

№9 ТЕПЛОВІ ЕФЕКТИ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ. НАПРАВЛЕНІСТЬ ПРОЦЕСІВ.

1. **Актуальність теми:** У будь-якому живому організмі здійснюються процеси обміну речовин, які включають величезну кількість реакцій, що безперервно протікають і взаємодіють між собою, в ході яких виділяється або поглинається енергія. Цей процес обміну речовин і енергії є найхарактернішою ознакою життя, тому що з його припиненням припиняється і життя.

Більшість реакцій біосинтезу, скорочення м'язів, передача нервового імпульсу, функціонування йонного транспорту крізь клітинні мембрани і робота спеціалізованих внутрішньоклітинних структур сполучені зі споживанням енергії. Тобто, *організм людини – це відкрита термодинамічна система*, що обмінюється з навколишнім середовищем речовиною та енергією.

Знання термодинамічних закономірностей процесів обміну речовин і енергії в організмі людини необхідно:

- 1) при оцінці ефективності біологічних процесів, що протікають в організмі;
- 2) для розрахунку калорійності споживаної їжі;
- 3) для діагностики ряду захворювань (онкологічних, деструктивних, ембріональних і ін.), для яких термодинамічні параметри змінюються в залежності від перебігу процесу (нормальний або патологічний). Розділ науки, що займається вивченням трансформації енергії в живих організмах, називається біоенергетикою.

2. Компетентності навчання, формуванню яких сприяє дисципліна.

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, здатність вчитися і бути сучасно навченим.

Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

Здатність спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово.

Здатність до вибору стратегії спілкування; здатність працювати в команді; навички міжособистісної взаємодії.

Здатність до здійснення саморегуляції та ведення здорового способу життя, здатність до адаптації та дії у новій ситуації.

Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань.

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Здатність розв'язувати типові задачі та вирішувати практичні проблеми у процесі навчання.

Вміння трактувати хімічні та біохімічні процеси з позиції їх теплових ефектів.

3. Конкретні цілі:

Трактувати теплові ефекти хімічних та біохімічних процесів.

Вміти використовувати термодинамічні функції для оцінки направленості процесів, пояснювати енергетичне супраження в живих системах.

Вміти за допомогою термодинамічного методу дослідження вивчати обмін речовин і енергії, що відбувається в живих організмах.

Вміти виконувати термохімічні розрахунки.

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

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Хімія і фізика (шкільний курс)	Мати уявлення про ендо- та екзотермічні реакції.
2. Медична і біологічна фізика	Розуміти термодинаміку відкритих медико-біологічних систем. Мати уявлення про значення термодинаміки для охорони навколишнього середовища.
3. Медична біологія	Мати уявлення про макроергічні сполуки. Вміти характеризувати макроергічні зв'язки.
4. Українська мова за професійним спрямуванням	Володіти знаннями рідної мови. Бути здатним спілкуватися рідною мовою як усно, так і письмово.
5. Безпека життєдіяльності, основи біоетики та біобезпеки	Прагнути до збереження навколишнього середовища. Навички здорового способу життя.

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття та на занятті.

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

Термін	Визначення
1. Термодинаміка –	наука, що вивчає взаємоперетворення різних видів енергії, які пов'язані з переходом між тілами у формі тепла і роботи.
2. Хімічна термодинаміка	Це розділ фізичної хімії, що вивчає перетворення різних видів енергії в хімічних процесах.
3. Біоенергетика	Розділ хімічної термодинаміки, що вивчає перетворення енергії у біологічних системах
4. Термодинамічна система	Це тіло або сукупність тіл, які перебувають у взаємодії та відокремлені від навколишнього середовища реальною або уявною поверхнею поділу.
5. Перший закон термодинаміки	1) В ізольованій системі сума всіх видів енергії стала. 2) Неможливо створити вічний двигун першого роду, тобто здійснити роботу без витрати енергії. 3) Різні форми енергії переходять одна в одну в еквівалентних співвідношеннях, при взаємодії енергія не зникає і не створюється.
6. Закон Гесса	Тепловий ефект реакції не залежить від шляху перебігу реакції, а визначається тільки початковим і кінцевим станами системи.
7. Другий закон термодинаміки.	1) Неможливо побудувати вічний двигун другого роду, тобто неможливо теплоту повністю перетворити в роботу. 2) Неможливо здійснити перехід тепла від більш холодного тіла до більш гарячого, не виконуючи при цьому роботи.
8. Рівняння Гіббса	$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (G – енергія Гіббса; H – ентальпія; T – температура; S – ентропія)
9. Макроергічні сполуки	При окисненні в організмі вуглеводів, жирів та білків вивільняється енергія, яка накопичується в макроергічних сполуках, багатих енергією. - АТФ – аденозинтрифосфат - АДФ – аденозиндифосфат - Фосфоенолпіруват - Креатинфосфат

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Термодинаміка. Основні поняття хімічної термодинаміки: система, параметри системи, функції стану системи, процеси
2. Перший закон термодинаміки, його біологічне значення. Внутрішня енергія, ентальпія. Стандартні теплоти (ентальпії) утворення та згоряння речовин.
3. Термохімія. Тепловий ефект хімічної реакції. Закон Гесса і слідства з нього.
4. Другий закон термодинаміки, його біологічне значення
5. Ентропія, фактори, що впливають на її величину. Роль ентропійного фактору для характеристики системи і процесів.
6. Енергія Гіббса, її значення для термодинамічних розрахунків. Вплив ентропійного і ентальпійного факторів на можливість самовільного проходження процесу.
7. Особливості енергетичного обміну в живих організмах як відкритих системах. Макроергічні сполуки.
8. Енергетичні супряження в живих системах: екзергонічні та ендергонічні процеси в організмі.

Зміст теми (тези):

1. *Термодинаміка. Основні поняття хімічної термодинаміки: система, параметри системи, функції стану системи, процеси.*

Закони взаємних перетворень різних видів енергії, пов'язаних з переходами енергії між тілами у вигляді теплоти і роботи, вивчає **термодинаміка**.

Хімічна термодинаміка застосовує закони таких перетворень для визначення можливості напряду і ступеня протікання хімічних реакцій

Розділом хімічної термодинаміки є **біоенергетика**, що вивчає перетворення енергії у біологічних системах, а саме: шляхи перетворення біосубстратів в організмі, які є джерелом енергії для його життєдіяльності (фотосинтез, гліколіз, тканинне дихання тощо); механізм трансформації енергії окиснення в енергію, нагромаджену в макросполуках (АТФ, креатинфосфат, АДФ та ін.); механізм використання макроергічних (багатих енергією) сполук для здійснення в організмі різних видів роботи.

Основні поняття:

Термодинамічна система – це тіло або сукупність тіл, які перебувають у взаємодії та відокремлені від навколишнього середовища реальною або уявною поверхнею поділу.

Є системи: ізольовані, відкриті, закриті.

Ізольована – це така система, яка не обмінюється з навколишнім середовищем ні речовиною, ні енергією.

Закрита – обмінюється з навколишнім середовищем енергією і не

обмінюється речовиною.

Відкрита – обмінюється з навколишнім середовищем як енергією так і речовиною.

Параметри стану – величини, які характеризують стан системи:

а) *екстенсивні*, які залежать від розмірів системи (об'єм, маса, теплоємність).

б) *інтенсивні*, які не залежать від розмірів системи (температура, тиск, концентрація, потенціал).

Якщо в ТД системі змінюється хоча б один із параметрів, то в ній відбувається **термодинамічний процес**.

Оборотні процеси це процеси, які можна здійснити в прямому і зворотному напрямках через ті ж проміжні стадії без будь-яких змін у системі та в навколишньому середовищі.

Необоротні процеси це процеси, які у прямому напрямку протікають не так, як у зворотному, залишаючи у навколишньому середовищі сліди свого протікання.

2. *Перший закон термодинаміки. Внутрішня енергія, ентальпія. Стандартні теплоти (ентальпії) утворення та згоряння речовин.*

Перший закон термодинаміки:

- 1) В ізольованій системі сума всіх видів енергії стала.
- 2) Неможливо створити вічний двигун першого роду, тобто здійснити роботу без витрати енергії.
- 3) Різні форми енергії переходять одна в одну в еквівалентних співвідношеннях, при взаємодії енергія не зникає і не створюється.

Математичний вираз першого закону термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A,$$

де Q – кількість теплоти (кДж),

ΔU – зміна внутрішньої енергії,

A – здійснена робота (кДж).

Внутрішня енергія (U) – це загальний запас енергії, що складається з кінетичної енергії руху її складових частин (молекул, атомів, йонів) та потенціальної енергії їх взаємодії, без врахування кінетичної та потенціальної енергії системи в цілому.

Робота (A) – спосіб передачі енергії, пов'язаний зі зміною зовнішніх параметрів системи (кДж).

Ентальпія (H) (кДж/моль) – термодинамічна функція, яка характеризує енергетичний стан системи при *ізобарно-ізотермічних умовах*. Вона чисельно дорівнює сумі внутрішньої енергії (U) і добутку об'єму речовини (V) на зовнішній тиск(p).

$$H = U + pV$$

Стандартна ентальпія реакції (ΔH^0) це величина теплового ефекту виміряна при стандартних умовах і взята з протилежним знаком

Стандартна теплота (ентальпія) утворення речовини ($\Delta H_{\text{утвор}}^0$) – це тепловий ефект реакції утворення одного моля складної речовини з простих речовин за стандартних умов.

Стандартна теплота (ентальпія) згоряння речовини ($\Delta H_{\text{згор}}^0$) – це тепловий ефект реакції згоряння 1 моля речовини в атмосфері кисню з утворенням вищих стабільних оксидів.

3. *Термохімія. Тепловий ефект хімічної реакції. Закон Гесса і слідства з нього.*

Термохімія – розділ хімії, що вивчає теплові ефекти реакцій.

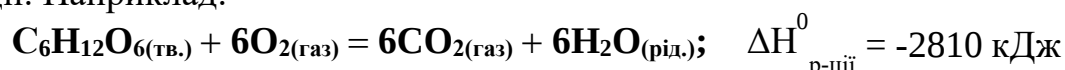
В **екзотермічному процесі** $Q > 0$, значення $\Delta H < 0$, тобто йде зменшення тепловмісту системи.

В **екзотермічному процесі** $Q > 0$, значення $\Delta H < 0$, тобто йде зменшення тепловмісту системи.

Закон Гесса:

Тепловий ефект реакції не залежить від шляху перебігу реакції, а визначається тільки початковим і кінцевим станами системи.

Термохімічні рівняння – це рівняння хімічних реакцій, в яких наведені значення їх ентальпій та вказаний агрегатний стан реагентів і продуктів реакції. Наприклад:



Для термохімічних розрахунків велике значення мають наслідки, які випливають із закону Гесса.

Наслідки із закону Гесса

1. Тепловий ефект прямої реакції дорівнює тепловому ефекту зворотної реакції з протилежним знаком.

2. Тепловий ефект реакції утворення дорівнює різниці сум ентальпій утворення продуктів реакції і вихідних речовин.

3. Тепловий ефект реакції згоряння дорівнює різниці сум ентальпій згоряння вихідних речовин і продуктів реакції.

4. *Другий закон термодинаміки.*

Другий закон термодинаміки визначає умови самодовільного протікання процесів:

1) Неможливо побудувати вічний двигун другого роду, тобто неможливо теплоту повністю перетворити в роботу.

2) Неможливо здійснити перехід тепла від більш холодного тіла до більш гарячого, не виконуючи при цьому роботи.

5. *Ентропія та її зміна у самочинному процесі фактори, що впливають на її величину. Роль ентропійного фактору для характеристики системи і процесів.*

Ентропія (S , Дж/моль K) – це міра неупорядкованості системи. Чим більша неупорядкованість системи, тим більша її ентропія.

В ізольованих системах самовільно відбуваються такі процеси, при яких ентропія збільшується.

На ентропію впливає ряд факторів:

- агрегатний стан,
- маса частинок речовини,
- твердість,
- ступінь дисперсності,
- температура,
- тиск.

6. Енергія Гіббса, її значення для термодинамічних розрахунків. Вплив ентропійного і ентальпійного факторів на можливість самочинного проходження процесу.

На перебіг хімічного процесу впливають два фактори: ентальпійний та ентропійний.

Сумарний ефект ентальпійного та ентропійного факторів можна виразити як енергію Гіббса.

Енергія Гіббса:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

де ΔG – вільна енергія Гіббса, кДж/моль;

ΔH – ентальпія (теплота, що виділяється або поглинається в процесі хімічної реакції);

ΔS – ентропія (міра неупорядкованості системи);

$T\Delta S$ – зв'язана енергія, що не може бути використана для здійснення роботи.

Умова самочинного процесу: $\Delta G < 0$.

7. Особливості енергетичного обміну в живих організмах як відкритих системах. Макроергічні сполуки.

При окисненні в організмі вуглеводів, жирів та білків вивільняється енергія, яка накопичується в **макроергічних сполуках**, багатих енергією.

- АТФ – аденозинтрифосфат
- АДФ – аденозиндифосфат
- Фосфоенолпіруват
- Креатинфосфат
- Ацетил-КоА

АТФ – універсальне джерело енергії для біохімічних реакцій в організмі, таких як:

- синтез нуклеїнових кислот;
- синтез білків-регуляторів;
- синтез структурних білків;
- синтез транспортних білків;
- утворення глюкози; розщеплення ліпідів;

- транспорт речовин та ін.

8. *Енергетичні супряження в живих системах: екзергонічні та ендергонічні процеси в організмі.*

Біохімічні реакції, що супроводжуються зменшенням енергії Гіббса ($\Delta G_{p-цїї} < 0$), тобто відбуваються самочинно, називають **екзергонічними**.

Якщо ΔG є додатною величиною ($\Delta G_{p-цїї} > 0$), то реакція відбуватиметься лише в разі надходження енергії ззовні, і таку реакцію називають **ендергонічною**.

Матеріали для самоконтролю:

А. Завдання для самоконтролю:

1. Вказати, в якому випадку реакція є ендотермічною:
 - а) якщо енергія продуктів дорівнює енергії вихідних речовин;
 - б) якщо енергія продуктів більша, ніж енергія вихідних речовин;
 - в) якщо енергія продуктів менша, ніж енергія вихідних речовин;
 - г) це можна зробити, якщо відомо, виділяється теплота, чи поглинається.
2. Вибрати термохімічні рівняння екзотермічних реакцій:
 - а) $O_2 + 1/2 O_2 = O_3$; $\Delta H = 142 \text{ кДж}$;
 - б) $1/2 O_2 + H_2 = H_2O_{(г)}$; $\Delta H = - 242 \text{ кДж}$;
 - в) $H_2O + 1/2 O_2 = H_2O_2$; $\Delta H = 98,2 \text{ кДж}$;
 - г) $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O_{(р)}$; $\Delta H = - 285,8 \text{ кДж}$.
3. Вказати, для якої з речовин стандартна ентальпія утворення дорівнює нулю:
 - а) $Br_{2(г)}$;
 - б) $Br_{2(р)}$;
 - в) $Br_{2(т)}$;
 - г) $HBr_{(г)}$.
4. Що вивчає біоенергетика?
 - а) закони перетворення різних видів енергії в живих організмах
 - б) закони перетворення енергії харчових продуктів в роботу м'язів
 - в) закономірності переходу енергії з одного виду в інший
 - г) закони перетворення тепла в живих організмах
5. Математичним виразом першого закону термодинаміки є рівняння:
 - а) $Q = \Delta U + A$
 - б) $Q = \Delta U - A$
 - в) $\Delta U = Q - A$
 - г) $\Delta U = Q + A$

Б. Задачі для самоконтролю:

1. За певних умов вуглець масою 120 г окиснюють до карбон (II) оксиду. При цьому виділяється 1105 кДж теплоти. Напишіть термохімічне рівняння реакції.

2. Дано термохімічне рівняння реакції горіння карбон (II) оксиду:



Обчислити кількість теплоти, що виділиться при спалюванні:

- а) 4 моль карбон (II) оксиду;
- б) 4 г карбон (II) оксиду;
- в) 4 л (за н.у.) карбон (II) оксиду.

3. Визначити умови зміни ентальпії і зміни ентропії реакції, при яких вона буде відбуватися самочинно за будь-якої температури:

- а) $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$;
- б) $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$;
- в) $\Delta H > 0$, $\Delta S < 0$;
- г) $\Delta H < 0$, $\Delta S > 0$.

Література

Основна:

1. Медична хімія: підручник для ВНЗ / В.О. Калібабчук, І.С. Чекман, В.І. Галинська та ін.; за ред.. проф.. В.О. Калібабчук – К. ВСВ «Медицина», 2018 – 328с. (С. 45 – 61).
2. Медична хімія / В.О. Калібабчук, Л.І. Грищенко, В.І. Галинська, С.М. Гождзінський, Т.О. Овсянікова, В.А. Самарський. – К. «Інтермед», 2006, – 460с. (С. 56 – 77).
3. Харченко С. В. Медична хімія. – Полтава: Полтавський літератор, 2014. – 212 с. (С. 80 – 89).

Додаткова:

1. Музиченко В.П. Медична хімія. Медицина (Київ). – 2010. – 496 с.
2. Миронович Л.М. Медична хімія: Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2008. – 159 с. (С. 59 – 70).
4. Порецький А.В., Баннікова-Безродна О.В., Філіппова Л.В. Медична хімія: Підручник. — К.: ВСВ “Медицина”, 2012. — 384 с.
5. Мороз А.С. Медична хімія : підручник / , Д.Д. Луцевич, Л.П. Яворська. - Вінниця : Нова книга, 2006. - 776 с. (С. 366 – 414).

2. www.umsa.edu.ua

(веб-сторінка Української медичної стоматологічної академії).