

Міністерство охорони здоров'я України
Українська медична стоматологічна академія

«Затверджено»
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
медичної і біологічної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО (СЕМІНАРСЬКОГО) ЗАНЯТТЯ

Навчальна дисципліна	Медична і біологічна фізика
Модуль №2	Основи медичної фізики
Змістовний модуль №3	Основи медичної фізики
Тема заняття	Взаємодія світла з речовиною (дисперсія, поглинання, розсіювання, фотоефект). Фотометрія.
Курс	I, II
Факультет	Медичний № 1,2, стоматологічний

1. Актуальність теми:

Деякі процеси, що протікають у біологічних системах, супроводжуються явищем люмінесценції. Світіння ряду організмів (деяких бактерій, молюсків, глибоководних риб, комах та ін.) відбувається у видимій області спектра за участю ферментів люцифераз і часто служить інформаційними сигналами для інших особин або є захисною реакцією. У більшості ж випадків світіння тварин і рослин є надслабким, тому це явище було виявлене лише в другій половині ХХ століття, коли з'явилися чутливі прилади, здатні реєструвати одиничні кванти випромінювання.

2. Конкретні цілі:

- Аналізувати явища поглинання та випромінювання світла речовиною;
- Засвоїти основні поняття та закон Бугера-Ламберта-Бера;
- Ознайомитись з основними методами дослідження фотобіології

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція):

Назва попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Фізика 2. Біологія 3. Медицина	Формулювати закони поглинання та відбивання світла; аналізувати спектри поглинання та випускання світла; розрізняти безвипромінювальні та випромінювальні переходи; формулювати стадії фотобіологічних процесів; описувати фізіологічні реакції організму на опромінення світлом різної довжини хвилі.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

№ п/п	Термін	Визначення
1	Дисперсія світла	Залежність показника заломлення середовища від частоти світла.
2	Фотоефект	Це повне або часткове вивільнення електронів від зв'язків з ядрами атомів речовини внаслідок дії на неї електромагнітного проміння (світла, рентгенівського чи гамма-променів).
3	Світловий потік	Кількість енергії, яка переноситься світловими хвилями крізь дану поверхню за одиницю часу.
4	Яскравість	Чисельно дорівнює відношенню сили світла в заданому напрямі до проекції світної поверхні на площину, перпендикулярну до цього напрямку.
5	Освітленість	Чисельно дорівнює світловому потоку, що падає на одиницю площі освітлювальної поверхні.

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Дія ультрафіолетового світла на організм викликає.
2. Які процеси називаються фотобіологічними?
3. Яка чутливість люмінесцентного аналізу?
4. Які фотобіологічні процеси не зв'язані із збільшенням енергії системи і хімічним синтезом?
5. Які фотохімічні реакції лежать в основі фотобіологічних процесів?

6. Що називається квантовим виходом хемілюмінесценції?

4.3. Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

1. Оволодіти технікою розв'язку типових задач;
2. Вивчити будову та принцип дії люксметра.
3. Навчитися користуватися люксметром.
4. Перевірити закон освітленості за допомогою люксметра.
5. Вміти застосовувати отримані знання в нестандартних ситуаціях.

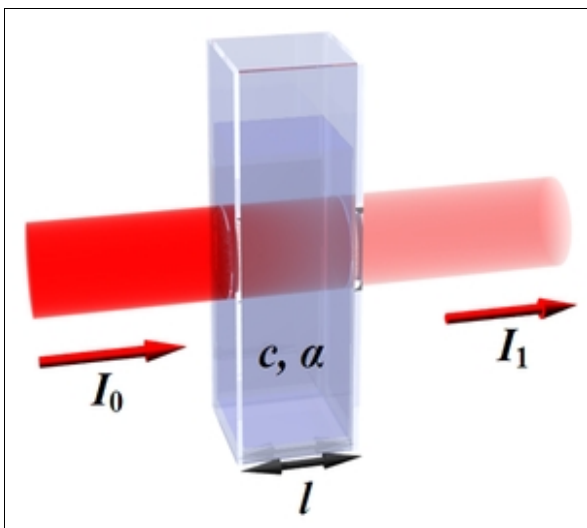
5. Зміст теми:

Фотобіологія – розділ біофізики, що вивчає закономірності і механізми дії електромагнітного випромінювання на біологічні системи різних рівнів організації. Фотобіологічні процеси вельми різноманітні і складаються з багатьох стадій, головними з яких є поглинання кванта світла, фото- і біо-хімічні реакції і, нарешті, фізіологічні реакції на рівні всієї біологічної системи. Таким чином фотобіологія знаходиться на стику біофізики, біохімії і фізіології. До фотобіологічних процесів відносять також явища, що супроводжуються появою збуджених електронних станів з інших причин з подальшим випусканням кванта світла (наприклад, біолюмінесценція).

Фотохімічні реакції

Слід зазначити, що якщо фотофізична складова фотобіологічного процесу є практично універсальною, то фотохімічні реакції відрізняються достатньо великою різноманітністю. Найбільш типовими з них є:

1. Фотоіонізація – вибивання електрона квантом електромагнітного випромінювання з утворенням іонів або вільних радикалів.
2. Фотоперенесення електрона або протона – перенесення елементарної частинки з однієї молекули на іншу або однієї частини молекули на іншу, що відповідає фотоокисненню і фотовідновленню.
3. Фотодиссоціація – розпад молекули на іони під дією кванта електромагнітного випромінювання.
4. Фотоізомеризація – зміна просторової конфігурації молекули під дією кванта електромагнітного випромінювання.
5. Фотодімеризація і фотополімеризація – утворення хімічних зв'язків між мономерами під дією кванта випромінювання.



Згідно закону збереження енергії фотобіологічна дія викликає тільки поглинене електромагнітне випромінювання. У зв'язку з цим спочатку зупинимося на загальнофізичних закономірностях поглинання електромагнітного випромінювання. Поглинанням випромінювання називається ослаблення його інтенсивності при проходженні через речовину, унаслідок перетворення енергії електромагнітного випромінювання в інші види енергії. Колір тіл також визначається співвідношенням поглиненого і відбитого випромінювань.

Фотобіологічні процеси

Загальною закономірністю всіх розглянутих раніше як випромінювальних, так і безвипромінювальних процесів є те, що поглинула квант електромагнітного

випромінювання і що перейшла в збуджений стан молекула, кінець кінцем повертається в незбуджений стан. Проте можливі і інші ситуації, коли навіть таке достатньо коротке перебування молекули у збудженому стані може запустити ланцюг реакцій, послідовність яких об'єднана загальним поняттям – фотобіологічний процес. Це обумовлено тим, що збуджена молекула може вступити у фотохімічні реакції, які в темноті термодинамічно неможливі. Основним результатом таких реакцій є утворення радикалів—молекул або їх частин, що мають неспарені електрони. Оскільки хімічні взаємодії здійснюються, як правило, за рахунок неспарених електронів, то радикали володіють підвищеною хімічною активністю. У такому стані вони здатні вже в темноті вступати в спряжені із стандартними біохімічними реакціями і змінювати їх, що в кінцевому рахунку приводить до у відповідь фізіологічної реакції організму.

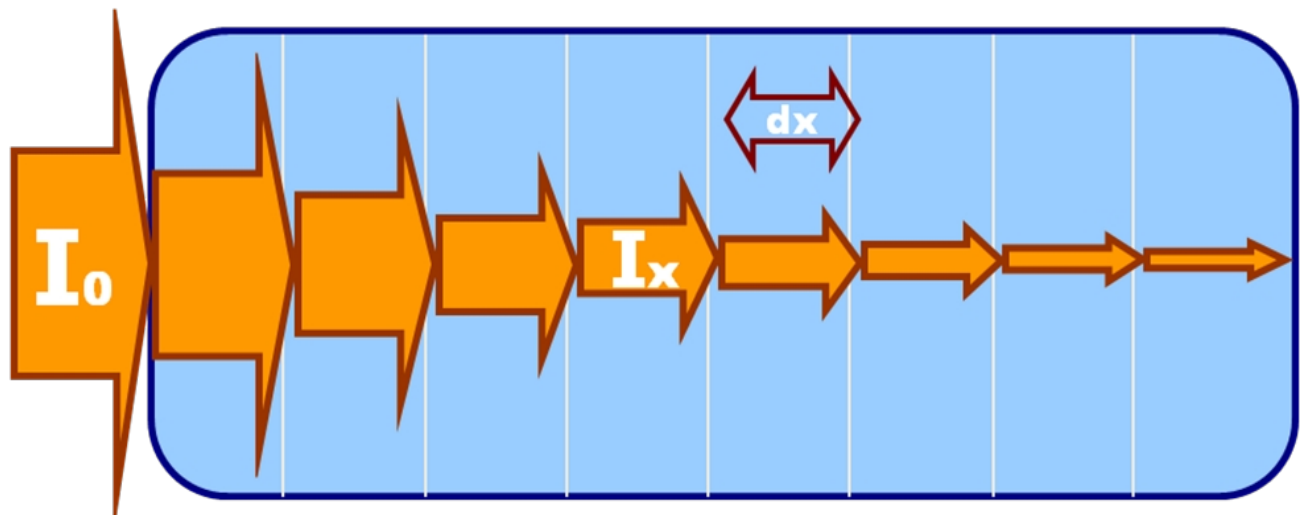
Слід зазначити, що, у зв'язку з коротким часом життя збудженого стани, не кожна збуджена молекула здійснює описану послідовність реакцій. У цьому сенсі переважнішими являються триплетні стани, час життя яких значно більше.

Закон Бугера-Ламберта-Бера

Закон поглинання в однорідному середовищі паралельного пучка монохроматичного випромінювання встановлений Бугером: у кожному подальшому шарі середовища однакової товщини поглинається однакова частка потоку енергії випромінювання, що дійшов до нього.

$$dI_x = -kI_x dx.$$

Ламберт і Бер уточнили фізичний сенс коефіцієнта k для розчинів: $k = qC$, де C – концентрація розчиненої речовини у розчині, а q – коефіцієнт поглинання що характеризує поглинальну здатність речовини. Якщо q відоме, то по вимірюваннях поглинання можна визначати концентрацію розчиненої речовини –метод концентраційної колориметрії.



Фотоперенесення електрона

Перенесення електрона під дією світла від молекули-донора D до молекули-акцептору A —одна з найбільш поширених фотохімічних реакцій, яка здійснюється під час переходу молекули-донора в електронно-збуджений стан. При цьому потенціал іонізації молекули D зменшується на величину енергії збудження, а спорідненість до електрона молекули A збільшується на ту ж величину. Фотоперенесення електрона може відбуватися декількома шляхами: або прямою фотоіонізацією з наступним захопленням електрона (ежекція електрона, або в донорний—акцепторному комплексі безпосередньо в акті поглинання фотона. Після фотоперенесення електрону утворюється іонрадикальна

пара.

Фотоперенесення протона

Фотоперенесення протона, одна з елементарних фотохімічних реакцій, заключаючись в передачі протона від молекули-донора до молекуле-акцептора, причому одна з цих молекул знаходиться в електронно-збудженому стані (синглетному або триплетному). Розрізняють міжмолекулярне і внутрішньомолекулярне фотоперенесення протона. У останньому випадку передача протона відбувається між кислотною і основною групами в одній молекулі. У загальному випадку фотоперенесення протона протікає в декілька стадій: утворення збудженого комплексу з водневим зв'язком, перенесення протона в збудженому комплексі, дисоціація первинного продукту (наприклад, збудженої іонної пари) на іони.

6. Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

таблиці, схеми, малюнки, графіки

Б. Задачі для самоконтролю:

Тестові завдання:

1. Який вигляд має спектр випромінювання ізольованих атомів:

- А) лінійчастий;
- В) смугастий;
- С) суцільний;
- Д) комбінований.

Відповідь: А).

2. Який вигляд має спектр випромінювання ізольованих молекул:

- А) лінійчастий;
- В) смугастий;
- С) суцільний;
- Д) комбінований.

Відповідь: В).

3. Який вигляд має спектр випромінювання рідин:

- А) лінійчастий;
- В) смугастий;
- С) суцільний;
- Д) комбінований.

Відповідь: С).

4. Для збудження атомів необхідно, щоб:

- А) енергія випромінювання була набагато менша різниці енергій між двома електронними рівнями;
- В) енергія випромінювання приблизно дорівнювала різниці енергій між двома електронними рівнями;
- С) енергія випромінювання набагато перевищувала різниці енергій між двома електронними рівнями;
- Д) потужність випромінювання перевищувала $1\text{Вт}/\text{м}^2$;
- Е) потужність випромінювання була менша, ніж $1\text{Вт}/\text{м}^2$.

5. Який вигляд має спектр випромінювання твердого тіла:

- А) лінійчастий;
- В) смугастий;
- С) суцільний;

D) комбінований.

Відповідь: C).

7. . Скільки ліній у спектрі випромінювання можливо спостерігати, якщо електрон із стаціонарного рівня переходить на другий збуджений рівень:

A) одну;

B) дві;

C) три;

D) чотири.

Відповідь: C).

8. Які є види люмінесценції:

A) флуоресценція;

B) франклінізація;

C) фільтрація;

D) фосфоресценція.

Відповідь: A), D).

9. . Які є безвипромінювальні переходи електронів в стаціонарній стан:

A) люмінесценція;

B) фосфоресценція;

C) міграція енергія;

D) перехід енергії в тепло.

Відповідь: C), D).

10. Деякі речовини, наприклад, лікарські препарати промозин, сульфаніламід, прометазин та ін. у сполученні з ультрафіолетовим випромінюванням викликають фотоалергічні реакції:

A) еритема;

B) едема;

C) набряк шкіри;

D) екзема.

11. В залежності від дії, що чиниться на біоб'єкти, в ультрафіолетовій діапазоні виділяють зони:

A) А-зона (антирахітна);

B) В-зона (еритемна);

C) С-зона (бактерицидна);

D) –зона (антирахітна).

E) Е-зона (еритемна)

12. Дія видимого оптичного діапазону на організм викликає

A) фототаксис (рух мікроорганізмів до світла або від нього);

B) фототропізм (поворот листків і стеблин рослин до світла або від нього) ;

C) фотосинтез (утворення органічних сполук за рахунок світлової енергії);

D) ріст і розвиток рослин

E) зорові реакції.

13. Дія ультрафіолетового світла на організм викликає

A) синтез вітаміну D;

B) еритему (почервоніння шкіри, викликане розширенням кровоносних судин шкіри) ;

C) засмагу (утворення у шкірі пігменту меланіну);

D) канцерогенез (утворення пухлин)

E) бактерицидний ефект.

14. Дослідження люмінесценції, що супроводжує реакції перекисного окислення ліпідів, зіграло велику роль у встановленні
- A) схеми цих реакцій);
 - B) механізму дії і ефективності антиоксидантів(сполук, що зв'язує вільні радикали) ;
 - C) механізм дії і ефективності прооксидантів (речовин, які прискорюють перекисне окислення);
 - D) ріст і розвиток рослин
 - E) зорові реакції.
15. Хемілюмінесценція:
- A) супроводжує реакції перекисного окислення ліпідів;
 - B) може бути викликана опроміненням іонізуючими променями, видимим ультрафіолетовим випромінюванням;
 - C) виникає, якщо енергія довільної хімічної реакції досить для утворення продуктів в електронно-збудженому стані;
 - D) може бути під впливом ультразвуку.
16. Хемілюмінесценція виникає в тому випадку, якщо в ході реакції утворюються:
- A) циклічні сполуки;
 - B) продукти в електронно-збудженому стані;
 - C) сполуки, що містять макроергічні зв'язки;
 - D) сполуки, що містять спряжені подвійні зв'язки;
 - E) іони.
17. Квантовим виходом хемілюмінесценції називається:
- A) відношення кількості випущених фотонів до кількості молекул, що прореагували;
 - B) відношення кількості поглинутих фотонів до кількості молекул, що прореагували;
 - C) теж саме, що і швидкість реакції;
 - D) величина, яка чисельно дорівнює квадратному кореню з інтенсивності люмінесценції;
 - E) коефіцієнт пропорційності між швидкістю реакції та концентрацією речовини, що реагує.
18. Які фотобіологічні процеси не зв'язані із збільшенням енергії системи і хімічним синтезом?
- A) фототаксис;
 - B) фототропізм;
 - C) фотоперіодизм;
 - D) ріст і розвиток рослин
 - E) зір.
19. Які фотохімічні реакції лежать в основі фотобіологічних процесів
- A) фотоіонізація;
 - B) фотодисоціація;
 - C) фотовідновлення і фотоокислення;
 - D) фотоізомеризація і фотодимеризація
 - E) процес збудження.
20. Хімічні властивості елементів:
- A) визначаються кількістю електронів в атомі;
 - B) не залежать від кількості електронів в атомі;

- C) визначаються кількістю електронів зовнішнього електронного шару;
- D) не залежить від кількості електронів зовнішнього електронного шару
- E) визначаються будовою зовнішнього електронного шару

21. Хімічні зв'язки молекул виникають :

- A) за рахунок взаємодії між спареними електронами
- B) не за рахунок взаємодії між спареними електронами;
- C) за рахунок взаємодії між неспареними електронами;
- D) не за рахунок взаємодії між неспареними електронами.
- E) за рахунок взаємодії між спареними і неспареними електронами

22. Яка чутливість люмінесцентного аналізу:

- A) 10^{-3} г;
- B) 10^{-6} г;
- C) 10^{-9} г;
- D) 10^{-12} г.

Відповідь: C).

23. Які патології може викликати ультрафіолетове випромінювання:

- A) ентерит;
- B) ерітема;
- C) едема;
- D) емболія.

Відповідь: B).

24. При взаємодії з речовиною світло надає дії:

1) теплове, 2) хімічне, 3) механічне (світловий тиск).

Вкажіть, яке з перерахованих має першорядне значення для зору.

- A. 1) і 2)
- B. 2)
- B. 1) і 3)
- Г. всі перераховані.
- Д. 1)

25. Відчуття різного кольору у людини викликають електромагнітні хвилі ...

- A. різної частоти
- B. однакової інтенсивності
- B. однакової довжини хвилі
- Г. різних фаз
- Д. різних амплітуд

27. Етапи фотобіологічних процесів:

- A) фото фізичний – поглинання кванта світла і перенесення енергії збудженого стану;
- B) фотохімічний – хімічні перетворення молекул;
- C) фізіологічний – відповідь організму на опромінення;
- D) фосфоресценція.

28. Енергія випромінювання оптичного діапазону (крім далекого ультрафіолету), як правило, достатня для:

- A) збудження атомів, але не їхньої іонізації;
- B) збудження й іонізації атомів;
- C) переважно іонізації атомів;
- D) не викликає ні того, ні іншого.

29. Основний внесок у фото пошкодження білків вносять:

- А) заряджені амінокислоти;
- В) полярні амінокислоти;
- С) гідрофільні амінокислоти;
- Д) аліфатичні амінокислоти;
- Е) ароматичні амінокислоти.

7. Література:

Основна:

1. Лабораторний практикум з біофізики/ Доценко В.І. та ін. – Полтава 2003. – С.
2. Практичний курс по загальній фізіології і біофізиці. – Полтава, 1992. – С. 28-43.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: 1987. – §13.1-§13.6.
4. Чалий О.В. та ін. Медична і біологічна фізика. Т.2 – К.: ВПОЛ, 1999.

Додаткова:

1. Губанов Н.И., Утепбергенов А.А. Медична біофізика. – М.: Медицина, 1978. – С. 124-167.
2. Ємчик Л., Кліт Я. Медична біофізика. – Львів, 1998. – С. 39-51.
3. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика. – Харьков: изд. НФАУ, 2003. – 704с.

Розробник:

Самойленко С.О. – викладач, кандидат фізико-математичних наук.