наприклад, дві пластмасові лінійки потерті папером – відштовхуються; це ж саме буде у випадку електризації двох скляних чи ебонітових пластинок;

проте, наелектризовані лінійка іскляна пластинка, або скляна та ебонітова пластинки – притягуються. Тому ми і вважаємо, що однойменні заряди відштовхуються, а різнойменні – притягуються.

Американські вчені Р. Сіммер та Б. Франклін назвали ці два види зарядів: позитивними (додатніми) та негативними (від’ємними). Слід розуміти, що який заряд як назвати, було все одно. Б. Франклін запропонував заряд наелектризованої об шовк скляної палочки вважати додатнім, а заряд наелектризованого об шерсть янтарю – від’ємним. Цього припущення ми притримуємось і до цього часу.

Внаслідок електризації тіл тертям негативний заряд одного тіла точно дорівнює позитивному зарядові іншого. Це положення відому під назвою *закон збереження електричного заряду*: електричні заряди не виникають і не зникають, вони можуть лише передаватись від одного тіла до іншого, або переміщуватись всередині даного тіла. Цей закон можна сформулювати й так: *алгебраїчна сума зарядів, які виникають в будь-якому електричному процесі на всіх тілах, що беруть участь в цьому процесі завжди дорівнює нулеві*.

Оскільки, елементарний заряд $e \approx -1,6 \times 10^{-19}$ Кл, то звідси слідує, що заряд будь-якого тіла складається з цілого числа елементарних зарядів, тобто $Q = n \cdot e$, де $n = 1, 2, 3, \dots$. Таким чином кажуть, що заряд тіла квантується, тобто може приймати лише строго дискретні значення.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [1] ст. 6- 17, [2] ст. 123-131.

Запитання для самоконтролю:

1. Які взаємодії називають електромагнітними?
2. Що таке електричний заряд?
3. У чому схожість і відмінність електричного заряду і гравітаційної маси?

4. Як взаємодіють однойменні і різнойменні електричні заряди?
5. Який заряд називають елементарним? Яким є його значення?
6. У чому полягає явище електризації? Поясніть це явище з погляду електронної теорії.
7. Коли тіло буває електрично нейтральним, а коли зарядженим?
8. Чи відбудеться електризація двох тіл, що складаються з однакової речовини, під час їх дотику?
9. Сформулюйте закон збереження електричного заряду.
10. У яких випадках виконується закон збереження заряду?
11. Що визначає закон Кулона?
12. Як формують і записують закон Кулона для взаємодії зарядів у вакуумі?
13. Яка фізична величина характеризує вплив середовища на силу взаємодії між зарядами?
14. Запишіть закон Кулона для взаємодії зарядів з урахуванням середовища в системі СІ.
15. Чому дорівнює коефіцієнт пропорційності k в законі Кулона в СІ?
16. Чому дорівнює електрична стала ϵ_0 ?
17. Установіть одиницю електричного заряду в СІ, сформулюйте її означення.
18. Яке значення заряду і маси електрона?
19. Чи можна електричний заряд поділяти нескінченно?

Виконайте завдання:

1. Як зміниться сила взаємодії між двома зарядами, якщо один з них збільшити у 2 рази, а інший - зменшити у 3 рази?
2. Якій кількості електронів відповідає заряд, що дорівнює -1 Кл?
3. Електроскоп одержав заряд, що дорівнює $8 \cdot 10^{-11}$ Кл. Якому числу електронів відповідає цей заряд?

Розділ III. Електродинаміка

Тема 2

Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона

Короткі теоретичні відомості

Електричний заряд – це фізична величина, яка характеризує властивості частинок або тіл вступати в електромагнітні силові взаємодії.

Фундаментальні властивості зарядів частинок.

1. В природі існує два види електричних зарядів: додатні (позитивні) та від’ємні (негативні).

2. Заряди можуть передаватись (наприклад, під час контакту) від одного тіла до іншого. На відміну від маси електричний заряд не є невід’ємною характеристикою тіла. Одне і те ж тіло в різних умовах може мати різний електричний заряд.

3. Однойменні заряди відштовхуються, а різнойменні – притягуються. В цьому також проявляється принципова відмінність електромагнітних сил від гравітаційних. Гравітаційні сили завжди є силами притягання.

4. Одним з фундаментальних законів природи є експериментально встановлений закон збереження електричного заряду.

В ізольованій системі алгебраїчна сума зарядів всіх тіл залишається сталою:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = \text{const}$$

Закон збереження електричного заряду стверджує, що в ізольованій (замкненій) системі тіл не можуть спостерігатись явища народження або зникнення зарядів лише одного знаку.

З погляду сучасної науки носіями електричного заряду є елементарні частинки.

Всі оточуючі нас тіла складаються з атомів, які в свою чергу складаються з позитивно заряджених протонів, негативно заряджених

електронів і нейтральних частинок – нейтронів. Протони і нейтрони входять до складу атомних ядер, електрони утворюють електронні оболонки атомів. Електричні заряди протона і електрона по модулю однакові і дорівнюють елементарному заряду e :

$$e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

В нейтральному атомі число протонів в ядрі дорівнює кількості електронів в оболонці. Це число називають атомним номером. Атом такої речовини може втратити один або декілька електронів чи прийняти лишній електрон. В цих випадках нейтральний атом перетворюється в додатньо або від'ємно заряджений йон.

Заряд може передаватися від одного тіла до іншого лише порціями, які містять ціле число елементарних зарядів. Таким чином, електричний заряд тіла – дискретна величина:

$$q = \pm ne \text{ (} n = 0, 1, 2, \dots \text{)}.$$

Фізичні величини, які можуть приймати лише дискретний ряд значень, називають квантованими. Елементарний заряд e є квантом (найменшою порцією) електричного заряду. Водночас зазначмо, що в сучасній фізиці елементарних частинок передбачено існування так званих кварків - частинок з дробовим зарядом $\pm \frac{1}{3}e$ і $\pm \frac{2}{3}e$. Однак, в вільному стані кварки не спостерігаються, вони входять до складу протонів і нейтронів.

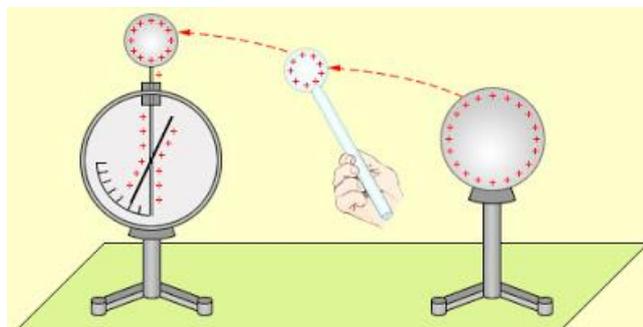


Рис 1. Перенесення заряду від зарядженого тіла на електромметр

В звичайних лабораторних дослідах для виявлення і вимірювання електричних зарядів використовують електрометр – прилад, який складається з металевого стрижня і стрілки, яка може обертатися навколо горизонтальної вісі (рис.1). Стрижень зі стрілкою ізолювані від металевого корпусу. Під час дотику зарядженого тіла зі стрижнем електрометра, електричні заряди одного знака розподіляються по стрижню та стрілці. Сили електричної взаємодії (відштовхування) зумовлюють обертання стрілки на деякий кут, за яким можна оцінити заряд, який передали стрижню електрометра. Електрометр є досить недосконалим приладом; він не дає змоги досліджувати сили взаємодії електричних зарядів.

Вперше закон взаємодії нерухомих електричних зарядів встановив англійський фізик Кавендіш, однак свої дослідження він не оприлюднив і вони стали відомі науковій громадськості після публікацій Дж. Максвелла в середині XIX сторіччя. Французький фізик Ш. Кулон (1785 г.) незалежно від Кавендіша встановив закон взаємодії електричних зарядів. В своїх дослідах Кулон вимірював сили притягання і відштовхування заряджених кульок за допомогою сконструйованого ним приладу – крутильних терезів (рис. 2), які мали надзвичайно високу чутливість. Так, наприклад, коромисло терезів поверталось на 1° під дією сили 10^{-9} Н.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [1] ст. 17- 24, [6] ст. 8-12.

Запитання для самоконтролю:

- 1 У чому подібність і відмінності електричної й гравітаційної взаємодій?
2. Чи справедливий вираз: «Точковий заряд — це заряд, розмірами якого можна знехтувати»?
3. Чи завжди можна застосувати закон Кулона?
4. Як взаємодіють між собою тіла, що мають однойменні заряди?

5. Як змінюється сила взаємодії двох точкових електричних зарядів при збільшенні відстані між ними?
6. Чи справедливим є вираз: «Під час тертя створюються заряди»? Чому?
7. Чи можна під час електризації тертям зарядити тільки одне з дотичних тіл? Відповідь обґрунтуйте.
8. Чи можна на кінцях ебонітової палички одержати одночасно два різнойменних заряди? Як це зробити?
9. Чому металевий стрижень не можна наелектризувати, якщо тримати його в руці? Яким способом це можна зробити? Чому?
10. Поясніть, чому після передачі електричному султану заряду його паперові смужки розходяться в різні сторони?
11. Як можна виявити електричне поле поблизу зарядженого тіла?
12. Чи можна пояснити електризацію тіл переміщенням атомів і молекул? Чому?

Виконайте завдання:

1. Два однакових позитивних заряди перебувають на відстані 10 мм один від одного й взаємодіють із силою, що дорівнює $7,2 \cdot 10^{-4}$ Н. Визначте заряд кожної кульки.
2. Заряди двох однакових маленьких кульок дорівнюють відповідно — 2 й 10 нКл. Кульки привели в зіткнення й розвели на попередню відстань. У скільки разів змінився модуль сили взаємодії між ними?
3. На якій відстані потрібно розташувати два точкових заряди $5 \cdot 10^{-9}$ й $6 \cdot 10^{-9}$ Кл, щоб вони відштовхувалися один від одного із силою, рівною $12 \cdot 10^{-4}$ Н?

Розділ III. Електродинаміка

Тема 3

Залежність опору від довжини, площі поперечного перерізу і матеріалу провідника

Короткі теоретичні відомості

Сила струму в провіднику залежить не тільки від напруги на його кінцях, але й від властивостей самого провідника. Чим більший опір має провідник, тим менша в ньому сила струму за тієї самої напруги на кінцях провідника. Саме тому величина V одержала таку назву. Провідник, який має опір, створює протидію напрямленому руху зарядів у ньому, і при цьому частина електричної енергії перетворюється на внутрішню енергію провідника — аналогічно тому, як сила опору в механіці протидіє механічному рухові тіл і при цьому частина механічної енергії перетворюється на внутрішню.

Електричний опір — це фізична величина, яка характеризує властивість провідника протидіяти електричному струму.

Ми так звикли до різноманітних технічних пристроїв, що часто не замислюємося, як саме вони працюють. Наприклад, кожен із вас збільшував гучність звуку радіо чи телевізора або спостерігав за тим, як поступово гасне світло в кінозалі перед початком сеансу. Але чи ставили ви перед собою питання, як це вдається? Спробуємо розібратися. А ще ви дізнаєтеся, чому в разі виготовлення проводів для ліній електропередачі або електропроводки для помешкань зазвичай використовують алюміній і мідь, а не значно дешевшу сталь.

Коли по металевому провіднику йде струм, то вільні електрони, рухаючись напрямлено, зіштовхуються з йонами, розташованими у вузлах кристалічної ґратки металу. У результаті цих зіткнень середня швидкість напрямленого руху заряджених частинок зменшується: провідник чинить опір електричному струмові.

Відомо, що опір провідника залежить від його довжини, площі поперечного перерізу, а також від речовини, з якої він виготовлений.

Дослід показує, що збільшення вдвічі площі поперечного перерізу провідника спричиняє дворазове зменшення його опору, і навпаки, зменшення вдвічі площі поперечного перерізу приводить до дворазового збільшення опору провідника. Отже, опір провідника обернено пропорційний площі його поперечного перерізу.

Від чого залежить величина електричного опору?

1. Величина електричного опору залежить від речовини, з якої виготовлений провідник.
2. Опір провідника прямо пропорційний його довжині.
3. Опір провідника обернено пропорційний площі його поперечного перерізу.

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ Де } \rho - \text{питомий опір провідника.}$$

$$[\rho] = \left[\frac{\text{Ом} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} \right] \text{ або } [\rho] = [\text{Ом} \cdot \text{м}] \text{ в СІ.}$$

Питомий опір речовини — це фізична величина, яка характеризує електричні властивості даної речовини й чисельно дорівнює опору виготовленого з неї провідника завдовжки 1 м і площею поперечного перерізу 1 м².

Одиниця питомого опору в СІ — ом-метр (Ом м). На практиці здебільшого мають справу з провідниками, площі поперечних перерізів яких досить малі.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [4] ст. 177- 185, [8] ст. 30-33.

Запитання для самоконтролю:

- 1 У яких випадках і де використовують провідники з малим (великим) питомим опором?
2. Чому при проходженні електричного струму в металі виникає електричний опір?
3. Як залежить опір провідника від його довжини? Площі поперечного перерізу? Матеріалу провідника?
4. Що називають питомим опором речовини?
5. Де використовують провідники з малим питомим опором? З великим питомим опором?
6. Для чого призначений реостат?
7. Які види реостатів вам відомі?

Виконайте завдання:

1. Який опір мідного проводу довжиною 1 м і площею поперечного перерізу 1мм^2 ?
2. Довжина одного проводу 20 см, іншого — 1,6 м. Площа перерізу й матеріал проводу однакові. У якого проводу опір більший і в скільки разів?
3. Знайдіть довжину проводу для нагрівача електроплитки. Діаметр проводу 0,5 мм, а його опір за кімнатної температури має складати 48 Ом.

Розділ III. Електродинаміка

Тема 4

Електричний струм в газах і вакуумі. Вакуумні прилади.

Електричний струм у напівпровідниках

Короткі теоретичні відомості

Гази за нормальних умов погано проводять електричний струм, тобто є ізоляторами. Газ складається з нейтральних атомів і молекул. Внаслідок зовнішніх дій (опромінювання ультрафіолетовим, рентгенівським, радіоактивним випромінюванням, нагрівання і т.д.) газ іонізується, тобто від атомів і молекул відриваються електрони. Внаслідок іонізації утворюються позитивні іони і електрони. Коефіцієнт іонізації називають відношення числа іонів N , що виникли, до числа молекул газу N_0 в даному об'ємі.

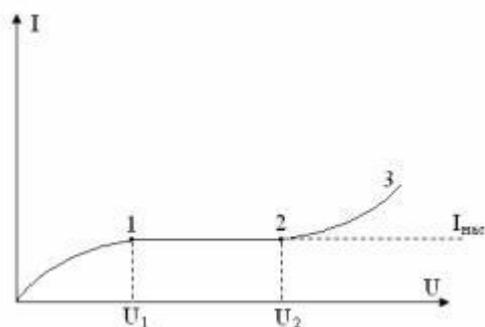
$$\beta = \frac{N}{N_0}$$

Поряд з іонізацією відбувається зворотній процес – *рекомбінація*, тобто об'єднання іона і електрона в нейтральну молекулу або атом.

Енергію, яку потрібно затратити для іонізації газу, називають *енергією іонізації*. Для різних газів енергія іонізації має різне значення і залежить від будови атома чи молекули. Необхідна умова іонізації – надання електронам

значної швидкості: $\frac{mV^2}{2} \geq A_i$, де A_i - робота іонізації, m і V – відповідні швидкість і маса електронів.

Процес проходження струму через газ називають газовим розрядом. Газовий розряд, який відбувається під дією іонізатора, називається несамостійним (ділянка 0 – 2).



Вольт – амперна характеристика (залежність сили струму в колі від напруги) має такий вигляд.

При несамоствійному газовому розряді закон Ома не справджується (не існує пропорційної залежності між силою струму і прикладеною напругою). Починаючи з деякої напруги, сила струму не змінюється, настає *насичення*.

Струм насичення – це такий струм, під час якого всі заряджені частинки досягають електродів. Щоб збільшити струм насичення, треба збільшити дію іонізатора. Починаючи з деякої напруги, розряд продовжується після припинення дії іонізатора (ділянка 2-3). Такий розряд називається *самостійним*. Під впливом сильного електричного поля відбувається ударна іонізація електронів. Існують такі типи самостійного розряду: тліючий, коронний, іскровий, дуговий.

Тліючий розряд виникає при низьких тисках ($p \approx 0,01 + 1 \text{ мм. рт.ст.}$). Він виникає внаслідок ударної іонізації газу в трубці і додаткового вибивання електронів з катода позитивними іонами. Тліючий розряд використовується в газосвітних трубках для оформлення реклам, в лампах денного світла, в газових лазерах.

Коронний розряд (у самому електричному полі) виникає поблизу зарядженого гострого провідника. Він спостерігається при атмосферному тиску навколо проводів високовольтної лінії. Чим вища напруга, тим товщим має бути провід. У техніці коронний розряд використовують в електрофільтрах, призначених для очищення промислових газів від домішок. Коронний розряд призводить до втрати енергії.

Іскровий розряд виникає у разі великої напруженості електричного поля (30000 В/см). Між електродами виникає електрична іскра, яка має вигляд дуже яскравої смуги складної форми.

Іскровий розряд має переривчастий характер, бо після пробою напруга на електродах значно спадає через те, що проміжок між електродами коротко замикається. Прикладом іскрового розряду є блискавка, пробій діелектрика.

Дуговий розряд. Якщо в колі є потужне джерело, то іскру можна перетворити в електричну дугу. Дуга виникає, якщо привести в контакт, а потім поступово розсовувати два вугільні електроди, які перебувають під напругою. Дуговий розряд виникає тоді, коли внаслідок нагрівання катода основною причиною іонізації газу є термоелектронна емісія – випромінювання електронів дуже нагрітими тілами. Дуговий розряд використовують під час зварювання металів, для освітлення, в дугових електропечах.

Плазма – це повністю іонізований газ, в якому концентрація позитивно і негативно заряджених частинок практично однакові (газорозрядна плазма, іоносфера, міжзоряне середовище).

Плазма з температурою 10^6 К і більше – гаряча плазма (зорі). Газорозрядну плазму використовують у магнітогідродинамічних генераторах (МГД – генератори) електроенергії для прямого перетворення внутрішньої енергії іонізованого газу в електроенергію.

Електричний струм у вакуумі

Вакуум – це стан розрідженого газу, молекули якого ударяються одна об одну рідше, ніж із стінками посудини, в якій вони знаходяться. Носіями електричного струму у вакуумі будуть електрони, які вилітають з поверхні електрода внаслідок *термоелектронної емісії*.

Електричний струм у напівпровідниках

Напівпровідники – це речовини, в яких електропровідність займає проміжне місце між провідниками і діелектриками. До напівпровідників

належать кремній, селен, хімічні з'єднання елементів III групи з елементами V групи. Питомий опір напівпровідників знаходиться в межах від 10^4 до 10^5 Ом · м. В результаті відриву електронів від атома виникають вільні електрони. Вакантне місце (позитивно заряджений іон) для електрона утворює так звану дірку. Дірці відповідає надлишковий позитивний заряд порівняно з сусідніми неіонізованими атомами, тому рух дірки рівнозначний рухові позитивного заряду. Якщо внести провідник в зовнішнє електричне поле, то хаотичний рух дірок і електронів переходить в напрямлений. Струм в таких провідниках зумовлений як рухом електронів і дірок (власна провідність). Концентрація дірок і електронів однакова. Власна провідність напівпровідників мала. Незначна кількість домішок у провідниках значно підвищує провідність їх. Домішки зумовлюють додаткову (домішкову) провідність. Домішкова провідність буває донорною і акцепторною. Домішки, які віддають електрони називаються донорами, а напівпровідники з електронною провідністю – електронними напівпровідниками (n – типу). Електронну провідність отримують, коли валентність елемента, що додається, більша за валентність основного напівпровідника. Наприклад, до германію (IV- валентний) додати миш'як (V - валентний). У таких напівпровідниках рух дірок майже відсутній. Якщо домішки мають валентність меншу, ніж основний напівпровідник, їх називають акцепторами, а напівпровідник – дірковим напівпровідником (p – типу). В перекладі n – тип (негативний), p – тип (позитивний). При контакті двох напівпровідників n – типу і p – типу на їх межі внаслідок дифузії і рекомбінації електронів і дірок виникає тонкий шар, збіднений носіями струму, який має підвищений опір (p – n – перехід). Якщо ввімкнути напівпровідник з p – n – переходом в електричне коло так, щоб потенціал частини з p – провідністю був позитивним, а частини з n – провідністю – негативним, то через нього буде проходити струм. Такий перехід називають прямим. Якщо знаки потенціалів на кінцях напівпровідника поміняти, то

зворотній струм буде досить малим, а опір провідника досить великий. Такий перехід називають зворотнім.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [1] ст. 195- 205, [8] ст. 40-47.

Запитання для самоконтролю:

- 1 Як можна зробити повітря провідником?
- 2 Що таке газовий розряд?
- 3 Що таке несамостійний розряд в газах. Самостійний розряд в газах.
- 4 Що таке вакуум?
- 5 Поняття термоелектронної емісії.
- 6 Які речовини відносяться до напівпровідників?
- 7 У яких приладах використовується залежність опору напівпровідника від температури та освітленості?
- 8 Як утворюється р- n -переход?
- 9 Застосування р- n -перехода. Електричні властивості р- n -перехода.

Виконайте завдання:

1. Концентрація електронів провідності в германії дорівнює $3 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$. Після легування пластини германія миш'яком концентрація електронів провідності збільшилася в 1000 разів. У скільки разів кількість атомів германія в пластині перевищує кількість атомів миш'яку?

2. Відстань між катодом К й анодом А у вакуумній трубці $z_1 = 5$ см, відстань від екрана Е до анода $z_2 = 25$ см. Анодна напруга 9 кВ. Вважаючи електричне поле між катодом і анодом однорідним, знайдіть час руху електрона: а) від катода до анода; б) від анода до екрана.

3. При якій анодній напрузі час руху електрона від катода до анода кінескопа менше 10 нс? Відстань між катодом і анодом дорівнює 1,5 см; електричне поле вважайте однорідним.

Розділ IV. Коливання та хвилі

Тема 1

Звукові хвилі, їх характеристики та використання

Короткі теоретичні відомості

Звукові хвилі мають декілька основних властивостей:

Поширення звукових хвиль. Звукові хвилі розповсюджуються через повітря, рідини і тканини людського організму майже виключно у вигляді пружних хвиль. Останні є зони, в яких молекули, що складають середу, поперемінно розріджується або ущільнюються. Таким чином, звукові хвилі можуть поширюватися через речовину і не поширюються у вакуумі.

Швидкість розповсюдження. Швидкість звуку при проходженні будь-яких речовин відносно мала (для тканини близько 1540 м /с). Отже, час проходження звукової хвилі може бути точно виміряна і пов'язане з пройденою відстанню з використанням принципу «час-відстань».

Відображення (часткове або повне) звукових хвиль від поверхонь: ступінь відображення падаючих на поверхню звукових хвиль залежить від акустичного опору (імпедансу):

Імпеданс - Відношення інтенсивності падаюшого звукової хвилі до тієї її частини, яка була пропущена середовищем. Акустичне опір - Твір щільності і швидкості звуку. Характеризує розсіювання енергії хвиль в речовині.

Згідно ефекту Доплера, Частота відбитої звукової хвилі змінюється при наближенні або віддаленні джерела звуку від пристрою одержувача. Відповідно до закону «час-відстань», твір часу і швидкості дорівнює пройденому відстані. Таким чином, для визначення напрямку і швидкості кровотоку в судинах і серце можуть бути проаналізовані зміни частоти відображення звукових хвиль від рухомих еритроцитів.

Якість ультразвукового дослідження (УЗД) залежить від двох критеріїв, пов'язаних з властивостями звукових хвиль:

Максимально можлива роздільна здатність (вища частота передавача).

Адекватність глибини проникнення звуку (нижча частота передавача).

Правило: звукові хвилі меншої довжини дають більшу роздільну здатність, але меншу глибину проникнення ультразвука

Рішення: діапазон оптимальних частот для ультразвукової діагностики становить 1-10 МГц. Діапазон оптимальної довжини звукових хвиль становить 0.15-15 мм.

Швидкість поширення звуку. Цей показник залежить від щільності середовища (приблизно 1500-1600 м/с в м'яких тканинах і рідинах, 331 м/с в повітрі і 3500 м/с в кістках). Ультразвукові інструменти відкалібровані для середньої швидкості звуку 1540 м/с.

Осьовий дозвіл. Звуковий імпульс складається двома (або трьома) звуковими хвилями, випущеними в поздовжньому (осьовому) напрямку. Максимальна здатність до розрізнення двох окремих точок в поздовжньому напрямку дорівнює $1/2$ довжини імпульсу, або приблизно довжині однієї звукової хвилі. Наприклад, при робочій частоті 35 МГц дозвіл дорівнює приблизно 05 (- 1) мм.

Латеральне дозвіл. Зі збільшенням глибини ультразвуковий промінь спочатку звужується, а потім відбувається його розширення зі зниженням інтенсивності та дозволи. Фокусна зона променя («звуження») має ширину 3-4 довжини звукової хвилі і характеризується максимальним латеральним дозволом. При частоті 35 МГц латеральне дозвіл складає приблизно 2 мм, тобто дві сусідні точки будуть розцінені як різні, якщо відстань між ними не менше 2 мм.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [2] ст. 95- 102, [8] ст. 116-121.

Запитання для самоконтролю:

1. Яка фізична природа звуку?
2. Які тіла є джерелами звуку?
3. Чому для поширення звуку необхідне середовище?
4. Чим визначають гучність звуку і його висоту?
5. Чому для швидкості звуку у твердих тілах зазначають два її значення?
6. Чим зумовлено відмінність тембру звуків?
7. Поздовжні чи поперечні коливання виникають у звукових хвилях у повітрі? у воді? у твердому тілі?
8. З якою частотою коливається барабанна перетинка вуха людини, коли до неї доходить звук?
9. Як зміниться гучність звуку, якщо зменшити амплітуду коливань джерела, що його видає?
10. Літак летить із надзвуковою швидкістю. Чи чутно в кабіні пілота звук роботи двигуна, який розміщено за кабіною?
11. Як змінюються частота й довжина хвилі звуку під час переходу з повітря у воду?
12. Чи обов'язково те, що голоснішому звуку відповідає більша амплітуда звукової хвилі?

Виконайте завдання:

1. Літак летить горизонтально з постійною швидкістю. Коли спостерігач чує, що літак перебуває над ним, він бачить літак під кутом 60° до горизонту. Яка швидкість літака?
2. Знайдіть довжину звукової хвилі частотою 440 Гц у повітрі й воді.
3. Визначте довжину оперного залу, якщо звук через нього проходить за 250 мс?

Розділ IV. Коливання та хвилі

Тема 2

Радіомовлення і телебачення. Радіолокація. Стільниковий зв'язок. Супутникове телебачення

Короткі теоретичні відомості

Найпростіша система радіотелеграфного зв'язку, яка була запропонована Г. Марконі і О. С. Поповим і широко застосовувалась понад двадцять років, полягала у відправці серій затухаючих електромагнітних коливань, добутих у коливальному контурі з іскровим розрядником. Цю систему істотно поліпшено після винайдення генератора незатухаючих електромагнітних коливань. Увімкнувши в коло генератора телеграфний ключ, можна було передавати сигнали з коротких і більш тривалих імпульсів електромагнітних хвиль.

Здійснити передачу мови і музики, тобто радіотелефонний зв'язок, виявилось значно важче. На перший погляд може здатися, що бажаючи передати мову чи музику, можна за допомогою належного підсилення послати їх в антену і передати на велику відстань. Насправді ж таким способом передати сигнали не можна. Річ у тім, що коливання звукової частоти — це порівняно повільні коливання (від 100 Гц до кількох тисяч герц). А ми знаємо, що інтенсивність випромінювання електромагнітних хвиль низької частоти дуже мала. Виникає суперечність. З одного боку, високочастотні хвилі добре випромінюються, але не містять потрібної інформації (мова або музика) і в приймальній антені збуджують чисто гармонічні коливання, тобто дають інформацію лише про те, працює передавач чи ні. З іншого боку, електромагнітні коливання низької (звукової) частоти кола мікрофона містять потрібну інформацію, але дуже слабо випромінюються.

Ця суперечність була розв'язана дуже дотепним способом. Він полягає в тому, що для передачі енергії електромагнітної хвилі використовують

високочастотні коливання, а коливання низької частоти застосовують лише для зміни високочастотних коливань, або, як прийнято говорити, для їх модуляції. На приймальній станції з цих складних коливань за допомогою спеціальних методів знову виділяють коливання низької частоти, які після підсилення подають на гучномовець. Цей процес виділення інформації з прийнятих модульованих коливань дістав назву демодуляції, або детектування коливань.

Приймачі електромагнітних хвиль досить різноманітні. Найпростіший з них — детекторний приймач, який є, по суті, розглянутим вище демодулятором коливань з увімкнутим до нього паралельно коливальним контуром.

Електромагнітні хвилі під час надходження створюють в антені і контурі високочастотні модульовані коливання. Якщо конденсатором настроїти контур у резонанс частоті коливань, які слід прийняти, то навіть дуже слабкі хвилі, надходячи, створять помітні модульовані коливання в контурі. Ці коливання потрапляють на демодулятор і за допомогою телефону, зашунтованого конденсатором, розділяються на коливання низької і високої частоти. Коливання низької (звукової) частоти проходять переважно через телефон, мембрана якого коливатиметься так само, як мембрана мікрофона на передавальній станції, і ми почуємо такий самий звук, який був виголошений перед мікрофоном.

Детекторний приймач дуже простий, надійний, не вимагає джерела живлення, однак він може приймати сигнали лише від близьких або дуже потужних радіостанцій. Більш досконалі приймачі — лампові і транзисторні — зібрані за досить складними схемами.

РАДІОЛОКАЦІЯ

Явище відбивання електромагнітних хвиль покладено в основу опрацьованого в кінці 30-х років методу виявлення і точного визначення положення предметів (літаків у повітрі, кораблів у морі, закутаних туманом

або вночі тощо). Цей метод дістав назву радіолокації. Ідея радіолокації така.

Короткі електромагнітні хвилі, завдовжки кілька метрів, дециметрів і навіть сантиметрів, посилаються радіолокаційною установкою дуже короткими імпульсами один за одним через рівні, дуже малі інтервали часу, які значно перевищують тривалість імпульсу. Тривалість сигналу, який посилається (імпульсу електромагнітних хвиль), становить мільйонні частки секунди. Сигнали повторюються від кількох сот до тисяч разів за секунду (досить часто, але так, щоб одночасно «в дорозі», в межах радіуса огляду радіолокатора, не виявилися два сигнали). Електромагнітні хвилі, зустрічаючи на своєму шляху перешкоду, — літак, корабель тощо, частково розсіюються цими предметами і частково відбиваються. Відбиті хвилі приймаються тією ж радіолокаційною установкою і після підсилення подаються на осцилограф. За інтервалом часу, який пройшов від моменту випромінювання імпульсу і до моменту повернення відбитих об'єктом хвиль, визначається відстань до нього.

Для розшукування невидимих об'єктів антена радіолокатора, подібно до прожектора, має випромінювати гостронапрямлений пучок електромагнітних хвиль — радіопромінь, напрям якого можна легко змінити, змінюючи нахил антени і повертаючи її навколо своєї осі. Для одержання гостро напрямленого вузького радіопроменя у випадку дециметрових і сантиметрових хвиль використовують антени у вигляді увігнутих (параболічної форми) металевих дзеркал, у фокусі яких розміщений випромінюючий вібратор. Буваючи на великих аеродромах, ви, безперечно, бачили ці антени — параболічні сітки, які рівномірно обертаються. Для довгих хвиль конструюють складніші антени з певним чином розміщеними вібраторами.

Тепер радіолокація застосовується дуже широко не лише на транспорті й у військовій справі, а й у багатьох інших галузях народного господарства. За допомогою радіолокаторів спостерігають виникнення і рух хмар, політ

метеоритів у верхніх шарах атмосфери. Радіолокатори широко використовуються в космічних дослідженнях. На борту кожного космічного корабля обов'язково встановлюється кілька радіолокаторів. Останнім часом радіолокація успішно використовується для точного вивчення руху планет, уточнення відстаней до них. У 1961—1966 рр. було здійснено радіолокацію Венери, Меркурія, Марса і Юпітера.

ПОНЯТТЯ ПРО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

Широкого застосування дістали електромагнітні хвилі в сучасній системі телебачення, тобто передаванні зображень на відстань за допомогою ультракоротких електромагнітних хвиль. Десятки тисяч телевізійних станцій у багатьох країнах світу регулярно ведуть передачі, які дивляться сотні мільйонів глядачів. Однак телебачення — це не лише телемовлення. Телебачення знаходить широке застосування в різних галузях народного господарства і в наукових дослідженнях. Воно дає можливість одночасно спостерігати за основними етапами складних технологічних процесів, за різними ділянками залізничних вузлів і морських портів, дає змогу вчитися віртуозному мистецтву великих хірургів, проникати поглядом в безодні океанів і в глибини космосу.

Будь-яка телевізійна система складається з трьох частин: передавача, приймача і каналу зв'язку їх між собою. Призначення передавача полягає в перетворенні за допомогою спеціальних електронно-променевих трубок світлового зображення об'єкта в систему електричних сигналів — відеосигналів. Ці сигнали модулюють потім коливання генератора високої частоти. Модульована електромагнітна хвиля переносить інформацію на великі відстані. Ці хвилі ловляться антеною приймача, в якому здійснюється зворотне перетворення. Високочастотні модульовані коливання детектуються, перетворюються в електричні сигнали, а одержані сигнали перетворюються у видиме зображення. Для передавання руху використовують принцип кіно: зображення рухомого об'єкта (кадри), які

трохи відрізняються один від одного, передають кілька десятків раз за секунду.

Передавальна телевізійна камера нагадує фотоапарат, тільки замість фотоплівки в неї вміщено спеціальну електронно-променеву трубку, за допомогою якої здійснюється перетворення зображення об'єкта в серію електричних сигналів. Існує кілька типів таких електронно-променевих трубок — іконоскопи, ортікони, відікони, плюмбікони тощо.

Передаване зображення за допомогою системи лінз проектується на поверхню фоторезистора. Залежно від освітленості різні місця фоторезистора набувають різної провідності. Створюваний електронною гарматою промінь послідовно пробігає всі елементи одного горизонтального рядка фоторезистора, потім другого і т. д. Переміщення електронного променя по екрану нагадує переміщення нашого погляду по рядках книги. Електронний промінь пробігає по екрану 625 горизонтальних рядків за $1/25$ секунди. Рухом електронного променя керує магнітне поле надітої на трубку котушки.

Коли електронний промінь досягає поверхні фоторезистора, залежно від електричної провідності даної ділянки (яка, в свою чергу, залежить від освітленості шару) резистором R_n проходить більшої чи меншої сили струм. Таким чином, напруга на резисторі змінюється пропорційно зміні освітленості вздовж рядка. Так утворюється відеосигнал. Він містить інформацію про зображення предмета. Далі цей відеосигнал підсилюється, а потім, як і у випадку передачі звукових сигналів, використовується для модуляції високочастотних коливань. Модульовані відеосигналом високочастотні коливання подаються в антену і випромінюються нею в простір. Одночасно' другий передавач здійснює передачу сигналів звукового супроводу.

РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

Розвитку і вдосконаленню засобів зв'язку приділяється велика увага в усьому світі. Різні засоби зв'язку (телефон і телеграф, радіо і телебачення,

факс, комп'ютер, інтернет тощо) міцно увійшли в повсякденний побут широких мас населення і тепер важко навіть уявити собі життя людини без них. Без добре організованих засобів зв'язку практично неможливо в сучасних умовах керувати народним господарством.

Наша країна вкрита густою мережею кабельних, радіорелейних і повітряних ліній телефонного зв'язку. Телефонний зв'язок дійшов до всіх населених пунктів.

Проте створити надійну систему зв'язку з віддаленими пунктами, будуючи кабельні чи радіорелейні лінії, дуже складно. З віддаленими від центру пунктами зручно зв'язуватися за допомогою штучних супутників Землі. Такі системи космічного зв'язку через штучні супутники зв'язку успішно працюють уже багато років. Потужний передавач посиляє на супутник зв'язку радіосигнали, які містять або телефонні повідомлення, або програму телебачення. На супутнику встановлено приймач, який підсилює і перетворює прийняті сигнали і через бортовий передавач ретранслює на Землю. Їх ловлять антенами земних приймальних пунктів і передають на місцеві телевізійні станції.

Швидкими темпами розвивається радіозв'язок і телебачення. Створюється розгалужена мережа ультракороткохвильових передавачів, які дають можливість поліпшити обслуговування радіослухачів, оскільки на мовлення на ультракоротких хвилях не впливають індустриальні, атмосферні та інші перешкоди. Розвивається передавальна телевізійна мережа, зростає приймальний парк телевізорів.

Потреби в широко розгалужених, надійно функціонуючих засобах зв'язку дуже великі і незмінно зростатимуть в міру розвитку народного господарства, автоматизації і механізації виробничих процесів, розквіту духовного життя і культурних запитів населення.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [1] ст. 214- 222, [8] ст. 138-146.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають радіозв'язком?
2. В чому полягає принцип радіотелеграфного зв'язку?
3. Що називають модуляцією? Що таке амплітудна модуляція?
4. Що називають детектуванням?
5. Побудуйте схему детекторного приймача; опишіть будову і принцип його роботи.
6. Що називають телебаченням? Як здійснюється передача і прийом сигналів?
7. Що називають радіолокацією? Які радіохвилі (за довжиною і частотою) використовують у радіолокації?
8. За яким принципом працюють супутникові засоби зв'язку?
9. Поясніть принцип дії стільникового зв'язку. Що є основними складовими стільникової мережі?

Виконайте завдання:

1. Визначити довжину електромагнітної хвилі та період коливань у ній, якщо частота коливань у цій хвилі дорівнює 10 МГц. Коливальний контур налаштований на довжину хвилі 300 м. Визначити індуктивність котушки цього контуру, якщо ємність конденсатора 25 нФ. Визначити період і частоту коливань в електромагнітній хвилі, довжина якої 30 см.
2. Визначити період і частоту коливань в електромагнітній хвилі, довжина якої 30 см. У коливальному контурі радіоприймача проходить струм, що змінюється за законом $i = 0,06 \cos 106\pi t$ (А). На яку довжину хвилі налаштований радіоприймач? Визначити ємність конденсатора цього контуру, якщо індуктивність котушки 1 мкГн.
3. Радіостанція веде передачі на частоті 75 Гц. На яку довжину хвилі повинен бути налаштований радіоприймач? Рівняння коливань сили струму в антені передавача має вигляд $i = 0,3 \sin 15,7 \cdot 10^9 t$ (А). На якій довжині хвилі ведеться передача?

Розділ V. Оптика та основи теорії відносності

Тема 1

Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Рентгенівське випромінювання. Шкала електромагнітних хвиль

Короткі теоретичні відомості

Властивості електромагнітних хвиль досить різні та залежать від довжини хвилі випромінювання. Все різноманіття довжин хвиль електромагнітного випромінювання можна поділили на шість видів, найзвичнішим з яких для нас є видиме світло.

Світло. Діапазон довжин хвиль видимого світла знаходиться між 400 нм (фіолетовий колір) і 760 нм (червоний колір). Найважливішою характеристикою видимого випромінювання є, зрозуміло, його видимість для людського ока. Саме видимі промені електромагнітного випромінювання земна атмосфера пропускає краще всього, а Сонце найактивніше випромінює у видимих променях.

Найвідчутнішими для ока є жовто-зелені промені. Спеціальне покриття на об'єктивах фотоапаратів і відеокамер, яке Ви напевно помічали по бузковому блиску, якраз покликаний пропускати всередину апаратури жовто-зелене світло і відбивати не відчутні для ока промені. Тому нам блиск об'єктиву і здається деякою сумішшю червоного і фіолетового кольорів.

Інфрачервоне випромінювання. Відомий Вільям Гершель, проводячи вимірювання енергії різних променів видимого світла, випадково виявив, що використовувані ним термометри нагріваються і за межею червоного кінця спектру. Учений зробив висновок, що існують деякі промені, що продовжують спектр за червоним світлом. Ці промені він назвав *інфрачервоними*. Ще їх називають тепловими, оскільки інфрачервоні промені випромінює будь-яке нагріте тіло, навіть якщо воно не світиться для ока. Діапазон інфрачервоних хвиль досить великий і знаходиться

між 760 нм і 0,5 мм. Отже, діапазон теплових променів набагато ширший, ніж видимий спектр.

Земна атмосфера пропускає зовсім невелику частину інфрачервоного випромінювання. Воно поглинається молекулами повітря, і особливо вуглекислим газом. Цей же газ винен в тому, що тепло не достатньо покидає нашу планету. Світлове випромінювання нагріває поверхню, але теплу назад в космос вийти не вдається. Такий ефект називають парниковим. У космосі вуглекислого газу небагато, тому теплові промені з невеликими втратами проходять крізь пилові хмари. Саме завдяки інфрачервоному випромінюванню в нашій країні була одержана перша фотографія центру Галактики, який закритий від Землі газопиловими хмарами.

Радіохвилі. Ще більшу довжину мають *радіохвилі*, завдяки яким ми слухаємо радіо, дивимось телебачення, користуємось стільниковими телефонами. Все електромагнітне випромінювання, довжина хвилі якого більше 0,5 мм відноситься до радіохвиль. Це – довгохвильовий кінець електромагнітного спектру.

Радіохвилі в значній мірі без проблем проходять крізь земну атмосферу, і лише деякі з радіохвиль, які називають короткими, відбиваються від іонізованого шару земної атмосфери. Завдяки цьому віддзеркаленню можливий зв'язок між радіостанціями, розташованими на протилежних точках планети. Радіохвилі несильно поглинаються середовищем, тому вивчення Всесвіту в радіодіапазоні дуже інформативно для астрономів.

Ультрафіолетове випромінювання. Випромінювання, довжина хвилі якого коротше, ніж у видимих променів фіолетового кольору, називають *ультрафіолетовим*. Це випромінювання, здебільшого, шкідливо для живих організмів, проте більша частина ультрафіолету не проходить крізь атмосферу Землі – озоновий шар активно поглинає небезпечні промені.

Та частина ультрафіолету, яка примикає до видимих променів, доходить до поверхні і викликає у нас загар. У чорношкірих цей загар генетично природжений, адже загар – захисна реакція шкіри на ультрафіолет.

Ультрафіолет щедро і на всі боки «розкидається» Сонцем. Але Сонце все ж сильніше всього випромінює у видимих променях. Навпаки, гарячі блакитні зірки – могутнє джерело ультрафіолетового випромінювання. Саме це випромінювання нагріває і іонізує випромінюючі туманності, завдяки чому ми їх і бачимо. Ультрафіолет легко поглинається газовим середовищем і з далеких областей Галактики і Всесвіту майже до нас не доходить, якщо на шляху променів є газопилові перешкоди.

Ультрафіолетом вважають електромагнітні хвилі із довжиною хвилі від 100 до 4 000 .

Рентгенівське випромінювання. Фізик Рентген відкрив ще більш короткохвильове випромінювання, яке назвали на честь самого Рентгена. Володіючи хорошою проникаючою здатністю, рентгенівське випромінювання знайшло застосування в медицині і кристалографії. Рентгенівські промені шкідливі живим організмам. І атмосфера Землі із-за їх проникливості їм неперешкодає. Нас виручає магнітосфера Землі, яка затримує багато небезпечних випромінювань космосу.

У астрономії рентгенівські промені частіше всього згадуються в розмовах про чорні дірки, нейтронні зірки і пульсари. Могутні спалахи на Сонці також є джерелами рентгенівського випромінювання. Довжини хвиль променів Рентгена поміщені між 0,1 і 100 .

Гамма-випромінювання. Найкоротші хвилі у гамма-променів. Це найнебезпечніший вид радіоактивності, найнебезпечніше електромагнітне випромінювання. Енергія фотонів гамма-променів дуже висока, і їх випромінювання відбувається при деяких процесах усередині ядер атомів.

Прикладом такого процесу може бути анігіляція – взаємознищення частинки і античастинки з перетворенням їх маси в енергію. Реєстровані, час від часу, таємничі гамма-спалахи на небі поки ніяк не пояснені астрономами. Ясно, що енергія явища, що спричинює спалахи, просто грандіозна. За деяким підрахунком, на секунди, які триває такий спалах, вона випромінює більше енергію, чим решта всього Всесвіту.

Гамма-випромінювання не пропускається до Землі її магнітосферою.

Отже, електромагнітний спектр дуже строкатий. Зі всього цього різноманіття людина сприймає тепло і видиме світло. Короткохвильові види випромінювань згубно впливають на людину, але самих випромінювань вона не відчуває. Атмосфера і магнітосфера Землі пропускають до поверхні видиме світло, малу частину інфрачервоного і ультрафіолетового випромінювань, а також частину радіохвиль.

Властивості електромагнітного випромінювання залежать від його довжини хвилі. Нагадаємо, що чим більше довжина хвилі, тим менше частота випромінювання. Тому те, що прийнято називати «довгохвильовим», називають іноді і «низькочастотним». Чим вище частота випромінювання, тим більше його енергія. З підвищенням енергії пов'язаний шкідливий вплив випромінювання на живі організми.

Електромагнітні випромінювання розповсюджуються в просторі з кінцевою швидкістю, а змінні електричні і магнітні поля не можуть існувати одне без одного. Існують природні джерела електромагнітних хвиль: атмосферна електрика, космічні промені, випромінювання сонця та штучні: генератори, трансформатори, антени, лазерні установки, мікрохвильові печі, монітори комп'ютерів і ін.

До природних електромагнітних полів відноситься магнітне поле Землі. З віддаленням від Землі напруженість її геомагнітного поля зменшується. Зміни в геомагнітному полі пов'язані в основному з сонячною активністю. Циклічні зміни магнітної збуреності досягають мінімуму одночасно з мінімумом сонячної діяльності. Спалахи на Сонці породжують

могутніші корпускулярні потоки, які збурюють магнітне поле Землі. Це явище називається магнітною бурею.

Магнітне поле Землі впливає на все живе і на людину. Так, роки спокійного Сонця відмічено менше інфарктів міокарду, мозкових інсультів, гіпертонічних криз, зате в роки активного Сонця судинні катастрофи помітно частішали. При тривалій дії електромагнітних випромінювань різної частоти на людину виникає підвищена стомлюваність, сонливість або порушення сну, болю у області серця, гальмування рефлексів і т.д. При дії на організм людини постійних магнітних і електростатичних полів з інтенсивністю, що перевищує безпечний рівень, можуть розвиватися порушення сну в діяльності серцево-судинної системи, органів дихання і травлення, можливо зміна складу крові і т.д.

Електричні поля промислової частоти (50 Гц) впливають на мозок і центральну нервову систему. В умовах сучасного міста на організм людини здійснюють вплив електромагнітні поля, джерелами яких є різні радіопередавальні пристрої, електрифіковані транспортні лінії і лінії електропередач.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [4] ст. 268- 274, [8] ст. 138-146.

Запитання для самоконтролю:

1. Що таке дисперсія світла?
2. Чому світло різних кольорів заломлюється в призмі на різні кути?
3. Яке електромагнітне випромінювання називають інфрачервоним?
4. Що є джерелом інфрачервоного випромінювання?
5. Яке практичне застосування мають інфрачервоні промені?

6. Яке електромагнітне випромінювання називають ультрафіолетовим?

7. Які основні властивості ультрафіолетового випромінювання?

8. Де застосовують ультрафіолетове випромінювання?

9. Як ультрафіолетове випромінювання взаємодіє з речовиною?

10. Яке електромагнітне випромінювання називають рентгенівським?

11. Як одержують рентгенівське випромінювання?

12. Які основні властивості рентгенівського випромінювання?

13. Хто з учених відкрив рентгенівські промені?

14. Де застосовують рентгенівські промені на практиці?

Виконайте завдання:

1. Визначити довжину електромагнітної хвилі та період коливань у ній, якщо частота коливань у цій хвилі дорівнює 10 МГц. Коливальний контур налаштований на довжину хвилі 300 м. Визначити індуктивність котушки цього контуру, якщо ємність конденсатора 25 нФ. Визначити період і частоту коливань в електромагнітній хвилі, довжина якої 30 см.

2. Телемовлення ведеться в дециметровому діапазоні. Визначте довжину випромінюваної електромагнітної хвилі, якщо її частота дорівнює 2,5 ГГц. Сила струму в коливальному контурі змінюється за законом $i = 0,05 \cos 106t$ (А). Ємність конденсатора цього контуру 1 мкФ. Визначити період коливань у контурі, індуктивність котушки та максимальну різницю потенціалів на його обкладках.

3. Радіостанція веде передачі на частоті 75 Гц. На яку довжину хвилі повинен бути налаштований радіоприймач? Рівняння коливань сили струму в антені передавача має вигляд $i = 0,3 \sin 15,7 \cdot 10^9 t$ (А). На якій довжині хвилі ведеться передача?

Розділ VI. Атомна і ядерна фізика

Тема 1

Методи реєстрації іонізуючих випромінювань

Короткі теоретичні відомості

Зважаючи на те, що у людини відсутня можливість відчувати дію іонізуючих випромінювань, важливими є прилади для їх виявлення. Завдяки їм можна виявити і встановити рівень дії радіоактивних випромінювань. Відомі методи можна розділити на групи:

1) за іонізацією середовища, тобто за рахунок розпаду молекул під дією енергії випромінювання і за наявністю електричного току, який можна виміряти приладами - дозиметрами;

2) викликають світіння - сцинтиляцію або люмінесценцію (світіння) в деяких речовинах, що використовують у фотоелектронних примножувачах - в них утворюється електроімпульс;

3) фотографічний метод - засвічують фотопапір, фотоплівку, викликаючи фотоліз броміду срібла;

4) калориметричний метод - вимірюють кількість тепла, що виділяється в спеціальному детекторі при поглинанні ним випромінювань;

5) хімічний метод - заснований на певних змінах різноманітних речовин, чутливих до дії таких випромінювань, наприклад, змінюється колір - колориметричний метод;

6) нейтронно-активаційний метод, пов'язаний із вимірюванням наведеної радіоактивності, наприклад бета-активності, що виникає під впливом повільних нейтронів. Цей метод використовують для оцінки доз в аварійних ситуаціях, коли відбувається короткочасне опромінення великими потоками нейтронів;

7) біологічний метод - заснований на визначенні біологічних наслідків дії випромінювань на живі системи - за летальністю тварин, ступеня лейкопенії

(зміни у крові), кількості хромосомних аберацій (змін), випаданню волосся, наявності в сечі дезоксицитидину;

8) розрахунковий метод - заснований на використанні математичних методів вимірів за кількістю радіонуклідів, що потрапили в організм;

9) дозиметричний метод, який є найбільш вживаним. В цьому випадку за допомогою спеціального пристроя - детектора Гейгера-Мюллера вимірюють електричний струм, який утворюється при іонізації речовини через яку проходить радіоактивне випромінювання. Такі прилади використовують в наукових дослідженнях, побуті, цивільній обороні. Для оцінки радіаційної обстановки застосовують прилади, принцип дії яких заснований на вимірюванні ефектів, що виникають при взаємодії випромінювання з речовиною. Для виміру потужності експозиційної дози застосовують різноманітні прилади радіаційного контролю для: санітарного та екологічного - МКС-07 "Пошук", РКС-01 "СТОРА"; індивідуальної дозиметрії - ДКС 02К "Кадмій"; цивільного захисту та армії - МКС-У, МКС-05 "Терра"; навчальних програм - МКС-05 "Терра II", які виготовляє українське підприємство "Спаринг-Віст Центр" у Львові.

Дія радіоактивних випромінювань на людину

Біологічний вплив випромінювань визначається поглинанням живою тканиною рослини, тварини енергії, яка може іонізувати молекули клітинних речовин. При іонізації в організмі відбувається руйнування життєво важливих молекул, що призводить до розривів молекулярних зв'язків і утворенню нових хімічних сполук, невластивих для здорової тканини.

Під впливом іонізуючих випромінювань в організмі руйнуються функції кровотворних органів, збільшується проникненість судин для шкідливих речовин, відбувається розлад діяльності шлунково-кишкового тракту, зниження опірності організму шкідливим факторам, його виснаження, переродження нормальних клітин в злоякісні, виникнення лейкозів, променевої хвороби.

Дія факторів, що іонізують речовини, полягає в поглинанні живою тканиною рослин, тварин, людини енергії, що виділяється при зіткненні молекул речовини з випромінюванням. Це призводить до розривів молекулярних зв'язків - іонізації та утворенню нових хімічних сполук, не властивих нормально функціонуючій клітині -перекис водню, надзвичайно хімічно активні вільні радикали.

Під впливом радіоактивних випромінювань в організмі людини відбуваються порушення функцій кровотворних органів, збільшення тендітності і проникненості судин, розлад діяльності шлунково-кишкового тракту, зниження опірності організму, його виснаження, переродження нормальних клітин у злоякісні, виникнення лейкозів, променевої хвороби.

Небезпеки від іонізуючого випромінювання можна розділити на три групи: 1. Підвищення ризику виникнення онкологічних захворювань; 2. Ризик генетичних порушень, тобто пошкоджень механізмів спадковості; 3. Небезпека для ембріона, що розвивається в утробі матері.

Всі три типи небезпек, особливо перші дві, характеризуються тим, що при опроміненні одного індивідуума наслідки ніколи не наступають із стопроцентною можливістю, але за законами статистики (вірогідності) можливість їх збільшується з ростом дози опромінення. Наприклад встановлено, що серед населення чисельністю 1 млн людей за рік з'являється біля 50 природних захворювань лейкемією, а після опромінення цієї кількості людей дозою в 1бер, до вказаних випадків добавляється ще один.

Особливо складний механізм впливу іонізуючого випромінювання на біологічні механізми спадковості. Виникаючі при цьому порушення можуть передаватися наступним поколінням. В цьому випадку з ростом дози опромінення збільшується не тільки вага, але і частота поразок (>5бер). Останні десятиліття принесли нам небачений прогрес наукових знань і технічних можливостей. Але і радіоактивне навантаження на людство від штучних джерел тепер різко зросло.

Вже в 1934 році Міжнародна комісія радіаційної охорони встановила толерантну дозу 0,2 рентгена за добу. В наш час цей рівень зменшили до 0,05 бер за рік для населення і 1 бер/рік для працюючих з джерелами іонізуючих випромінювань.

Людина не відчуває дії радіоактивних випромінювань. В її організмі вони викликають зміни, що залежать від потужності дози: 1 мкбер - перегляд одного хокейного матчу по телебаченню; 0,1 бер - фонове випромінювання за рік; 3,0 бери - при рентгеноскопії зубів; 10,0 бер- аварійне опромінення населення поблизу АЕС; 25,0 бер - аварійне опромінення персоналу АЕС; 30,0 бер - опромінення організму при рентгеноскопії тіла; 75,0 бер - короточасні зміни в складі крові; 100,0 бер (13в) - легкий ступінь променевої хвороби; 450-500 бер - важкий ступінь променевої хвороби (гине 50% опромінених людей); 500 і більше - гинуть 100 % опромінених людей. Тому, всі фахівці повинні знати елементарні правила радіаційної гігієни, знати про підступність радіоактивних випромінювань і знати як послабити їх дію.

Деякі з тварин спроможні відчувати дію радіоактивних випромінювань. Так, садовий равлик закриває мантіяну порожнину, а комахи і пацюки починають неспокійні, безладні рухи, намагаючись уникнути небезпечної зони. Інфузорії гинуть тільки лише при 300 тис. рентгенів, окремі бактерії можуть існувати в середині атомного реактора, де радіоактивність сягає мільйонів рад або рентгенів. Стійкі до радіоактивних випромінювань змії - вони гинуть лише при 3-18 тисяч рад або 30-180 Гр.

Методи визначення іонізуючих випромінювань

Виявлення радіоактивних речовин та іонізуючих (радіоактивних) випромінювань (нейтронів, гамма-променів, бета- і альфа-частинок), ґрунтується на здатності цих випромінювань іонізувати речовину середовища, в якій вони поширюються.

Під час іонізації відбуваються хімічні та фізичні зміни у речовині, які можна виявити і виміряти. Іонізація середовища призводить до: засвічування фотопластинок і фотопаперу, зміни кольору фарбування, прозорості, опору

деяких хімічних розчинів, зміни електропровідності речовин (газів, рідин, твердих матеріалів), люмінесценції (світіння) деяких речовин.

В основі роботи дозиметричних і радіометричних приладів застосовують такі методи індикації: фотографічний, сцинтиляційний, хімічний, іонізаційний, калориметричний, нейтронно-активізаційний.

Крім цього, дози можна визначати за допомогою біологічного і розрахункового методів.

Фотографічний метод оснований на зміні ступеня почорніння фотоемульсії під впливом радіоактивних випромінювань. Гамма-промені, впливаючи на молекули бромистого срібла, яке знаходиться в фотоемульсії, призводять до розпаду і утворення срібла і броміду. Кристали срібла спричиняють почорніння фотопластин чи фотопаперу під час проявлення. Одержану дозу випромінювання (експозиційну або поглинуту) можна визначити, порівнюючи почорніння плівки паперу з еталоном.

Сцинтиляційний метод полягає в тому, що під впливом радіоактивних випромінювань деякі речовини (сірчистий цинк, йодистий натрій) світяться. Спалахи світла, які виникають, реєструються, і фотоелектронним посилювачем перетворюються на електричний струм. Вимірюваний анодний струм і швидкість рахунку (рахунковий режим) пропорційні рівням радіації.

Хімічний метод базується на властивості деяких хімічних речовин під впливом радіоактивних випромінювань внаслідок окислювальних або відновних реакцій змінювати свою структуру або колір. Так, хлороформ у воді під час опромінення розкладається з утворенням соляної кислоти, яка вступає в кольорову реакцію з барвником, доданим до хлороформу. У кислому середовищі двовалентне залізо окислюється в тривалентне під впливом вільних радикалів H_2O_2 і OH , які утворюються у воді при її опроміненні. Тривалентне залізо з барвником дає кольорову реакцію. Інтенсивність зміни кольору індикатора залежить від кількості соляної кислоти, яка утворилася під впливом радіоактивного випромінювання, а її кількість пропорційна дозі радіоактивного випромінювання. За інтенсивністю утвореного забарвлення,

яке є еталоном, визначають дозу радіоактивних випромінювань. За цим методом працюють хімічні дозиметри ДП-20 і ДП-70 М.

Іонізаційний метод полягає в тому, що під впливом радіоактивних випромінювань в ізольованому об'ємі відбувається іонізація газу й електрично нейтральні атоми (молекули) газу розділяються на позитивні й негативні іони. Якщо в цьому об'ємі помістити два електроди і створити електричне поле, то під дією сил електричного поля електрони з від'ємним зарядом будуть переміщуватися до анода, а позитивно заряджені іони — до катода, тобто між електродами проходитиме електричний струм, названий іонізуючим струмом і можна робити висновки про інтенсивність іонізаційних випромінювань. Зі збільшенням інтенсивності, а відповідно й іонізаційної здатності радіоактивних випромінювань, збільшиться і сила іонізуючого струму.

Нейтронно-активаційний метод зручний під час оцінювання доз в аварійних ситуаціях, коли можливе короткочасне опромінення великими потоками нейтронів. За цим методом вимірюють наведену активність, і в деяких випадках він є єдино можливим у реєстрації" особливо слабких нейтронних потоків, тому, що наведена ними активність мала для надійних вимірювань звичайними методами.

Біологічний метод дозиметрії ґрунтується на використанні властивостей випромінювань, які впливають на біологічні об'єкти. Дозу оцінюють за рівнем летальності тварин, ступенем лейкопенії, кількістю хромосомних аберацій, зміною забарвлення і гіперемії шкіри, випаданню волосся, появою в сечі дезоксицитидину. Цей метод не дуже точний і менш чутливий, ніж фізичний.

Розрахунковий метод визначення дози опромінення передбачає застосування математичних розрахунків. Для визначення дози радіонуклідів, які потрапили в організм, цей метод є єдиним.

На основі іонізаційного методу розроблені прилади, які мають однакову будову і складаються зі сприймаючого пристрою (іонізаційної камери або газорозрядного лічильника), підсилювача іонізуючого струму (електричної

схеми), реєстраційного пристрою (мікроам-перметр) і джерела живлення (сухі елементи або акумулятори).

Як відомо, гази є провідниками електричного струму. Під впливом радіоактивних випромінювань, вони в результаті іонізації починають проводити струм. На цій властивості газів і ґрунтується робота сприймаючого пристрою дозиметричних приладів — іонізаційної камери та газорозрядного лічильника.

Іонізаційна камера має вигляд прямокутної коробки або трубки, виготовленої з алюмінію або пластмаси. В останньому випадку внутрішню поверхню стінок вкривають струмопровідним матеріалом. У середині коробки або трубки розміщується графітовий чи алюмінієвий стержень.

Отже, в іонізаційній камері є два електроди: до стінки камери підключається позитивна напруга від джерел живлення, яка виконує роль позитивного електрода, а до графітового чи алюмінієвого стержня, який виконує роль негативного електрода і розміщений у середині камери — негативна напруга. Простір у камері між електродами заповнений повітрям. Сухе повітря, що заповнює іонізаційну камеру, є добрим ізолятором. Ось чому у звичайних умовах електричний струм через камеру не проходить. У зоні радіоактивних забруднень у камеру проникають гамма-випромінювання і бета-частинки, які спричиняють іонізацію повітря. Іони, що утворилися під дією електричного поля, починають спрямовано рухатися, а саме: негативні іони рухаються до позитивного електрода (анода), а позитивні іони — до негативного електрода (катода). Таким чином, у ланцюгу камери виникає іонізуючий струм.

Проте безпосередньо виміряти силу іонізуючого струму неможливо, бо вона дуже мала. У зв'язку з цим для посилення іонізуючого струму застосовують електричні підсилювачі, після чого струм проходить через вимірювальний прилад, шкала якого проградуєвана у відповідних одиницях вимірювання.

Газорозрядний лічильник призначений для вимірювання малої інтенсивності у десятки тисяч разів меншої тієї, яку можна виміряти іонізаційною камерою. Через це газорозрядні лічильники застосовуються у приладах для вимірювання рівня радіації на місцевості (рентгенметрах), у приладах (радіометрах) для вимірювання ступеня забрудненості різних предметів, продуктів, урожаю, кормів альфа-, бета- і гамма-активними речовинами.

Газорозрядні лічильники відрізняються від іонізаційних камер як конструктивним оформленням, так і характером іонізації, що відбувається в них. Лічильник складається з тонкостінної металевої (з нержавіючої сталі) трубки довжиною 10—15 см і діаметром 1—2 см. По осі трубки протягнуто дуже тонку вольфрамову нитку. До електродів лічильника, тобто до вольфрамової нитки і стінок трубки, підведено напругу від джерела живлення. Простір між стінками трубки і металевою ниткою заповнений інертним газом (неоном, аргоном або їх сумішшю), з невеликою добавкою галогенів (хлору, броду).

Іонізаційна частинка, потрапляючи всередину лічильника, створює принаймні одну пару іонів: позитивний іон і електрон. Під дією електричного поля позитивний іон рухається до катода (стінки трубки), а електрон — до анода (нитки лічильника). Рух іонів спричиняє в ланцюгу лічильника стрибок (імпульс) струму, який після посилення може бути зареєстрований вимірювальним приладом (мікро-амперметром).

Проходження в газовому лічильнику імпульсів напруги можна почути в головних телефонах у вигляді клацань, які при сильному забрудненні РР поверхні переходять у шум (тріск).

Підсилювач іонізуючого струму призначений для посилення слабких сигналів, які виробляються сприймаючим пристроєм, до рівня, необхідного для роботи реєстраційного (вимірювального) пристрою. Як підсилювач застосовують електрометричні лампи.

При опрацюванні цієї теми студент повинен опрацювати такі літературні джерела [4] ст. 320- 336, [8] ст. 151-162.

Запитання для самоконтролю:

- 1.Що називають радіоактивністю?
2. Що таке α -проміння?
3. Що таке β -проміння?
4. Що таке γ -проміння?
5. Які Ви знаєте методи реєстрації радіоактивних випромінювань?
6. Що таке дозиметричний метод реєстрації випромінювань?
7. В чому важливість методів реєстрації радіоактивних випромінювань?
8. Які Ви знаєте прилади для реєстрації радіоактивних випромінювань?
9. В чому полягає біологічна дія випромінювань на організми?
10. Чому радіоактивні випромінювання називають іонізуючими, які їх властивості ?
11. В чому небезпека людині від іонізуючого випромінювання?
12. Які дози опромінення отримує людина при перегляді телепрограм, рентгеноскопії?

Виконайте завдання:

1. Алюмінієвий лист був опромінений радіоактивним випромінюванням і поглинув дозу 0,5 Гр. На скільки нагрівся лист?
2. Чому товщина сліду в кінці пробігу більша?
3. Чому траєкторія руху електрона в бульбашковій камері має вигляд спіралі?

Питання для підготовки до ДПА

1. Предмет фізики. Зв'язок фізики з іншими природничими науками.
2. Механічний рух тіл та його види. Системи координат. Поняття матеріальної точки.
3. Закони Ньютона. Поняття маси і сили. Одиниці їх вимірювання.
4. Сили пружності, їх природа та роль в техніці і живій природі.
5. Сили тертя, їх природа та використання в техніці та живій природі.
6. Гравітаційні сили. Закон всесвітнього тяжіння. Прискорення вільного падіння тіл.
7. Механічна робота і потужність. Одиниці їх вимірювання.
8. Енергія. Види енергії. Закон перетворення і збереження енергії.
9. Кінетична та потенціальна енергія тіл.
10. Коливальний рух та його кінематичні характеристики.
11. Звук та його характеристики.
12. Інфразвук та ультразвук, їх вплив на живі організми.
13. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та явища що їх підтверджують.
14. Теплота і температура. Принцип дії термометрів.
15. Зв'язок між параметрами газового стану.
16. Термодинамічна температура та її зв'язок з температурою в шкалі Цельсія.
17. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу (рівняння Клаузіуса).
18. Зв'язок енергії молекул з абсолютно. температурою (рівняння Больцмана).
19. Внутрішня енергія газу. Способи її зміни.

20. Поверхневий натяг рідин, причини виникнення. Коефіцієнт поверхневого натягу.
21. Явища змочування і незмочування. Краєвий кут змочування.
22. Перший та другий закон термодинаміки, їх практичне значення.
23. Вологість повітря, її види та методи визначення. Точка роси. Вплив вологості на процеси в біологічних процесах.
24. Природа існування електричних явищ. Взаємодія зарядів. Закон Кулона.
25. Електричне поле. Напруженість поля точкового заряду.
26. Потенціал електричного поля. Різниця потенціалів. Одиниця вимірювання потенціалу.
27. Електричний струм. Сила струму. Електрорушійна сила.
28. Опір провідників, його природа. Закон Ома для ділянки кола.
29. Робота і потужність струму.
30. Закон Ома для замкнутого кола.
31. Природа магнітних явищ. Взаємодія струмів. Закон Ампера.
32. Магнітне поле. Напруженість магнітного поля.
33. Рух заряджених частинок в електричному і магнітному полях.
34. Електромагнітна індукція та її використання. Закон Фарадея.
35. Самоіндукція і взаємоіндукція. Трансформатори, їх види та використання.
36. Змінний електричний струм та його отримання. Узагальнений закон Ома.
37. Дисперсія світла. Спектри випромінювання.
38. Інтерференція світла. Умови максимумів і мінімумів інтерференції.
39. Дифракція світла. Дифракційна решітка.
40. Використання дифракції на дифракційній решітці для визначення довжини світлових хвиль.

Орієнтовані теми рефератів

1. Нікола Тесла - пророк електричного віку
2. Інтерференція світла
3. Дифракція світла
4. Сучасна модель атома
5. Електрон як елементарна частинка електричного заряду
6. Магнітне поле Землі. Компас
7. Історія закону Ома
8. Нетрадиційні види транспорту
9. Використання досягнень сучасної ядерної фізики
10. Деформація кручення
11. Деформація поздовжнього згину
12. Деформація поперечного згину
13. Деформація розтягу і стиску
14. Електроізоляційні матеріали. Спільні властивості електроізоляційних матеріалів
15. Ракетні двигуни
16. Ударні хвилі
17. Радіохвилі
18. Ом Георг Симон. Закон Ома
19. Вічний двигун
20. Історія вивчення блискавки і захист від неї
21. Реактивний рух. Міжконтинентальна балістична ракета
22. Фізика і науково-технічний прогрес
23. Українські вчені фізики
24. Радіолокація
25. Природа світла. Закони відбивання світла
26. Юрій Васильович Кондратюк
27. Пароутворення. Вологість

Перелік рекомендованої літератури

1. Черняк Л.М. Лекції із загальної фізики: Навчальний посібник: У 3 книгах. Книга 2. Електрика. Магнетизм. Електромагнітні коливання та хвилі. Оптика. – Суми, 2003.
2. Бушок Г.Ф. Курс фізики. У 2 книгах. Книга 1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.: Либідь, 2001.
3. Кабановський О.В. Фізика: Астрономія: Початкові відомості. Частина I. – Харків: Видавнича група «Основа», 2011. – 128 с.
4. Курс фізики / І. Р. Зачек, І. М. Кравчук, Б. М. Романишин та ін. — Л.: Бескід Біт, 2002. — 375 с.
5. Бар'яхтар В.Г., Божинова Ф.Я. Основи термодинаміки. Молекулярна фізика.- Харків: Видавництво «Ранок», 2011, ст. 96.
6. Гуржій А.М., Сільвестров А.М., Поворознюк Н.І. Електротехніка з основами промислової електроніки.- Київ: «Форум», 2002,-383 с.
7. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика.- Київ: «Генеза», 2010. – с. 192.
8. Сиротюк В.Д., Баштовий В.І. – Харків: «Синиця», 2011. – 304 с.
9. <http://vslova.com.ua/word>
10. <http://www.ukrtvory.com.ua/referaty/as9.html>

Зміст

1. Вступ.....	3
2. Планування самостійної роботи.....	4
<i>Розділ I Механіка</i>	
3. Тема 1 Штучні супутники Землі.....	6
4. Тема 2 Внесок українських вчених у розвиток космонавтики.....	16
5. Тема 3 Реактивний рух. Будова та принцип дії реактивних двигунів.....	22
6. Тема 4 Деформація тіл. Сила пружності. Механічна напруга. Закон Гука.....	27
<i>Розділ II. Молекулярна фізика і термодинаміка</i>	
7. Тема 1 Швидкість молекул ідеального газу. Насичена і ненасичена пара.....	31
8. Тема 2 Поверхневий натяг. Змочування. Капілярні явища.....	34
9. Тема 3 Утворення кристалів. Застосування рідких кристалів у техніці.....	38
<i>Розділ III. Електродинаміка</i>	
10. Тема 1 Електризація тіл. Електричний заряд, елементарний заряд.....	44
11. Тема 2 Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона.....	47
12. Тема 3 Залежність опору провідника від його геометричних розмірів	51
13. Тема 4 Електричний струм в газах і вакуумі. Вакуумні прилади. Електричний струм у напівпровідниках.....	54
<i>Розділ IV. Коливання та хвилі</i>	
14. Тема 1 Звукові хвилі, їх характеристики та використання.....	59
15. Тема 2 Радіомовлення і телебачення. Радіолокація. Стільниковий зв'язок. Супутникове телебачення.....	62
<i>Розділ V. Оптика та основи теорії відносності</i>	
16. Тема 1 Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання. Рентгенівське випромінювання. Шкала електромагнітних хвиль.....	69
<i>Розділ VI. Атомна і ядерна фізика</i>	
17. Тема 1 Методи реєстрації іонізуючих випромінювань.....	75
18. Питання для підготовки до ДПА.....	84
19. Орієнтовані теми рефератів.....	86
20. Перелік використаної літератури.....	87

Фізика [Текст]: методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів I-II курсів всіх напрямків підготовки, денної форми навчання/ уклад. В.О. Люсік - Любешів: Любешівський технічний коледж Луцького НТУ, 2017. – с. 89.

Комп'ютерний набір і верстка : М.В. Токарчук
Редактор: М.І.Богуш

Підп. до друку _____2017 р. Формат А4.
Папір офіс. Гарн.Таймс. Умов.друк.арк. 3,5
Обл.вид.арк. 3,4. Тираж 15 прим. Зам. 417

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – РВВ ЛНТУ