

5. Деформації, їх види . Пружність та пластичність. Закон Гука. Модуль Юнга. Коефіцієнт Пуассона. Деформаційні властивості біологічних тканин.

Деформація — зміна розмірів і форми твердого тіла під дією зовнішніх сил (навантажень) або якихось інших впливів. Найпоширеніші види деформації, котрі розглядаються опором матеріалів — згин, зсув (зріз), кручення, розтяг-стиск. Пружність — властивість тіл відновлювати свою форму й об'єм (тверді тіла) або лише об'єм (рідини й газу) після припинення дії зовнішніх сил (або причин, наприклад нагрівання), що спричинили їхню деформацію. Пластичність — здатність матеріалу незворотно змінювати свою форму й розміри при деформації Закон Гука: лінійну залежність між силами та малими деформаціями у пружному середовищі описує закон Гука — основний закон теорії пружності. Закон Гука стверджує, що при малих деформаціях напруження прямо пропорційне прикладеній до тіла сили. Модуль Юнга — фізична величина, що характеризує пружні властивості ізотропних речовин, один із модулів пружності. Коефіцієнт Пуассона — це міра зміни поперечних розмірів ізотропного тіла при деформації розтягу. Формула:

6. Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу та методи його визначення. Газова емболія.

Поверхневий на́тяг — фізичне явище, суть якого полягає в прагненні рідини скоротити площу своєї поверхні при незмінному об'ємі. Коефіцієнт поверхневого натягу визначається як сила, що діє з боку рідини на одиницю довжини контуру, що її обмежує. Позначається маленькою літерою сігма

Одиниця вимірювання Н/м або дина/см. Одними з відомих методів вимірювання σ : метод відриву кільця, метод підняття рідини в капілярах, метод відриву краплі рідини, метод максимального тиску в бульбашках повітря – метод Ребіндера. Газова емболія – явище попадання бульбашки повітря в кровоносну судину малого діаметра і закупорка її, тобто повна зупинка руху крові по судині.

7. Внутрішнє тертя. В'язкість. Формула Ньютона для внутрішнього тертя. Ньютонівські та неньютонівські рідини. В'язкість крові.

В'язкість або **внутрішнє тертя** — явище переносу, властивість рідких речовин

(рідин і газів) чинити опір переміщенню однієї їх частини відносно іншої. $F = \eta S \frac{dw}{dx}$, Рідина ньютонівська – модель рідини, що являє собою суцільне рідке тіло, для якого дотичні напруження внутрішнього тертя $\{\tau\}$, спричиненого відносним проковзуванням (зсувом) шарів рідини прямо пропорційні першому степеню градієнта швидкості у напрямі, перпендикулярному до напрямку проковзування. **Рідина неньютонівська** — модель рідини, що являє собою суцільне рідке тіло, для якого дотичні напруження внутрішнього тертя, спричиненого відносним проковзуванням (зсувом) шарів рідини описуються нелінійною залежністю від градієнта швидкості у напрямі, перпендикулярному до напрямку проковзування. В'язкість крові - це співвідношення числа формених елементів крові і об'єму її рідкої частини (плазми).

8. Стаціонарний плин рідин. Рівняння неперервності. Лінійна та об'ємна швидкості. Основне рівняння динаміки рідин.

Якщо лінії струму і поле швидкостей не змінюються з часом, то рух рідини зветься

стаціонарним. Рівняння неперервності: $\frac{dV^2}{2} + \rho gh + p = const$. При рівності об'ємної швидкості кровотоку в різних відділах судинного русла: в аорті, сумарно — в порожнистих венах, в капілярах — лінійна швидкість кровотоку найменша в капілярах, де найбільша сумарна площа поперечного перерізу. Основне р-ння динаміки рідин:

9. Ламінарний та турбулентний плин. Число Рейнольдса. Рівняння Бернуллі. Плин в'язких рідин. Формула Пуазейля. Гідравлічний опір.

Ламінарна — впорядкований рух рідини або газу, при якому рідина (газ) рухається шарами, паралельними до напрямку течії. При цьому перемішування між сусідніми шарами рідини відсутнє. Турбулентним називається рух рідини (газу або плазми), що супроводжується утворенням вихорів. Число Рейнольдса— характеристичне число та критерій подібності у гідродинаміці, що базується на відношенні інертності руху течії флюїда до його в'язкості. Рух

рідких середовищ у біологічних системах відіграє важливу роль, забезпечуючи умови нормальної життєдіяльності різних фізіологічних систем. Гідравлічний опір — сили тертя, які виникають в рідині при її русі й спричиняють втрати напору (тиску) або опір руху тіла з боку оточуючої його рідини. Формула:

10. Основні положення рівноважної термодинаміки. Ентропія. Принцип Больцмана. Значення термодинаміки в проблемі охорони навколишнього середовища.

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії: 1. Будь-яке тіло (тверде, рідке, газоподібне) складається з великого числа молекул або атомів. 2. Молекули всякої речовини знаходяться в безладному, хаотичному, що не має переважного напрямку, руху. 3. Інтенсивність руху, що визначається швидкістю, залежить від температури речовини. Ентропія є функцією стану термодинамічної системи і широко використовується в термодинаміці, в тому числі технічної і хімічної. БОЛЬЦМАНА ПРИНЦИП - співвідношення $S = k \ln W$ між ентропією S і термодинамічною вірогідністю W (k - постійна Больцмана).

11. Основні положення нерівноважної термодинаміки (лінійний закон, виробництво ентропії, спряження потоків). Стаціонарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.

Лінійний закон становить узагальнення відомих емпіричних фактів, що формулюються у вигляді таких законів: а) закони Фіка, що пов'язує потік частинок тобто кількість частинок, які за одиницю часу перетинають одиницю площі в перпендикулярному напрямку, і різницю (градієнт) концентрації за допомогою співвідношення - коефіцієнт дифузії;

б) закон Фур'є, що пов'язує потік тепла і різницю (градієнт) температури за допомогою співвідношення - коефіцієнт теплопровідності;

в) закон Ома, що пов'язує потік заряду (густину електричного струму) і градієнт потенціалу електричного поля за допомогою співвідношення - коефіцієнт електропровідності. Виробництво ентропії, ентропія, що виникає у фізичній системі за одиницю часу в результаті тих, що протікають в ній нерівноважних процесів. Спряженістю потоків називається таке співвідношення між ними, при якому додатне виробництво ентропії від одного потоку компенсує зменшення ентропії від другого потоку, який був би неможливий в ізольованій системі. Стаціонарним називається такий стан системи, при якому ентропія всієї відкритої системи S зберігається, тобто повна зміна ентропії дорівнює нулю ($dS = 0$). Теорема Пригожина: в стаціонарному стані швидкість зростання ентропії, обумовлена протіканням необоротних процесів, має позитивне і мінімальне з усіх можливих значення.

12. Структурна організація біологічних мембран. Фізичні властивості біомембран. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран.

Моделі структурної організації клітинних мембран: 1 – амфіфільні ліпіди; 2 – фібрилярні гідрофобні білки; 3 – глікопротеїни; 4 – вуглеводи. Фізичні властивості: Фосфоліпіди в мембрані, за умов її нормального функціонування, знаходяться в рідкокристалічному стані. Рідинні якості мембрани підтверджуються ЕПР і ЯМР. В'язкість ліпідного шару мембрани приблизно на два порядки вище в'язкості води, вона дорівнює 30-100 мПа*с, що приблизно дорівнює в'язкості рослинного масла. Поверхневий натяг на 2-3 порядки нижче ніж у води. При зміні температури в мембрані можна спостерігати фазові перетворення: плавлення ліпідів при нагріванні та кристалізацію при охолодженні. Подвійний шар фосфоліпідів робить мембрану клітини подібною до ємності, електроємність 1 мм² мембрани складає 5-13 нФ. Молекули в мембрані розміщені не безладно, в їх розташуванні спостерігається дальній порядок. Фосфоліпідні молекули перебувають у подвійному шарі, а їх гідрофобні хвости приблизно паралельні один одному. Є порядок і в орієнтації полярних гідрофільних головок. Фізичний стан, при якому є дальній порядок у взаємній орієнтації та розташуванні молекул, але агрегатний стан рідке, називається рідкокристалічним станом. Динамічні властивості біологічних мембран обумовлені плинністю билипідного шару, гідрофобна область якого в рідкокристалічному стані має мікров'язкість, порівнянну з в'язкістю легкої фракції машинного масла. Тому молекули ліпідів, що знаходяться в бішарі мають досить високу рухливість і можуть здійснювати різноманітні рухи - поступальні, обертальні і коливальні.

13. Пасивний транспорт речовин крізь мембранні структури. Рівняння Фіка. Швидкість дифузії. Рівняння Нернста-Планка. Електрохімічний градієнт і потенціал. Рівняння Теорелла.

Пасивний транспорт — перенос молекул й іонів через мембрану, який здійснюється в напрямку меншою їх концентрації, що не пов'язаний з витратою хімічної енергії. Швидкість дифузії dn/dt називають кількістю речовини n , яка проходить крізь даний поперечний перетин в

$$\Phi = -Ddc/dx.$$

одиницю часу. Р-ння Фіка: Р-ння Нернста:

$$\Phi = -D \frac{dc}{dx} - cD \frac{F \cdot z \cdot d\varphi}{R \cdot T \cdot dx} = -\frac{cD}{R \cdot T} \left(\frac{R \cdot T}{c} \cdot \frac{dc}{dx} + F \cdot z \cdot \frac{d\varphi}{dx} \right) = -\frac{cD}{R \cdot T} \cdot \frac{d}{dx} (RT \ln c + Fz\varphi + \mu_0)$$

$$\Phi = -\frac{cD}{RT} \frac{d\bar{\mu}}{dx}$$

Р-ння Теорелла:

Електрохімічний градієнт — градієнт електрохімічного потенціалу, зазвичай для іона, який може проникати через мембрану. Електрохімічний потенціал — термодинамічна функція, що характеризує стан якого-небудь компонента, що складається із заряджених частинок (електронів, іонів), у фазі даного складу.

14. Активний транспорт, основні види. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи К-На-наосу. Спряження потоків.

Активний транспорт — опосередкований транспорт біомолекул, неорганічних іонів та малих молекул через цитоплазматичну або будь-яку іншу мембрану клітини. Є первинний і вторинний. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи Na⁺ - K⁺ насоса. В першу чергу цей переносник приєднує з внутрішньої сторони мембрани три іони Na⁺. Ці іони змінюють конформацію активного центру АТ фази. Після такої активації АТ фаза здатна гідролізувати одну молекулу АТФ, причому фосфат-іон фіксується на поверхні переносника з внутрішньої сторони мембрани. Спряженістю потоків називається таке співвідношення між ними, при якому додатне виробництво ентропії від одного потоку компенсує зменшення ентропії від другого потоку, який був би неможливий в ізольованій системі.

15. Природа мембранного потенціалу спокою (рівноважні потенціали Нернста для різноманітних іонів, дифузійний потенціал, потенціал Доннана).

Мембранний потенціал спокою — це різниця потенціалів між зовнішньою та внутрішньою сторонами мембрани в умовах, коли клітина не збуджена. Цитоплазма клітини заряджена негативно до позаклітинної рідини через нерівномірний розподіл аніонів та катіонів по дві сторони мембрани. Рівноважний потенціал Нернста це різниця потенціалів між внутрішнім та зовнішнім середовищем при якому хімічна різниця потенціалів дорівнює електричній різниці:

$$\phi = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_1}{C_2}$$

. Дифузійний потенціал — різниця електричних потенціалів на границі стикання двох електролітів, що виникає з різних рухливостей дифундуючих йонів. Потенціал Доннана — різниця електричних потенціалів між двома розчинами, розділеними йонообмінною мембраною у

$$\frac{[K^+]_B}{[K^+]_3} = \frac{[Cl^-]_3}{[Cl^-]_B}$$

відсутності будь-якого струму, який би протікав через мембрану.

16. Природа мембранного потенціалу спокою (стаціонарний потенціал Гольдмана-Ходжкіна-Катца, умови стаціонарності, основні рівняння електродифузії іонів в стаціонарному стані, проникності мембрани для іонів в стані спокою).

$$(\varphi_e - \varphi_i)_{стац} =$$

$$= \frac{RT}{Fz} \ln \frac{P_{Na}[Na^+]_i + P_K[K^+]_i + P_{Cl}[Cl^-]_e}{P_{Na}[Na^+]_e + P_K[K^+]_e + P_{Cl}[Cl^-]_i}$$

-р-ння дифузії. Розбіжності між експериментальними значеннями потенціалу спокою на мембрані і розрахованими за рівнянням Нернста для рівноважного потенціалу пов'язані, насамперед, з тим, що мембрана проникна не лише для іонів K⁺, але й для інших іонів. Стаціонарний потенціал це мембранний потенціал спокою при якому сумарний потік іонів дорівнює нулю при цьому кожен з потоків відмінних від нуля. 1) $\Phi = \sum \Phi_i = 0.2) dn/dx = \text{const}$ (сталий електрохімічний потенціал). 3) $\Phi_i = D_i \Delta c - c_i v_i \Delta \varphi$. Проникності мембрани в стані спокою таких іонів як Na, K, Cl як 1:0,06:0,45 відповідно.

17. Потенціал дії (ПД). Гіпотеза виникнення ПД. Еквівалентна електрична схема мембрани. Феноменологічні рівняння Ходжкіна-Хакслі. Поняття про воротні іонні струми.

Потенціал дії це короточасні амплітудні зміни мембранного потенціалу спокою що виникає при збудженні клітини. для виникнення потенціалу дії необхідно викликати зсув $\phi_i > \phi_{кр}$. виникнення потенціалу дії спричиняється різним збільшенням проникності мембрани для натрію. Електричне коло з чотирма паралельними квітками одна містить електричну ємність інші три відтворюють натрій калій провідні мембрани і так звані відповідного відтоку. В кожному вітку включенні джерела електрорушійної сили. $j_m = C d\Delta\phi/dt + j - p$ ння ходжкіна-Хакслі. $j = C d\Delta\phi/dt + g_n^4(\phi - \Delta\phi)$

Воротний механізм. Проникність мембранних каналів для відповідних іонів визначають за станом їхніх воріт, що регулює проходження іонів. При розкритих воротах (активаційний стан) іони проходять натрієвим каналом, при закритих (інактивіаційному стані) - не мають такої змоги. У звичайних умовах, у стані фізіологічного спокою переважна кількість каналів закрита. Лише незначна їхня частина залишається відкритою.

18. Поширення потенціалу дії в біологічних мембранах. Телеграфне рівняння. Швидкість поширення потенціалу. Особливості поширення потенціалу дії в мієліновому волокні.

ПД швидко розповсюджується вздовж поверхні мембрани завдяки локалізації струмам між збудженими та не збудженими ділянками. Локальні струми змінюють проникність мембрани на сусідніх не збуджених ділянках та деполаризують її. Швидкість поширення Потенціалу в немієлінових волокнах прямо пропорційна кореню квадрату з Діаметром а в мієлінових без кореня, а також від довжини між двома перехватами ранв'є.в Мієлінових волокнах мембрана деполаризується лише в перехватах ранв'є, Бо мієлін гарний ізолятор, Деполаризація однієї ділянки викликає деполаризацію сусідньої ділянки.

19. Незатухаючі та вимушені коливання, диференційні рівняння та їх розв'язок. Резонанс. Автоколивання.

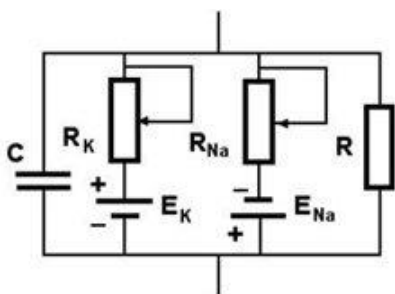


Рис. 5

Вільними або власними називаються такі коливання, які відбуваються в системі, наданій самій собі, після того як вона була виведена з положення рівноваги. Вільні коливання можуть бути незатухаючими тільки при відсутності сили тертя. Вимушені коливання - коливання під дією періодичної сили, яка поповнює втрати енергії, що йдуть на подолання опору. Резонанс — явище, що спостерігається в різного типу фізичних системах, які знаходяться під дією зовнішніх, змінних в часі збурень. Автоколивання — коливання, амплітуда і період яких залежать від властивостей самої системи і не залежать від початкових умов, наприклад від початкового запасу енергії.

$$x = A \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

Цим автоколивання відмінні від власних і вимушених коливань.

$$\omega_0(t + T) + \phi_0 = (\omega_0 t + \phi_0) + 2\pi \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad v_x = \frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi_0) =$$

20. Затухаючі коливання. Диференційне рівняння затухаючих коливань, його розв'язання. Коефіцієнт затухання, декремент і логарифмічний декремент.

затухаючі коливання – коливання, амплітуда яких внаслідок втрати енергії реальною

$$\frac{d^2 S}{dt^2} + 2d \frac{dS}{dt} + \omega_0^2 S = 0$$

коливальною системою з плином часу зменшується. де S – коливальна величина, що описує той чи інший фізичний процес. коефіцієнт затухання, — амплітуда в початковий момент часу, — частота коливань. Коефіцієнт затухання має розмірність оберненого часу(с). декремент – зменшення значення змінної. Декремент затухання — величина, яка визначає швидкість зменшення амплітуди гармонічних коливань з часом при затуханні. Коефіцієнт затухання має розмірність оберненого часу. Коефіцієнт затухання має розмірність оберненого часу. Безрозмірна величина— період коливань називається логарифмічним декрементом затухання. λT , де $T = 2\pi/\omega$.

21. Механічні хвилі. Рівняння хвилі. Потік енергії. Вектор Умова.

Процес поширення коливань у твердих тілах, рідинах і газах називають механічною

$$\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 S}{\partial t^2}$$

хвилею. Рівняння являє собою одновимірне хвильове рівняння плоскої хвилі. Якщо яка-небудь фізична величина описується таким хвильовим рівнянням, то це означає, що вона розповсюджується в просторі у вигляді плоскої хвилі зі швидкістю. Потік енергії, який переноситься хвилею через одиничну поверхню в напрямку нормалі до цієї поверхні, називається густиною потоку енергії або інтенсивністю хвилі.

$$I = \Phi/S = wv.$$

Вектор Пойнтінга — вектор густини потоку енергії електромагнітного поля, що характеризує спрямовану передачу енергії електромагнітного поля через одиницю площі за одиницю часу. Вектор густини потоку енергії електромагнітного поля дорівнює $\vec{E} \times \vec{H}$, напрямком її перенесення збігається з векторним добутком $\vec{E} \times \vec{H}$, а отже й зі швидкістю поширення хвилі, тобто визначається правилом гвинта. Цей вектор називається вектор Умова-Пойнтінга.

22. Акустика. Фізичні характеристики звуку. Фізика слуху, характеристики слухового відчуття. Закон Вебера-Фехнера.

Акустика це наука про звук що займається вивченням фізичної природи звуку механізмів його поширення до фізичних характеристик звуку належать частота і довжина хвилі швидкість звуку амплітуда тиск інтенсивність. Людина здатна чути в діапазоні 16-20 тисяч Герц. Рівень інтенсивності визначається за логарифмованою шкалою. Зовнішнє та середнє вухо утворюють систему передачу звуку яку можна вважати підсилювачем. Що володіє змінним коефіцієнтом передачі тиску з барабанної перетинки на внутрішню рідину. До характеристик слухового відчуття належить гучність висота тона що відносна частоті та тембр що відноситься частотному спектру. Закон вебера-фехнера пов'язує гучність та інтенсивність звуку. Міра гучності 1 Фон дорівнює 1 дБ.

23. Аудиометрія. Шкала інтенсивності та шкала гучності звуку, одиниці. Пороги чутності та больового відчуття. Аудіограма.

Методи вимірювання гостроти слуху називають аудіометрією. Методи клінічної аудіометрії дозволяють визначити ослаблення слуху.

- поріг чутності
- поріг больового відчуття

Введення шкали для оцінки суб'єктивного відчуття чутності звуку дозволяє вимірювати чутність звуку будь-якої частоти й інтенсивності, порівнюючи його зі звуком з частотою 1000 Гц. Легше отримати криву нульового рівня гучності – аудіограму, яка є множиною значень інтенсивності звуку на порозі чутності для тонів різних частот у всьому діапазоні слухового сприйняття. З метою визначення ослаблення слуху визначають поріг чутності для різних тонів на спеціальному приладі – аудіометрі, який являє собою генератор звуку з незалежною регуляцією частоти й інтенсивності.

24. Ультразвук. Основні властивості та особливості поширення ультразвуку. Інфразвук, фізичні характеристики інфразвуку. Дія ультразвуку та інфразвуку на біологічні тканини та органи людини.

Ультразвук це звукові коливання частота яких знаходиться в межах від 20 кгц до 10^9 Гц. Має значно більшу енергію коливання за звичайний звук. Має важливу властивість це змінює швидкість розповсюдження та поглинання при будь-яких змінах зовнішнього середовища відбувається акустична навігація під дією акустичного тиску. Застосування в медицині : 1) Зміна швидкості розповсюдження та поглинання хвилі лежить в основі УЗД. 2) Дія УХ прискорює фізіологічні процеси (позитивний терапевтичний вплив). 3) При $I = 10$ в 6 степені Вт/метр квадратний Виникає ефект кавітації Що лежить в основі бактеріальної дії ультразвуку . 4) При I більше 10 в шостій степені Вт на метр квадратний ультразвук використовується в ультразвуковій хірургії . Інфразвук це звукові коливання з частотою менше 16 Гц Інфразвук слабо поглинається і може розповсюджуватись на значні відстані. Високо інтенсивні виробничі шуми також є шкідливими для людини .

25. Електричні характеристики біологічних тканин. Закон Ома в диференційній формі. Провідність біологічних тканин. Ємнісні властивості. Еквівалентна електрична схема.

Біологічним тканинам притаманні такі електричні властивості:

1) Активний опір. Проходження постійного або змінного електричних струмів через біологічну тканину завжди супроводжується виділенням теплової енергії, що свідчить про наявність активного опору R . (Це рівняння виражає закон Ома в диференціальній формі: густина струму пропорційна напруженості електричного поля і має однаковий з нею напрямок.

2) Ємнісні властивості біологічних тканин. Більшість біологічних тканин складаються з послідовних шарів, які добре або погано проводять електричний струм, тобто за структурою відповідають будові конденсатора. Також є ємність клітинних мембран яка має значну величину. Доказом ємнісних властивостей біолог. тканин є такі факти: зменшення імпедансу тканини при збільшенні частоти електричного струму; амплітудне, значення напруги.

Величина ємнісного опору за формулою : $C = \frac{1}{\omega R}$ (ω- циклічна частота змінного струму)

3) Індуктивні властивості. Виражені слабо. Індуктивний опір проявляється при дуже високих частотах змінного струму. (величина індуктивного опору). Імпеданс біологічних тканин (повний опір кола змінного струму) Для пропускання струму живими клітинами використовують еквівалентні схеми:

Електропровідність біологічних тканин і рідин. Багато біологічних середовищ (кров, спинномозкова рідина...) є електролітами. Питома електропровідність для електролітів: Зі зростанням температури питомий опір електролітів зменшується. Електропровідність окремих ділянок залежить від опору шкіри і підшкірного шару в місцях накладання електродів. Є ділянки з високою провідністю (рідини) і низькою (Шкіра, Кісткова та жирова тканина тощо)

26. Біофізичні основи електрографії. Поняття про еквівалентний електричний генератор. Концепція Ейнтховена про генез ЕКГ (інтегральний електричний вектор серця, дипольний потенціал, система відведень).

Електричне поле виникає навколо будь-якого зарядженого тіла, незалежно від того рухається воно чи ні. Якщо заряджені частинки нерухомі, то їх взаємодія здійснюється через електростатичне поле. Воно, як і інші фізичні поля, є одним із видів матерії та існує реально і незалежно від нас.

Силовою характеристикою електричного поля є величина напруженості електричного поля, яка дорівнює відношенню сили F , з якою поле діє на точковий заряд q , до величини цього заряду: Електричним диполем називають систему з двох рівних за величиною і протилежних за знаком точкових зарядів q , розташованих на відстані l один від одного. Характеристикою диполя є дипольний момент – вектор, рівний добутку заряду на плече диполя :

Теорія Ейнтховена. Компоненти нормальної ЕКГ.4

Біопотенціали, які виникають в органах і тканинах живого організму, надзвичайно чутливо відображають їх функціональний стан. Тому аналіз зареєстрованих біопотенціалів набув широкого використання в медичній практиці. Реєстрація різниці потенціалів між точками середовища, що оточує електрично активні тканини називається електрографією. Особливого поширення набув метод електрокардіографії – дослідження функціонального стану серця, його автоматизму, збудливості і провідності шляхом графічної реєстрації зміни електричних потенціалів, які виникають у серцевому м'язі під час його збудження і проведення збудження.

Графічне зображення зміни сумарного електричного потенціалу, який виникає під час збудження і проведення збудження в сукупності міокардіальних клітин за кардіоцикл називається електрокардіограмою.

Ейнтховен запропонував моделювати електричну діяльність серця струмовим диполем з дипольним моментом

Для запису ЕКГ використовують електрокардіограф. складаються з таких частин: перемикача відведень, підсилювача біопотенціалів, реєструючого пристрою, джерела живлення.

27. Серце як струмовий електричний диполь (струмовий диполь та його характеристики, дипольний потенціал серця).

Струмовий диполь. У провідному середовищі електричний диполь екранується, або навіть нейтралізується рухомими зарядженими частинками. Щоб зберегти диполь, до нього можна підключити джерело напруги. Така двополюсна система називається струмовим диполем, або

дипольним електричним генератором. Він складається з додатного полюса (витоку струму) і від'ємного полюса (стоку струму), які розташовані на деякій відстані один від одного. Полюси називають уніполями. Згідно з законом Ома для повного кола. Потенціал довільного n -го елементарного диполя пропорційний тобто проекції вектора дипольного моменту на пряму, яка з'єднує початок диполя і точку, в якій вимірюється потенціал.

Потенціал електричного поля серця складається із дипольних потенціалів елементарних диполів. Оскільки в процесі кардіоциклу збуджуються невеличкі ділянки міокарда, то відстані від всіх диполів до точки, в якій вимірюють потенціал, можна вважати однаковими, і можна записати у вигляді:

де R – однакова для всіх диполів відстань до точки виміру потенціалу, n – кількість диполів.

28. Ланцюг змінного струму, що містить активний, ємнісний та індуктивний опір. Поняття про векторну діаграму. Імпеданс.

Якщо в коло змінного струму увімкнено активний опір R , то для такого кола виконуються закони Ома та Джоуля Ленца так же, а для розрахунків слід використовувати ефективні значення струму та напруги.

1. Індуктивність в колі змінного струму. Нехай коло складається із активного та індуктивного опорів. Знайдемо необхідну для підтримання струму різницю потенціалів. За правилом Кірхгофа, прикладена напруга повинна забезпечувати струм на опорі: $UR=iR$ і повинна перевищувати ЕРС самоіндукції. Як показує експеримент, для біологічних тканин характерні великі значення кута зсуву фаз між силою струму і напругою, причому сила струму випереджає за фазою напругу. Це свідчить, що частка ємнісного опору в біологічних об'єктах значна. Наведемо деякі значення кута зсуву фаз при частоті для різних біооб'єктів: Як правило, індуктивністю біологічних об'єктів нехтують (при частотах і вважають, що їхній імпеданс дорівнює геометричній сумі активного R і ємнісного опорів. Для характеристики пропускання струму живими клітинами використовують еквівалентні схеми, тобто такі комбінації C і R , які можуть моделювати електричні параметри біологічних тканин. Розглянемо найпростіші з них. Імпеданс тканин залежить також від їх функціонального стану, і це використовується в діагностиці. Імпеданс кровоносних судин залежить від їх кровонаповнення, а значить і від серцево-судинної діяльності. На цьому базується діагностичний метод, який називають реографією. Реографія вивчає залежність активної складової імпедансу біологічної тканини від її деформації в процесі серцевої діяльності. Отримують реограми серця, головного мозку, магістральних судин, легень тощо. Відповідно до методики Кедрова вважається, що відносна зміна об'єму ділянки кровоносної судини (чи іншої біологічної тканини) прямо пропорційна зміні опору $\Delta R/R$:

Векторні діаграми є сукупністю векторів, що зображують діючі синусоїдальні ЕРС і струми або їх амплітудні значення.

29. Імпеданс біологічних тканин. Дисперсія імпедансу. Фізичні основи реографії.

Імпеданс електричний живих тканин – Z , де R - резистанс, R_i - опір індуктивний живих тканин), залежить від ступеня життєдіяльності живої тканини й відображає широке коло електромагнітних процесів.

Дисперсія імпедансу- залежність електричного імпедансу від частоти. За певної частоти біологічний опір об'єкта залишається сталим, якщо не змінюється його фізіологічний стан. Під час пошкодження тканини опір її зменшується до певного мінімального значення, яке досягається при її відмиранні.

Повний опір (імпеданс) біологічної тканини змінному струмові залежить від природи тканини, в тому числі від її наповнення кров'ю, а також від частоти змінного струму.

30. Магнітне поле та його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітні властивості речовин. Фізичні основи магнітобіології.

Магнітне поле- складова електромагнітного поля, яка створюється змінним у часі електричним полем, рухомими електричними зарядами або спінами заряджених частинок. Магнітне поле спричиняє силову дію на рухомі електричні заряди. Нерухомі електричні заряди з магнітним полем не взаємодіють але елементарні частинки з ненульовим спіном, які мають власний магнітний момент є джерелом магнітного поля і магнітне поле спричиняє на них силову дію навіть якщо вони перебувають у стані спокою.

Закон Біо-Савара-Лапласа:

I -Сила струму що проходить по провіднику; k^2 - коефіцієнт пропорційності; r - радіус

Закон який визначає магнітну індукцію навколо провідника в якому протікає електричний струм.

Матеріали які в зовнішньому магнітному полі намагнічуються називаються магнетиками. За магнітною проникністю і характером взаємодій з магнітним полем магнетики поділяють на дімагнетики, парамагнетики, феромагнетики. До дімагнетиків належить більшість газів (крім кисню), вода, вісмут, цинк, мідь та інші. Парамагнітні речовини втягуються магнітним полем, до них належать кисень, марганець, хром, алюміній, та інші. До феромагнетиків належать матеріали, які сильно взаємодіють з магнітним полем до них належать тільки кристалічні тіла.

31. Теорія електромагнітних хвиль Максвелла (струм зміщення, рівняння Максвелла, швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль).

Електричні і магнітні властивості середовища характеризуються у теорії Максвелла трьома величинами: відносною діелектричною проникністю ϵ , відносною магнітною

проникністю μ і питомою електропровідністю σ .

Максвел припустив, що магнітне поле може збуджуватись не тільки електричним струмом, а й змінним електричним полем.

$$I_{zm} = I_{np} = dq/dt.$$

Заряд на обкладках плоского конденсатора

$$q = CU = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} Ed = \epsilon\epsilon_0 SE.$$

Тоді сила струму зміщення в конденсаторі

$$I_{zm} = \frac{d(\epsilon\epsilon_0 SE)}{dt} = \epsilon\epsilon_0 S \cdot \frac{dE}{dt},$$

а густина струму зміщення ($j_{zm} = I_{zm}/S$):

$$j_{zm} = \epsilon\epsilon_0 \cdot \frac{dE}{dt}, \quad (3.81)$$

або, враховуючи зв'язок між векторами напруженості E й індукції електричного поля (3.3),

$$j_{zm} = \frac{dD}{dt}. \quad (3.82)$$

Отже, густина струму зміщення дорівнює швидкості зміни з часом індукції електричного поля. Із (3.81) випливає, що

Найголовніша властивість струму зміщення полягає в тому, що він, як і струм провідності, створює вихрове магнітне поле.

Перше рівняння Максвелла спирається на закон Біо-Савара-Лапласа та поняття струму

$$\int_l H_t \cdot dl = \int_S (j_n + \frac{\partial D_n}{\partial t}) dS,$$

зміщення.

де H_t - проекція вектора напруженості магнітного поля на напрям дотичної до контура у даній точці, j_n - нормальна до вибраної площадки складова густини струму провідності, D_n - нормальна до площадки складова вектора електричної індукції. Це рівняння показує, що магнітне поле вихрове і що воно виникає незалежно від наявності постійних магнітів. Виникнення магнітного поля зумовлене двома факторами: рухом електричних зарядів (струм провідності) і зміною в часі електричного поля (струм зміщення).

Друге рівняння відображає закон електромагнітної індукції Фарадея:

$$\epsilon_i = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S B dS = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S B_n dS.$$

ЕРС, як відомо, дорівнює роботі сторонніх сил по переміщенню одиничного заряду, тобто

$$\int_l E_t dl,$$

тому

$$\int_l E_t dl = -\partial\Phi/\partial t \rightarrow \int_l E_t dl = -\int_S (\partial B_n / \partial t) dS,$$

де E_t — проекція вектора напруженості електричного поля на напрям дотичної до контура у даній точці, B_n - нормальна до поверхні складова вектора магнітної індукції. З цього рівняння видно, що крім електростатичного поля в природі існує електричне поле, джерелом якого є змінне магнітне поле.

Третє рівняння Максвелла показує, що джерелом електричного поля є електричні заряди:

$$\int_S D_n dS = q.$$

Четверте рівняння відображає факт відсутності магнітних зарядів. Повний потік вектора магнітної індукції B через замкнену поверхню площею S дорівнює нулю:

$$\int_S B_n dS = 0.$$

Наведені рівняння Максвелла не враховують будову речовини і взаємодію електромагнітного поля з частинками речовини. Вплив середовища на електромагнітне поле задається через його електропровідність, а також діелектричну ϵ і магнітну проникності. Тому

$$D = \epsilon\epsilon_0 E,$$

$$B = \mu\mu_0 H,$$

$$j = \sigma E.$$

Теорія Максвелла не тільки пояснила вже відомі факти, а й передбачила нові і важливі явища. Абсолютно новим у цій теорії було припущення Максвелла про магнітні поля струмів зміщення. На основі цього припущення Максвелл предбачив існування електромагнітних хвиль, тобто змінного електромагнітного поля, яке поширюється в просторі з певною швидкістю.

32. Фізичні процеси в біооб'єктах під дією електричних, магнітних полів та електромагнітного поля (поляризація, струми провідності, індуктивні та зміщення).

33. Фізичні основи терапевтичних методів (гальванізація, франклінізація, діатермія, індуктотермія, дарсонвалізація, УВЧ- та НВЧ-терапія, мікрохвильова резонансна терапія).
Теплова та специфічна дія

При дії постійного електричного струму в тканинах відбувається електроліз і переміщення іонів до електродів. При високій частоті змінного електричного струму іони не переміщаються, а лише коливаються. Механічна енергія цього тертя частинок переходить в теплову, що призводить до ендogenous виділення тепла в тканинах. Це неспецифічна або теплова дія високочастотних електромагнітних коливань.

Дарсонвалізація - метод електротерапії, який використовує дію електричних коливань високої частоти (160-400 КГц), високої напруги (10-100 КВ) і малої сили (10-15 мА) з лікувальною метою. Використовується змінний синусоїдальний струм у вигляді імпульсів з поступово наростаючою і спадаючою амплітудою (частота імпульсів 50 Гц).

Механізм дії. Під час місцевої дарсонвалізації високочастотний струм впливає на рецептори шкіри. Це подразнення рефлексорним шляхом викликає реакції-відповіді внутрішніх органів і систем. Дарсонвалізація знижує збудливість рухових та чутливих нервових центрів. Виразно виявляються вазомоторні реакції. Артеріоли та капіляри, особливо поверхневих тканин, розширюються. Стимулюється тканинний обмін. Терапевтичний вплив дарсонвалізації проявляється у зменшенні болю, свербіння,

вазомоторній дії, стимуляції процесів загоєння тканин, підвищенні обміну й поліпшенні трофіки тканин.

УВЧ-індуктотермія

Це лікувальний метод при якому на тканини хворого впливають магнітним полем ультрависокої частоти (40,68 МГц). Електрод має назву ЕВС-1 – індуктор з налаштованим контуром. Його встановлюють контактено на шкіру пацієнта або з проміжком не більше 1 см.

При УВЧ-індуктотермії в тканинах утворюється більше тепла, ніж при ВЧ-індуктотермії. Це пояснюється тим, що кількість тепла при будь-якій індуктотермії, крім всіх інших причин, залежить від частоти, а при УВЧ-індуктотермії частота струму в 3 рази більша, ніж при ВЧ-індуктотермії.

Показання. Метод застосовують переважно для лікування запальних захворювань, особливо, гострих і підгострих в ділянці обличчя (гайморит, отит, неврит лицьового нерва), пневмоній.

Мікрохвильова терапія

Це - метод лікувального впливу на організм височастотними електромагнітними коливаннями (НВЧ-коливання). У медицині використовують мікрохвильові коливання сантиметрового діапазону з частотою 2375 МГц і дециметрового діапазону з частотою 450 МГц.

Механізм дії. Електромагнітне поле НВЧ має не тільки властивості електричної енергії, але й світла. Ці якості проявляються здатністю мікрохвиль відбиватись і заломлюватись. Їх можна концентрувати в паралельні пучки за допомогою випромінювачів-рефлекторів і отримувати локальну дію. Мікрохвилям властива значно менша проникаюча здатність, ніж електричному полю. НВЧ-коливання сантиметрового діапазону поглинаються поверхневими тканинами .. Під впливом мікрохвиль підвищується теплоутворення, особливо високий тепловий ефект спостерігається в тканинах, які багаті рідиною. За рахунок специфічного осциляторного ефекту мікрохвиль утворюються біологічно активні речовини і підвищується активність біохімічних процесів Мікрохвилі підвищують проникність капілярів, що спричиняє активацію окисно- відновних процесів і сприяє покращанню обміну в тканинах. Малі дози мікрохвильової терапії мають стимулюючий вплив на функціональний стан парасимпатичної та центральної нервової системи, підвищують синтез гормонів кори надниркових залоз.

34. Елементи геометричної оптики. Центрована оптична система. Оптична мікроскопія. Характеристики мікроскопу.

35. Поляризація світла. Способи одержання поляризованого світла. Подвійне променезаломлення. Призма Ніколя. Закон Малюса.

У випромінюванні різних джерел (розжарених твердих тіл, газів, що світяться) внаслідок хаотичного руху елементарних джерел світла - атомів та молекул - присутні всілякі напрямки коливань вектора напруженості електричного поля. Таке випромінювання називається природним. Випромінювання, в якому коливання вектора E відбуваються лише в одному напрямку, називається поляризованим. Світло, в якому коливання вектора E одного напрямку переважає коливання інших напрямків, називається частково поляризованим. Поляризоване світло можна одержати з природного за допомогою приладів, що називаються поляризаторами.

Плоскополяризоване світло з природного (неполяризованого) можна отримати за допомогою поляризатора, наприклад поляризаційної призми Ніколя. Призма Ніколя — оптичний елемент, призначений для поляризації світла, поляризатор. Призма складається з паралелепіпеда, вирізаного із ісландського шпату, розрізаного під кутом 68° і склеєного прозорою рідиною канадським бальзамом.

Неполяризований промінь світла входить в кристал і роздвоюється завдяки явищу подвійного променезаломлення. Звичайний промінь зазнає повного внутрішнього відбиття, а незвичайний промінь проходить далі. Внаслідок утворюється поляризований пучок світла. Призма Ніколя поляризує світло, кутлова апертура якого не перевищує 30° .

Після проходження призми вектор світлової хвилі (відповідно і вектор E) коливатиметься строго в одній площині, яка буде паралельною головній площині цієї призми. Виявити поляризацію цієї хвилі можна за допомогою іншої такої самої призми (аналізатора). Інтенсивність

світла, що проходитиме крізь дві призми, буде залежати від кута між головними площинами цих призм. Перша пластинка Т1 (рис. 1) є поляризатором, друга Т2 – аналізатором.

Амплітуда світлової хвилі Е, яка проходить через аналізатор, буде меншою амплітуди світлових коливань Е0:

- де φ – кут між осями поляризатора та аналізатора.
- Так як інтенсивність світла пропорційна квадрату амплітуди, то:
 - закон Малюса,
 - де I_0 – інтенсивність світла після проходження аналізатора;
 - інтенсивність світла, що падає на аналізатор.

36. Оптично активні речовини. Кут обертання площини поляризації. Закон Біо. Концентраційна поляризація.

французький фізик Араго виявив, що якщо в простір між схрещеними призмами помістити перпендикулярно до оптичної осі пластину з кварцу, то спостерігатиметься просвітлення, яке виникає, коли положення площини поляризації світла після проходження пластини з кварцу

змінюється, вона повертається на деякий кут φ .

У тому, що існує лише поворот площини поляризації, а не деполаризація світла, можна переконатися, повернувши аналізатор на такий самий кут і знову домогтися повного згасання світла.

Явище повороту площини поляризації плоскополяризованого світла під час проходження деяких речовин називається обертальною поляризацією. Речовини, здатні викликати такий поворот, називаються **оптично активними речовинами (ОАР)**. До ОАР крім кварцу належать кіновар, винна кислота, розчин цукру та ін. Існує як праве (за ходом годинникової стрілки), так і ліве (проти ходу годинникової стрілки) обертання площини поляризації. Причиною повороту площини поляризації світла для рідких оптично активних середовищ (цукор у розчині) є анізотропія самих молекул такої речовини, а для твердих тіл (кварц) – асиметричне (гвинтове) розміщення однотипних структурних атомних груп у кристалічній ґратці.

Експериментально встановлено, що кут повороту φ площини поляризації в твердих ОАР

прямопропорційний шляху світла в цьому середовищі (товщині пластини l):

$$\varphi = \alpha l$$

де α – стала обертання.

У розчинах кут повороту φ площини поляризації дорівнює:

$$\varphi = \alpha' Cl$$

де C – масова концентрація оптично активної речовини у розчині;

α' – питома обертання площини поляризації, що дорівнює куту повороту цієї площини за

одиничної концентрації C і одиничного шляху l . За одиничну концентрацію цукру приймається концентрація $1\text{г}/100\text{см}^3$ розчину, а за одиничний шлях – 1дм . Отже:

$$\alpha' = \frac{\varphi}{Cl}, [\alpha'] = \frac{\text{град}}{(\text{г}/100\text{см}^3) \cdot \text{дм}} \quad (1)$$

Знаючи питоми кут повороту α' даної речовини, можемо визначити концентрацію C цієї речовини у невідомому розчині:

$$C = \frac{\varphi}{\alpha l} \quad (2)$$

Подібні вимірювання проводяться на цукрових заводах, у медичних лабораторіях, під час хімічних досліджень. Прилади, які використовуються для таких вимірювань, називаються **поляриметрами** (в окремому випадку – сахариметрами). Сахариметр, який використовується в цій роботі, належить до так званих напівтіньових поляриметрів, які встановлюють не на темряву поля зору (у разі схрещених призм чи під час згасання світла після проходження ОАР), а на однаково освітленість обох половин цього поля, які освітлюються одним з двох променів, що йдуть від двох поляризаторів з малим кутом між їх головними площинами.

Невеликий поворот аналізатора помітно зменшує освітленість одного напівполя і збільшує освітленість іншого. Оскільки людське око чутливе до різниці освітленості, то використання напівтіньових поляриметрів дозволяє виміряти поворот площини поляризації з точністю до $0,01^\circ$.

37. Поглинання світла. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Концентраційна колориметрія.

Світлова хвиля, проходячи через речовину, викликає вимушені коливання електронів та іонів. Внаслідок цього спостерігається ряд процесів, найважливішими з яких є дисперсія, поглинання і розсіяння світла.

Поглинання світла – зменшення інтенсивності оптичного випромінювання (світла), що проходить через матеріальне середовище, за рахунок процесів його взаємодії з середовищем. Світлова енергія при поглинанні світла переходить в різні форми внутрішньої енергії середовища.

Коефіцієнт поглинання – кількісна характеристика зменшення інтенсивності випромінювання при проходженні через середовище. Коефіцієнт поглинання може характеризувати затухання випромінювання будь-якої природи, наприклад світла чи звуку.

Вимірюється в обернених сантиметрах.

$$-\frac{dI}{I} = \alpha dx$$

Якщо проінтегрувати дану рівність, то можна отримати $I = I_0 e^{-\alpha L}$. Отримана рівність називається законом Бугера. Вона описує експоненційне зменшення інтенсивності світла при проходженні через шар речовини товщиною L .

Коефіцієнт поглинання залежить від частоти. Особливо сильне поглинання на частотах, які відповідають характерним частотам процесів, що відбуваються в середовищі. Якщо атоми і молекули практично не взаємодіють між собою (гази, пари, невеликі тиски), то коефіцієнт поглинання відмінний від нуля лише на дуже вузьких спектральних ділянках. Ці максимуми відповідають резонансним частотам коливань електронів усередині атомів.

Розширення смуг поглинання є наслідком взаємодії атомів між собою.

Якщо поглиненою речовиною виступає розчин, то коефіцієнт поглинання пропорційний

концентрації розчиненої речовини: $\alpha = \alpha_1 C$, де α_1 – коефіцієнт поглинання в розчині о

диничної концентрації. У цьому випадку закон поглинання світла набуває вигляду $I = I_0 e^{-\alpha_1 C L}$

Величину $\tau = I/I_0$ називають коефіцієнтом пропускання, а величину $D = -\lg \tau = \lg I_0/I$

оптичною густиною розчину.

Закон Бугера-Ламберта-Бера лежить в основі методу концентраційної колориметрії – фотометричного методу визначення концентрації речовини у забарвленому розчині.

Якщо два розчини певної речовини поглинають світло однаково, то відношення їх концентрацій обернено пропорційне відношенню довжин оптичних кювет.

Будова колориметра. Світло від джерела S , проходячи через конденсорну лінзу, падає на дві

склянки, одна з яких наповнена стандартним розчином $C_{ст}$, а інша – досліджуванним розчином C_x .

Висоти шарів розчинів регулюються за допомогою скляних стовпчиків – плунжерів.

Проходячи через рідини і плунжери, світло потрапляє на призму, а потім - у поле зору

спостерігача.

38. Розсіяння світла в дисперсних середовищах. Молекулярне розсіяння світла. Закон Релея. Нефелометрія.

Коли світлова хвиля проходить через речовину, електрони всередині атомів і молекул здійснюють вимушені коливання з частотою падаючого випромінювання. У цьому випадку вони самі стають вторинними випромінювачами. Розрахунки свідчать про те, що в однорідних середовищах вторинні хвилі в результаті інтерференції гасять одна одну в усіх напрямках, крім напрямку поширення світла, що проходить крізь речовину. Для повного гасіння однорідності середовища, тому що необхідна не тільки когерентність, але й рівність інтенсивних хвиль. За наявності неоднорідності інтенсивність вторинних хвиль у різних місцях і напрямках матиме різні значення, а тому повного гасіння не відбудеться і спостерігатиметься явище розсіяння світла.

Розрізняють два види неоднорідності:

1. Неоднорідності, зумовлені присутністю дрібних сторонніх часток (туман, дим, емульсія). Такі середовища, о складаються з дрібних сторонніх часток, завислих в однорідному середовищі, називаються каламутними. Розсіяння світла в каламутному середовищі називається ефектом Тиндала.
2. Неоднорідності середовища, зумовлені флуктуаціями діелектричної проникності або показника заломлення речовини, називається оптичними. Розсіяння світла на флуктуаціях показника заломлення речовини, викликане молекулярними.

Релей встановив, що під час розсіяння світла в каламутному середовищі на частинках, менших за розміром, ніж $0,2\lambda$, а також при молекулярному розсіюванні інтенсивність розсіяного світла обернено пропорційна четвертому степеню довжини хвилі (закон Релея):

$$I_{\text{розс}} = \frac{\text{const}}{\lambda^4}$$

Якщо розміри неоднорідності значно перевищують довжину хвилі випромінювання, то

$$I_{\text{розс}} = \frac{\text{const}}{\lambda^2}$$

У результаті розсіяння світла по всіх напрямках інтенсивність світла в напрямку поширення зменшується швидше, ніж у випадку одного лише поглинання. Зменшення інтенсивності в цьому випадку описується такими формулами:

$$I = I_0 e^{-\mu L}$$

$$I = I_0 10^{-\mu' L}$$

Де $\mu = k + \alpha$ – коефіцієнт ослаблення $\mu' = 0,43\mu$; k - коефіцієнт розсіяння, α – коефіцієнт поглинання, поділений на одиницю довжини шляху в речовині.

Інтенсивність розсіяного світла в різних напрямках (у наближенні Релея) можна визначити за формулою:

$$I_{\alpha} = \frac{I_{\pi}}{2} (1 + \cos^2 \alpha)$$

Світло, розсіяне під кутом $\alpha = \pi/2$ до напрямку випромінювання, що падає на речовину, виявляється поляризованим, а за інтенсивністю – вдвічі меншим від розсіяного під кутами $\alpha = 0$ і $\alpha = \pi$. Методи вимірювання параметрів (інтенсивності, ступеня поляризації) розсіяного світла з метою отримання інформації про концентрацію, розміри часинок і макромолекул у розчинах і характер міжмолекулярної взаємодії називаються нефелометрією, а самі пристрої – нефелометрами.

39. Основні уявлення квантової механіки: хвильові властивості мікрочастинок, формула де Бройля, хвильова функція та її фізичний зміст, співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Поняття про електронний мікроскоп.

Квантова механіка – це наука, о описує рух мікрочастинок, тобто елементарних частинок, ядер атомів, молекул і систем, що складаються з них.

Існує чотири механіки:

1. Класична механіка Ньютона-Галілея

2. Механіка теорії відносності
3. Квантова механіка
4. Релятивістська квантова механіка

Постулати Бора:

1. Із нескінченної множини електронних орбіт реалізується тільки дискретні «стаціонарні» орбіти, для яких момент кількості руху кратний $\hbar = h/2\pi$, де $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж*с- стала Планка.
2. Випромінювання або поглинання атомами електромагнітних хвиль відбувається при переході електронів з однієї стаціонарної орбіти на іншу. Частота хвиль, які випромінюються атомами при таких переходах, визначається різницею енергій стаціонарних станів до і після випромінювання відповідно до такого рівняння:

$$h\nu = E_{n_k} - E_{n_i}$$

Теорія Бора не тільки дала наочну картину руху електрона в атомі водню, але й дозволила розрахувати можливі значення його енергії:

$$E_n = \frac{-me^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 2n^2 \hbar^2} = -\frac{R\hbar}{n^2}$$

Гіпотеза де Бройля

Корпускулярно-хвильовий дуалізм є особливістю не тільки оптичних явищ, але притаманний усім рухомих матеріальних часткам або предметам. Дуалізм оптичних явищ означає, що світло це:

1. електромагнітні хвилі

2. потік фотонів, що характеризуються енергією E_ϕ та імпульсом p_ϕ

Значення цих характеристик фотонів визначаються частотою ν (довжиною хвилі λ), а саме:

$$E_\phi = h\nu \quad p_\phi = \frac{h\nu}{c} = h/\lambda$$

$$\lambda = h/p_\phi$$

Відповідно до гіпотези де Бройля, не тільки фотон, але й будь-яка рухома атеріальна частинка або тіло мають як корпускулярні, так і хвильові властивості і можуть бути охарактеризовані довжиною хвилі λ , що пов'язана зі швидкістю руху v :

$$\lambda = h/mv$$

відкриття хвильових властивостей електронів сприяло створенню електронного мікроскопа. На відміну від оптичних мікроскопів, формування зображення в електронному мікроскопі створюється за допомогою електростатичних або магнітних лінз.

Межа роздільності електронних мікроскопів складає $3 \cdot 10^{-2}$ м

Співвідношення невизначеностей Гайзенберга

У класичній механіці можна одночасно вказати положення тіла в просторі і його імпульс, що дозволяє вказати просторове положення тіла в наступний момент часу, визначаючи тим самим траєкторію його руху. Завжди існують невизначеності в значеннях і координати й імпульсу, пов'язані певним співвідношенням, яке було встановлено німецьким фізиком Гайзенбергом.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$$

Із цього співвідношення випливає, що, чим точніше ми спробуємо визначити координату частинки, тим з меншою точністю зможемо охарактеризувати її імпульс:

$$\Delta p \approx \frac{\hbar}{\Delta x \rightarrow 0} \rightarrow \infty$$

Належність електрона до атома вимагає, щоб невизначеність у значенні його координати

відповідала атомним розмірам, тобто $\Delta x \sim 10^{-10}$ м, тоді

$$\Delta v \geq \frac{\hbar}{m\Delta x} = 1.05 \cdot 10^{-34} / 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10} \approx 10^6 \text{ м/с}$$

Звідси випливає, що невизначеність у значенні швидкості електрона дорівнює самій швидкості.

Аналогічним чином пов'язані між собою невизначеності енергії частки часу її життя в даному енергетичному стані:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$$

Наведені співвідношення називаються співвідношеннями невизначеностей Гайзенберга. Вони

становлять одне з основних положень квантової механіки.

40. Квантовомеханічна модель атома водню. Рівняння Шредингера. Квантові числа. Енергетичні рівні. Принцип Паулі.

Стационарне рівняння Шредингера описує поведінку електрона в атомі (тобто електрона що рухається в полі ядра) Хвильова функція яка є розв'язком рівняння Шредингера не залежить від часу і характеризує стаціонарні стани системи.

Рівняння Шредингера для найпростішої атомної системи- атома водню:

$$\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E + \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \psi = 0$$

Хвильова функція містить в собі три цілочисельні параметри які називають квантовими числами **Квантові числа** - це енергетичні параметри, що визначають стан електрона і тип атомної орбіталі, на якій він знаходиться. Квантові числа необхідні для опису стану кожного електрона в атомі. Всього 4-ри квантових числа. Це: головне квантове число - n , орбітальне квантове число - l , магнітне квантове число - m_l і спінове квантове число - m_s .

Головне квантове число - n - визначає енергетичний рівень електрона, віддаленість енергетичного рівня від ядра і розмір електронної хмари. Головне квантове число приймає будь-які цілочисельні значення, починаючи з $n = 1$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) і відповідає номеру періоду.

Орбітальне квантове число - l - визначає геометричну форму атомної орбіталі. Орбітальне квантове число приймає будь-які цілочисельні значення, починаючи з $l = 0$ ($l = 0, 1, 2, 3, \dots, n-1$). Незалежно від номера енергетичного рівня, кожному значенню орбітального квантового числа відповідає орбіталь особливої форми.

Магнітне квантове число - m_l - визначає орієнтацію орбіталі в просторі щодо зовнішнього магнітного або електричного поля. Магнітне квантове число приймає будь-які цілочисельні значення від $-l$ до $+l$, включаючи 0. Це означає, що для кожної форми орбіталі існує $2l + 1$ енергетично рівноцінних орієнтацій у просторі - орбіталей.

Спінове квантове число - m_s - визначає магнітний момент, що виникає при обертанні електрона навколо своєї осі. Спінове квантове число може приймати лише два можливих значення $+1/2$ і $-1/2$. Вони відповідають двом можливим і протилежним один одному напрямками власного магнітного моменту електрона - спинах.

Енергетичний рівень — дозволене значення енергії в квантовій механіці. Сукупність енергетичних рівнів називають енергетичним спектром. Математично енергетичний рівень є власним значенням оператора енергії, гамільтоніана. Кожен енергетичний рівень відповідає одному або кільком стаціонарним станам квантової системи. У випадку, коли таких станів кілька енергетичний рівень називають виродженим.

Енергетичний спектр може бути дискретним або неперервним. Дискретний спектр виникає у разі локалізованих станів. Значення енергії у проміжках між дискретними рівнями, не відповідають жодному стаціонарному стану квантової системи, отже є забороненими.

Принцип Паулі — квантово-механічний принцип, згідно з яким у багаточастинковій системі невзаємодіючих ферміонів, ніякі дві частки не можуть описуватися хвильовими функціями з однаковим набором усіх квантових чисел.

Принцип Паулі формально означає неявну взаємодію в багаточастинковій системі, навіть коли

явної взаємодії нема, оскільки коли відомий стан однієї частинки, то водночас достеменно відомо, що жодна інша частинка не перебуває у цьому стані. Особливо яскраво принцип виявляється, коли система невелика, така як s-орбіталь атома, на котрій може перебувати не більше двох електронів одночасно.

Розглянемо два електрони, просторові координати яких збігаються, тоді якщо спінові координати теж збігаються (спіни співнапрямлені), то електрони не можуть перебувати в одній точці, але якщо спіни напрямлені у протилежні сторони, то електрони можуть знаходитися в одній точці простору

41. Випромінювання та поглинання світла атомами та молекулами. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрофотометрія.

1. Спектри випромінювання

Світло сонця, електричної дуги чи лампочки розжарювання розкладаються в суцільну різнобарвну смужку з безперервним переходом одного спектрального кольору в інший, тобто виникає неперервний спектр. Непевність спектра свідчить про те, що в сонячному світі присутні коливання всіх можливих частот (довжин хвиль).

Досліди показують що неперервний спектр випромінює розжарені тверді і рідкі тіла. Газу можуть випромінювати непевний спектр тоді, коли вони перебувають під досить великим тиском. Ця обставина свідчить про те, що існування непевного спектра обумовлено не тільки властивостями окремих випромінюючих атомів, а дуже залежать від взаємодії атомів між собою.

Бліде полум'я газового паяльника чи спиртівки дає ледь помітний непевний спектр. Внесемо в це полум'я шматочок азбесту, змоченого розчином кухонної солі. На фоні ледь помітного неперервного спектра полум'я спалахує яскрава жовта лінія. Речовина, випаровуючись у полум'ї пальника, дають спектр у вигляді кольорових ліній різної яскравості, розділених широкими смугами. Такі спектри називаються лінійчатими.

Вивчення лінійчатих спектрів різних речовин показало, що лінійчаті спектри випромінюють всі речовини в газоподібному атмосферному стані, причому кожен хімічний елемент дає свій лінійчатий спектр, який не збігається зі спектрами інших елементів.

2. Спектри поглинання.

Якщо біле світло пропустити крізь таку речовину, а потім спрямувати на стінку спектроскопа, то в суцільному спектрі білого світла з'являються темні лінії або смуги поглинання.

Такий спектр називають спектром поглинання. Для різних речовин вигляд спектра поглинання буде різним – темні смуги чи лінії поглинання виникають у різних місцях суцільного спектра, мають неоднакову речовину.

Дістанемо знову спектр на екрані у вигляді яскравої жовтої смуги. Потім через полум'я паяльника спрямовуємо на призму пучок світла від проекційного ліхтаря. Тепер за наявності в полум'ї паяльника кухонної солі, на екрані видно непевний спектр електричної дуги з темною лінією якраз у тому місці, де була яскрава жовта лінія натрію. Виникнення цієї лінії пояснюється тим, що атоми натрію з усіх променів електричної дуги поглинають лише ті, які самі здатні випромінювати.

Пара чи газу поглинають проміння лише тих довжин хвиль, які вони самі можуть випромінювати. Під час сонячних затемнень, коли видно тільки сонячну корону, відбувається "обертання" ліній спектра. На місці ліній поглинання в спектрі фотосфери спалахують лінії випромінювання в спектрі корони.

Спектрофотометрія – це сукупність методів визначення кількісних характеристик монохроматичного випромінювання. Спектральна фотометрія дає методи отримання спектрів випромінювання, відбивання, пропускання, поглинання і розсіювання. Вони виражаються графічними залежностями розподілення відповідних величин за довжинами хвиль або частотами випромінювання.

42. Теплове випромінювання тіл, його характеристики. Абсолютно чорне та сірі тіла. Закон Кірхгофа. Теплове випромінювання тіла людини. Поняття про термографію.

Теплове випромінювання тіл – це електромагнітне випромінювання, що створюється тепловим рухом заряджених частинок в речовині. Вся матерія з температурою вище абсолютного нуля випромінює теплове випромінювання. Коли температура тіла більше абсолютного нуля, міжатомні

зіткнення викликають зміни кінетичної енергії атомів або молекул. Характеристики теплового випромінювання: 1) енергетична світність тіла; 2) спектральна випромінювальна здатність; 3) інтегральна поглинальна здатність; 4) спектральна поглинальна здатність; Тіло яке здатне поглинати повністю при будь-якій температурі всю енергію електромагнітних хвиль, які падають на нього незалежно від їх частоти називаються абсолютно чорне. Поглинальна здатність абсолютно чорного тіла = 1. Поряд з поняттям абсолютно чорного тіла використовують поняття сірого тіла- тіла поглинальна здатність якого менша від одиниці але однакова для всіх частот і залежить від температури матеріалу і стану поверхні тіла. Закон Кірхгофа. Відношення випромінювальної здатності тіла до його поглинальної здатності не залежить від матеріалу. Тіло воно є для всіх тіл універсальною функцією частоти Для абсолютно чорного тіла , тобто універсальна функція Кірхгофа є не що інше як випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла. Для довільного тіла тому в довільній області спектра Використовуючи закон Кірхгофа виразу для інтегральної випромінювальної здатності можна надати вигляду:

І закон теплового випромінювання Кірхгофа:

Термографія- це новий напрямок в діагностиці різних захворювань заснований на різниці температур різних ділянок тіла людини. Через те що внаслідок певних захворювань змінюється температура тих чи інших органів з'являється можливість для обстеження за допомогою тепловізара. Саме з його використанням є можливість виявлення і розпізнавання патологічних змін.

43.Закон випромінювання абсолютно чорного тіла: закон випромінювання Планка, закон Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна.

Закон Планка. Закон розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Теоретично вивів Планк на основі гіпотези квантів енергії, цей закон дає залежність від частоти ν і T випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла h -Планка стала; k -Больцмана стала; c - швидкість світла у вакуумі Закон Стефана-Больцмана. Дає залежність енергії випромінювання з одиниці площі поверхні в одиницю часу від ефективної температури тіла, що випромінює. Загальна енергія теплового випромінювання визначається як F Де F - потужність на одиницю площі поверхні випромінювання

Закон зміщення Віна. Дає залежність довжини хвилі на якій потік випромінювання енергії чорного тіла сягає свого максимуму від температури чорного тіла. У системі СІ закон має вигляд T - температура в кельвінах Довжина хвилі що відповідає максимальній випромінювальній здатності абсолютно чорного тіла при заданій температурі обернено пропорційна температурі тіла

44.Фотоефект та його застосування. Внутрішній та зовнішній фотоефекти. Фотоелектричні прилади в медицині.

Фотоефект- явище "вібвання" світлом електронів і металів. Це повне або часткове вивільнення електронів від зв'язків з ядрами атомів речовини внаслідок дії на неї електромагнітного проміння. Явище фотоефекту широко застосовують у наці й техніці воно дозволяє здійснити безпосередньо перетворення енергії. Світла в електричну енергію. Прилади в основі принципу дії яких лежить явище фотоефекту називають фотоелементами. За допомогою фотоелементів здійснюється відтворення звуку, записаного на кіноплівці а так само передання рухомих зображень (телебачення). В аеронавігації у військовій справі широко застосовують фотоелементи. Зовнішній фотоефект – це виліт електронів з поверхні речовини (металу) під дією випромінювання (світла). Внутрішній фотоефект – це утворення вільних зарядів в напівпровідниках під дією електромагнітного випромінювання (світло), це виривання з атомів молекул або іонів електронів які залишаються всередині речовини. Фотоелектричні прилади- це прилади що перетворюють електромагнітну енергію оптичного випромінювання електричну енергію.

45.Люмінесценція: види, основні закономірності, властивості. Закон Стокса. Застосування люмінесценції в медицині.

Люмінесценція- відмінне від теплового освітлення збудженої речовини інша назва – холодне світло. Довготривалу люмінесценцію називають фосфоресценцію, а коротка тривала – флуоресценцією. За механізмом розрізняють такі різновиди люмінесценції: резонансну, спонтанну, вимушену та рекомбінаційну. За типом збудження розрізняють: фотолюмінесценцію, рентгенюлімінесценцію, котодолюлімінесценцію, хемолюлімінесценцію. Речовина у якій спостерігається люмінесценція називається люмінофором. Люмінесценція при збудженні речовини світлом називається фотолюлімінесценцією. При збудженні речовини струмом виникає електролюлімінесценція яка використовується в люмінесцентних лампах. Люмінесценція може продовжуватись ще дуже довго після збудження речовини. Таку люмінесценцію випромінювання на змінній частоті називається фосфоресценцією.

В медицині. Люмінесцентичний аналіз дає змогу визначити якісний та кількісний склад речовин. Застосовують у хімії, геології. Його використовують у видимій області спектра. Люмінесцентичний аналіз може бути застосовано для дослідження понад 3000 органічних сполук які мають власну люмінесценцію, флуоросціюючих неорганічних сполук. У деяких медичних дослідженнях застосовуються спеціальні люмінофори що вводяться в організм і розподіляються по тканинах у відповідності зі своїми властивостями.

Закон Стокса – твердження що сила опору F яку зустрічає тверда кулька радіусом R при повільному рівномірному поступальному русі зі швидкістю v у необмеженому в'язкому середовищі з динамічним коефіцієнтом в'язкості

46.Індуковане випромінювання. Рівноважна та інверсна заселеність енергетичних рівнів. Лазери, принцип дії та застосування в медицині.

Індуковане випромінювання – випромінювання, що виникає у збудженому стані при переході в нормальний стан під дією зовнішніх факторів. Процес індукованого випромінювання знайшов практичне застосування у квантових генераторах.

Інверсна заселеність- стан фізичної квантово-механічної системи в якому кількість частинок у збудженому стані перевищує кількість частинок в основному стані. При інверсній заселеності створюється умови для підсилення вимушеного випромінювання- ефекту. Якщо використовується в лазерах. Інверсна заселеність- підвищення випромінювання шляхом створення у речовині зворотної, по відношенню до рівноважної. Примусове випромінювання буде перевищувати поглинання внаслідок чого зовнішнє випромінювання буде перевищувати поглинання внаслідок чого зовнішнє випромінювання при переходженні речовину буде підсилюватись.

Оптичними квантовими генераторами або лазерами називаються пристрої що створюють когерентні електромагнітні хвилі в оптичному діапазоні на основі вимушеного випромінювання. Властивості лазерного випромінювання: висока монохроматичність, гостра просторова спрямованість, величезна спектральна яскравість. Лазер є джерелом світла з допомогою якої може бути отримано когерентний електромагнітне випромінювання відомий нам з радіотехніки і техніки надвисоких частот. Використовуються: безкровна хірургія, офтальмологія, гастроскопія.