

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В. В. Машенко

БІОХІМІЯ

Робоча навчальна програма та конспект лекцій

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2007

УДК 577.1 (076)

Мащенко В.В. Біохімія: Робоча навчальна програма та конспект лекцій. – Миколаїв: НУК, 2007. – 52 с.

Кафедра хімії

Видання містить теоретичні відомості з тем курсу, контрольні питання та тестові завдання.

Призначено для студентів гуманітарного інституту спеціальності 6.010200 "Олімпійський та професійний спорт", для вчителів та учнів шкіл з поглибленим вивченням природничих наук.

Рецензент: д-р. біол. наук, проф., зав. каф. біології МДУ
ім. В.О. Сухомлинського О. І. Цебржинський

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Підготовка кваліфікованого спеціаліста потребує глибокого опанування знань з процесів життєдіяльності організму людини, тому вивчення біохімії – важливий етап у формуванні спеціаліста в цій галузі. Оволодіння біохімічними знаннями є основою для вивчення таких дисциплін, як фізіологія, гігієна, спортивна медицина.

Біохімія вивчається на I курсі (I семестр). Даний комплект навчально-методичних матеріалів призначений для самостійної роботи та перевірки знань студентів. Він складається з навчальної програми, теоретичної частини "Статична біохімія", яка включає в себе теоретичні відомості про основні класи органічних сполук (будова, біологічні функції, хімічні властивості), методику виконання лабораторних та різних видів самостійної роботи.

2. ПРОГРАМА З БІОХІМІЇ

Вступна тема. Загальні відомості про біохімію

Біохімія – наука про хімічний склад організму людини і процеси життєдіяльності в ньому.

Завдання та мета загальної і функціональної біохімії. Місце біохімії у системі підготовки спеціалістів з професійного та олімпійського спорту. Біохімія як один з розділів функціональної біохімії. Хімічний склад організму людини. Макро- та мікроелементи. Біополімери і особливості їх будови.

Література: [1, с. 5–25]; [2, с. 8–25]; [3, с. 6–7; 10–15].

Розділ 1. Водно-дисперсні системи організму

Тема 1.1. Загальні відомості про водно-дисперсні системи

Поняття про дисперсні системи. Класифікація дисперсних систем. Розчини. Склад розчинів та способи їх вираження (масова доля, молярна концентрація, титр розчинів).

Властивості розчинів. Дифузія. Осмотичний тиск і його роль у біологічних процесах.

Електролітична дисоціація. Активна реакція середовища. Водневий показник. Буферна дія.

Тема 1.2. Загальні властивості водно-дисперсних систем організму

Колоїдний стан речовин та умови його утворення. Приклади використання колоїдів у промисловості та побуті. Загальні властивості колоїдних розчинів. Сольватація колоїдних частинок і утворення міцел. Коагуляція і умови її виникнення. Ліофільні та ліофобні розчини.

Драглі, емульсії та їх будова.

Література: [1, с. 26–41]; [3, с. 16–29].

Розділ 2. Статична біохімія

Тема 2.1. Вуглеводи

Загальні властивості про вуглеводи. Розповсюдження та біологічна роль вуглеводів. Класифікація вуглеводів: моно-, оліго- та полісахариди.

Моносахариди – поліоксиальдегіди та поліоксикетони. Класифікація за довжиною карбонового ланцюга. Ізомерія моноз.

Пентози – рибоза та дезоксирибоза, їх властивості, будова і біологічна роль.

Гексози – глюкоза, фруктоза, галактоза, їх будова, розповсюдження в природі, властивості, біологічна роль.

Дисахариди – сахароза, мальтоза, лактоза, їх будова, властивості, розповсюдження в природі і біологічна роль.

Полісахариди – крохмаль, глікоген, клітковина, їх будова, властивості, біологічна роль і розповсюдження в природі.

Література: [1, с. 41–55]; [2, с. 151–162]; [3, с. 68–88].

Тема 2.2. Ліпіди

Загальні відомості про ліпіди. Їх розповсюдження у природі, класифікація і біологічна роль.

Хімічний склад та будова жирів. Насичені та ненасичені жирні кислоти (масляна, капронова, пальмітинова, стеаринова, олеїнова, лінолева, ліноленова).

Фізико-хімічні властивості жирів. Умови емульгації жиру. Омилення жирів.

Фосфоліпіди. Загальні відомості про аміноспирти (коламін, холін). Будова, властивості та біологічна роль лецитинів та кефалінів.

Стерини. Стериди. Їх біологічна роль.

Література: [1, с. 55–265]; [2, с. 184–191]; [3, с. 89–97].

Тема 2.3. Білки і нуклеїнові кислоти

Загальна характеристика білків. Білки – основа життя. Амінокислоти – структурні елементи білкових молекул, їх будова та властивості. Утворення пептидів та поліпептидів. Пептидний зв'язок та інші види зв'язків у білковій молекулі.

Структура (первинна, вторинна, третинна і четвертинна) та фізико-хімічні властивості білків.

Класифікація білків в залежності від їх походження, будови молекул, хімічного складу та властивостей.

Прості білки (протеїни) – альбуміни, глобуліни, протаміни, гістони, протеноїди. Їх склад, будова і властивості.

Складні білки (протеїди) – фосфопротеїди, глікопротеїди, ліпопротеїди, хромопротеїди, нуклеопротеїди.

Хромопротеїди – гемоглобін, міоглобін, їх будова, властивості та біологічна роль.

Структурні елементи нуклеїнових кислот. Утворення нуклеозидів та нуклеотидів. Будова і біологічна роль ДНК та РНК.

Загальні відомості про будову і біологічну роль аденілових кислот АМФ, АДФ, АТФ.

Література: [1, с. 65–88]; [2, с. 212–224; 227–246]; [3, с. 30–67].

Тема 2.4. Ферменти

Ферменти – каталізатори, їх роль в процесах життєдіяльності. Хімічна кінетика. Швидкість хімічних реакцій і вплив на швидкість різних факторів. Закон діючих мас. Хімічна рівновага.

Загальні відомості про каталіз. Гомогенний і гетерогенний каталіз.

Будова та властивості ферментів. Залежність активності від температури і реакції середовища. Специфічність ферментів.

Класифікація ферментів: гідролази, оксидоредуктази, ферази, ліази, лігази, ізомераз. Номенклатура ферментів.

Література: [1, с. 88–102]; [2, с. 88–104]; [3, с. 116–129].

Тема 2.5. Вітаміни і гормони

Загальні відомості про вітаміни. Їх біологічна роль. Гіпо-, гіпер- та авітамінози.

Класифікація і номенклатура вітамінів. Особливості будови і обміну жиророзчинних вітамінів. Особливості будови і обміну водорозчинних вітамінів.

Вітаміни в харчовому раціоні спортсмена.

Гормони. Загальні відомості про залози внутрішньої секреції та гормони. Біохімічний зміст гормональної регуляції обміну речовин та його взаємозв'язок з діяльністю центральної нервової системи.

Хімічна будова та біологічна роль гормонів гіпоталамусу, гіпофізу, щитовидної, парашитовидної, підшлункової, надниркових та статевих залоз. Захворювання, що пов'язані з гіпер- та гіпофункцією ендокринних залоз.

Використання гормонів в медицині та спортивній практиці. Стероїдні анаболіки як допінг.

Взаємозв'язок між діяльністю різних ендокринних залоз та їх гормонів.

Спільне та відмінне між ферментами, вітамінами і гормонами.

Література: [1, с. 102–123]; [2, с. 105–149]; [3, с. 98–115; 130–144].

3. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. – К.: Олимпийская литература, 2000. – 503 с.

2. Меньшиков В.В., Волков Н.И. Биохимия: Учеб. для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.

3. Явоненко О.Ф., Яковенко Б.В. Біохімія: Підруч. для студ. спец. "Фізична культура" пед. ун-тів. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2002. – 380 с.

Додаткова література

1. Березов Т.Т., Коровкин В.В. Биологическая химия. – М.: Медицина, 1998. – 543 с.
2. Биохимия: Учеб. для институтов физической культуры / Под ред. Н.Н. Яковлева. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 333 с.
3. Биохимия: Учебник для вузов / Под ред. Н.Е. Кучеренко, Ю.Д. Бабенюка, А.Н. Васильева. – К.: Вища школа, 1988. – 432 с.
4. Волков Н.И., Королев А.В., Хосни М. Теория и практика интервальной тренировки в спорте. – М.: ВА им. Ф.Э. Дзержинского, 1995. – 196 с.
5. Ермолаев М.В., Ильичева А.Г. Биологическая химия. – М.: Медицина, 1990. – 263 с.
6. Зотов В.П. Восстановление работоспособности в спорте. – К.: Здоровье, 1990. – 197 с.
7. Калининский М.И., Курский М.Д., Осипенко А.А. Биохимические механизмы адаптации при мышечной деятельности. – К.: Вища школа, 1986. – 183 с.
8. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3 т.: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
9. Мохан Р., Глессон М., Гринхафар. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. – К.: Олимпийская литература, 2001. – 285 с.
10. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. – 2-е изд. /Ершов Ю.А., Попков В.В., Берляну А.С., Книжник А.З. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с.

4. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Загальні відомості про біохімію

Біохімія – наука, що вивчає склад, будову та властивості речовин живої природи, а також перетворення в процесі життєдіяльності живих об'єктів. Біохімія вивчає як хімічну природу речовин, з яких побудований живий організм, так і їх перетворення залежно від діяльності органів і тканин. У живих організмах містяться майже всі відомі в природі (81 стабільний елемент) хімічні елементи. У найбільшій кількості наявні чотири хімічних елементи, частка яких становить майже 98 % хімічного вмісту клітин – це органогенні

елементи: Оксиген (кисень), Карбон (вуглець), Гідроген (водень) та Нітроген (азот). Макроелементи, сумарна частка яких досягає 1,9 % – Фосфор, Калій, Натрій, Хлор, Сірка, Кальцій, Магній, Залізо. Інші хімічні елементи, їх понад 50, належать до мікроелементів, частка кожного з них становить від 10^{-3} до 10^{-12} % – Йод, Купрум, Цинк, Молібден, Марганець, Кобальт та ін. Ще менше у клітині ультрамікроелементів: Аргентуму, Ауруму, Броду, Плюмбу та ін.

Хімічні елементи, які містяться в клітині, входять до складу неорганічних та органічних сполук або перебувають у вигляді іонів.

Абсолютна більшість органічних біомолекул розглядаються як похідні вуглеводнів, в яких один або більше атомів водню заміщені різними функціональними групами. Утворюються різні класи органічних сполук (табл. 1).

Таблиця 1. Класи органічних сполук

Назва класу	Структурна формула	Функціональна група
Вуглеводні	$R-CH_3$	H
Спирти	$R-CH_2-OH$	$-OH$
Альдегіди	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow H \end{matrix}$
Кетони	$R'-C(=O)-R''$	$-C(=O)-$
Карбонові кислоти	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix}$
Етери	$R'-CH_2-O-CH_2-R''$	$-CH_2-O-CH_2-$
Естери	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O-R' \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O- \end{matrix}$
Аміди	$R-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$	$-C \begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow NH_2 \end{matrix}$
Аміни	$R-NH_2$	$-NH_2$

Органічні речовини можуть мати в своєму складі декілька функціональних груп. У зв'язку з цим вони одержують змішані властивості та здатні брати участь в перетвореннях, характерних для кожної групи окремо. Збільшення числа функціональних

груп призводить до зростання хімічної активності. До сполук, які мають поліфункціональні властивості, належать амінокислоти, що містять амінну та карбоксильну групи. Глюкоза містить гідроксильні групи та альдегідну.

Хімічний склад клітини живого організму відображає важливу ознаку живої матерії – як високий рівень структурної організації.

Будь-яка складова частина живого організму має спеціальне призначення і виконує конкретну функцію (органи – серце, легені, мозок; внутрішньоклітинні структури – ядро, мітохондрії, лізосоми; хімічні сполуки – білки, нуклеїнові кислоти, ліпіди).

4.2. Водно-дисперсні системи організму

Однією з незвичайних речовин за своїми фізико-хімічними властивостями та значенням для життєдіяльності організмів є вода.

Вода – універсальний розчинник і стабілізатор розчинених біологічних молекул та іонів, вона сприяє збереженню внутрішньоклітинного тиску і форми клітин, в якості субстрата бере участь у синтезі та гідролізі біологічних речовин, виконує роль регулятора теплового балансу.

Вміст води в організмі людини коливається від 65 до 75 % загальної маси залежно від віку, статі та функціонального стану.

Здатність молекул води бути диполями та утворювати водневі зв'язки надає їй виняткові якості як розчинника. Вода є універсальним і домінуючим дисперсійним середовищем та активним учасником реакцій обміну речовин (гідролізу, гідратації, набухання, травлення, кровотворення).

Вільна вода складає основу багатьох біологічних рідин: крові, лімфи, слини, сечі. Вона бере участь в обміні речовин між клітинами тіла і зовнішнім середовищем, виводить продукти внутрішньоклітинного обміну.

Гідратаційна вода входить до складу гідратних оболонок неорганічних іонів, білків, полісахаридів, нуклеїнових кислот, бере участь у формуванні просторових структур більшості біополімерів.

Імобілізаційна вода знаходиться в замкнутих структурах різних молекул чи мембран, але не входить до складу їх гідратних оболонок. Ця вода знаходиться в порах мембран і рибосом, в ядрах, мітохондріях та міцно з ними пов'язана.

При окисненні різних речовин синтезується різна кількість води: при окисненні 100 г жиру утворюється 107 г води; 100 г білку – 41 г, 100 г вуглеводів – 55 г. Утворення води збільшується під час м'язової роботи, а також при охолодженні організму.

Розчинами називають гомогенні термодинамічно стійкі системи, що складаються з двох і більше компонентів. Концентрацією розчину називається кількість розчиненої речовини, яка міститься у певній кількості маси або об'єму.

Масова частка (w) розчиненої речовини – це відношення маси розчиненої речовини (m_i) до загальної маси розчину (Σm_i):

$$w = m_i / \Sigma m_i, \text{ або } w = m_p \cdot 100 / m_{\text{розч}},$$

де m_p – маса розчиненої речовини; $m_{\text{розч}}$ – маса розчину.

Величина масової частки виражається як у долях одиниці, так і у відсотках.

Молярна концентрація (C_m) показує число молей розчиненої речовини в одиниці об'єму

$$C_m = \frac{v}{V} = \frac{m}{MV} \text{ моль / л,}$$

де v – кількість молей; V – об'єм розчину, л; M – молярна маса, г/моль; m – маса речовини, г.

Важливу роль у життєдіяльності організму відіграє явище дифузії. Дифузія – це довільний процес вирівнювання концентрації розчиненої речовини у розчині, зумовлений тепловим рухом частинок розчиненої речовини та розчинника. Дифузія розчиненої речовини відбувається в напрямку з розчину вищої концентрації у розчин нижчої концентрації. З дифузією пов'язаний процес переносу поживних речовин та продуктів обміну в живих організмах. Дифузія відбувається і тоді, коли на межі між розчином і розчинником помістити напівпроникну перегородку – мембрану. Властивістю напівпроникних перегородок є те, що через їх пори можуть проходити тільки молекули розчинника. Напівпроникність властива багатьом природним плівкам, таким як стінки клітин живих організмів, стінки кишечника.

Однобічну дифузію розчинника через напівпроникну мембрану у більш концентрований розчин називають осмосом, а рівноважний гідростатичний тиск – осмотичним тиском розчину.

Кров, лімфа, а також усі тканинні рідини живих організмів є водними розчинами молекул та іонів багатьох речовин – органічних та мінеральних. Ці розчини мають певний осмотичний тиск, який в крові людини досить постійний. При 37 °С він досягає $7,4 \cdot 10^2 \dots 7,8 \cdot 10^2$ кПа. Таке високе значення осмотичного тиску крові зумовлене наявністю в ній великої кількості іонів.

Розчини з осмотичним тиском, що дорівнює осмотичному тиску розчину, який прийнято за стандарт, називають ізотонічними. Розчин з осмотичним тиском, вищим за стандартний, називають гіпертонічним, з меншим – гіпотонічним.

Вода як електроліт. Водневий показник. Буферні системи

Вода є слабким електролітом, що розпадається на іони $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

Кількісно електролітична дисоціація води характеризується іонним добутком води. Константа рівноваги при 298 К:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}; \quad K_w = K_{\text{дис}}(\text{H}_2\text{O}) = 1 \cdot 10^{-14},$$

де K_w – іонний добуток води; $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7}$ моль/л.

Кількісні значення іонів H^+ дуже малі і тому користуються логарифмічним виразом їх концентрацій. Водневий показник рН – це десятковий показник концентрації водневих іонів, взятий з від'ємним знаком ($\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$). У нейтральному розчині $\text{pH} = -\lg [10^{-7}] = 7$. У кислому середовищі $\text{pH} < 7$, у лужному – $\text{pH} > 7$.

Величину рН визначають за допомогою індикаторів таких як лакмус, метилоранж, фенолфталеїн (табл. 2).

Таблиця 2. Зміна кольору індикаторів в залежності від середовища

Індикатор	Реакція середовища		
	Кисла	Нейтральна	Лужна
Метилоранж	червоний	оранжевий	жовтий
Лакмус	червоний	фіолетовий	синій
Фенолфталеїн	безбарвний	безбарвний	малиновий
Метиловий червоний	червоний	безбарвний	жовтий

Показник рН внутрішніх середовищ організму, які є водними розчинами, впливає на життєдіяльність клітин, тканин, органів

і організму людини в цілому. рН шлункового соку становить 1,5–2, але активність ферменту пепсину за цих умов максимальна.

Значення рН біологічних рідин регулюється фізіологічними механізмами та буферними системами.

Буферними називають розчини, які здатні зберігати значення рН при розведенні або додаванні невеликих кількостей кислот чи лугу.

До таких розчинів належать

1) розчини, що містять слабку кислоту та сіль цієї кислоти з сильною основою ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$);

2) розчини, що містять слабку основу і сіль цієї основи з сильною кислотою ($\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$);

3) розчини, що містять солі багатоосновних слабких кислот ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaH}_2\text{PO}_4$).

Здатність буферних розчинів протидіяти зміні рН називають буферною дією. Межі, в яких проявляється буферна дія, називають буферною ємністю, що залежить від природи й концентрації компонентів буферного розчину та співвідношення їх концентрацій.

В організмі функціонує чотири біохімічні буферні системи – гідрокарбонатна, фосфатна, гемоглобінова і білкова. Кожна з них має у своєму складі слабку кислоту та сіль з сильною основою.

Фосфатна система підтримує рН внутрішньоклітинної рідини (рН = 6,9...7,4), гідрокарбонатна система (7,4) – рН плазми крові. Дія фізіологічної буферної системи полягає в розбавленні позасудинною рідиною кислих і лужних продуктів, що надходять у кров. При цьому концентрація кислот і лугів зменшується, а разом з тим зменшується їх руйнівна дія на організм.

Загальні властивості водно-дисперсних систем організму

Дисперсними називають системи, до складу яких входить велика кількість малих частинок, розподілених у рідкому, твердому або газоподібному середовищах.

Сукупність подрібнених частинок називають *дисперсною фазою*, а безперервну неподрібнену фазу – *дисперсійним середовищем*.

Для всіх гетерогенних систем характерні загальні ознаки: гетерогенність, дисперсність та питома поверхня. Усі особливі властивості колоїдних дисперсних систем є функціями або наслідком цих ознак.

Водно-дисперсні системи класифікують за розмірами частинок дисперсної фази (табл. 3).

Таблиця 3. Класифікація дисперсних систем за розмірами частинок дисперсної фази

Тип системи	Розмір частинок, м	Дисперсність	Приклади
Грубодисперсна мікрогетерогенна	$10^{-4} \dots 10^{-7}$	$10^4 \dots 10^7$	Частинки, які видно у звичайний мікроскоп (піна, ґрунт, емульсії)
Колоїдно-дисперсна ультрамікрогетерогенна	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$10^7 \dots 10^9$	Частинки, які видно тільки в ультра- і електронний мікроскоп (сік рослин, золі)
Молекулярні та іонні розчини	Менше 10^{-9}	Менше 10^9	Істинні розчини

Звичайні рідини, істинні розчини, газові суміші мають розміри частинок менші за 10^{-9} м. Молекули та іони, що входять до складу рідин і розчинів, якіх невидно в ультрамікроскоп, проходять через ультрафільтри (пори останніх мають розмір колоїдних частинок).

Із вказаних дисперсних систем біологічними об'єктами є колоїдні розчини, які включають рідку (воду) і високомолекулярну дисперсну фазу (білки, полісахариди, ліпоїди та ін.). Колоїдні розчини з рідинним дисперсійним середовищем називають золями (*solutus* (лат) – розчинений). З класифікації дисперсних систем залежно від розмірів частинок дисперсної фази можна зробити висновки, що колоїдні розчини (золі) займають проміжне місце між молекулярно-іонними розчинами та грубодисперсними системами.

Золі мають ряд специфічних молекулярно-кінетичних, електричних та оптичних властивостей. Молярно-кінетичні властивості колоїдних розчинів зумовлені броунівським рухом.

Самодовільний процес вирівнювання концентрацій іонів, молекул або колоїдно-дисперсних частинок за рахунок їх безладного руху називають *дифузією*.

Для колоїдних розчинів характерний осмотичний тиск та явище седиментації. *Седиментація* – процес осадження частинок під дією сили тяжіння.

Оптичні властивості дисперсних систем зумовлені такими ознаками як дисперсність та гетерогенність. При колоїдному ступені дисперсності, коли лінійні розміри частинок менші за довжи-

ну хвилі падаючого світла, спостерігається дифракція в мікроне-однорідному середовищі: світлові хвилі огинають частинки і змінюють свій початковий напрям. Дифракція є причиною опалесценції – матового світіння, найчастіше блакитного.

Електричні міжфазові явища значною мірою визначають іонообмінну адсорбцію, електрокінетичні явища, явища стабілізації й коагуляції дисперсних систем, а також електрохімічні, каталітичні, мембранні, біологічні та інші процеси.

Причина електро-кінетичних явищ полягає в тому, що на межі розділу фаз завдяки надлишку поверхневої енергії на міжфазових поверхнях виникає ПЕШ (подвійний електричний шар), який є результатом взаємодії фаз, що стикаються. Прагнення гетерогенної системи до зменшення поверхневої енергії зумовлює певну орієнтацію полярних молекул, іонів, електронів у поверхневому шарі. Внаслідок цього фази, які стикаються, набувають заряду протилежного знаку, але рівної величини.

Явище спрямованого переміщення дисперсійного середовища відносно нерухомої дисперсної фази в постійному електричному полі називають *електроосмосом*.

Коагуляція – це процес злипання (або злиття) частинок дисперсної фази при втраті системою агрегативної стійкості. Коагуляція відбувається внаслідок добавляння до золю електроліту, іншого золю, часточки якого мають протилежний заряд та внаслідок нагрівання. Коагуляція золів призводить до утворення драглистої маси – гелю або драглів.

Дослідження показали, що колоїдні часточки мають складну будову. Вони складаються з ядер, адсорбованих і притягнутих іонів. Для прикладу розглянемо будову колоїдної часточки кремнієвої кислоти. Ядро часточки нейтральне, воно складається з m молекул кислоти. На поверхні ядра адсорбується n іонів SiO_3^{2-} (золь добуваємо, додаючи до розчину HCl розчин Na_2SiO_3). Як правило, адсорбуються іони, що близькі за своєю природою до складу ядра (в даному прикладі SiO_3^{2-}). Це *потенціалвизначаючі іони*, тому що вони обумовлюють заряд часточок золю.

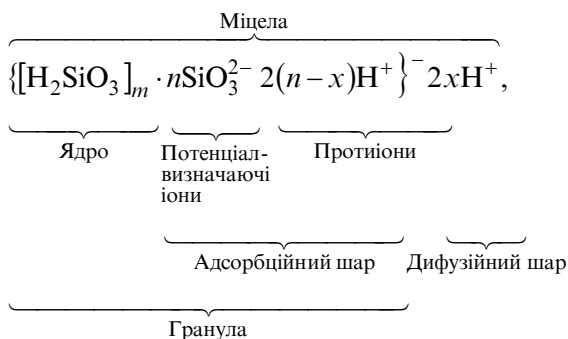
Адсорбовані потенціалвизначаючі іони притягують з розчину іони протилежного знаку – *протиіони* (в прикладі іони H^+), причому їх на часточці адсорбується $2(n - x)$. Адсорбовані іони SiO_3^{2-} разом з адсорбованими протиіонами H^+ утворюють *адсорбційний*

шар. Інша частина протиіонів $2x\text{H}^+$ знаходиться у рідкій фазі та утворює рухомий *дифузійний шар*.

Ядро разом з адсорбційним шаром називається *гранулою* або власне колоїдною часточкою. В наведеному прикладі гранула заряджена негативно, оскільки адсорбція іонів SiO_3^{2-} відбувається сильніше, ніж іонів H^+ .

Гранула (колоїдна частинка), разом з протиіонами дифузійного шару називається *міцелою*. Це окрема часточка колоїдної системи.

Будову міцелі кремнієвої кислоти можна представити такою схемою:



де m – число молекул у ядрі; n – число іонів, які адсорбовані на ядрі; $2(n-x)$ – число протиіонів адсорбційного шару; $2x$ – число протиіонів дифузійного шару.

Із схеми видно, що міцела електронейтральна, а гранула має електричний заряд (негативний).

Дифузійний шар і заряд колоїдних часточок обумовлюють стійкість гідрофобних (ліофобних) золів. У гідрофільних (ліофільних) золів цьому сприяє також гідратна (сольватна) оболонка (на схемі не показано).

Розрізняють ліофільні і ліофобні золі. Якщо дисперсійним середовищем є вода, то їх називають відповідно гідрофільними і гідрофобними.

Ліофільними (гідрофільними) називають золі, в яких часточки

дисперсної фази в результаті сильної взаємодії з дисперсійним середовищем оточені сольватною (гідратною) оболонкою. До них належать водні розчини деяких миль, кремнієва кислота тощо.

Ліофобними (гідрофобними) називаються золі, часточки яких слабо взаємодіють з дисперсійним середовищем, а сольватація (гідратація) часточок дуже незначна або зовсім відсутня. До них належать золі металів, сульфідів, різних солей. Поділ золів на ліофільні і ліофобні умовний.

Значення колоїдних розчинів дуже велике, тому що вони поширені більше, ніж істинні розчини. Протоплазма живих клітин, кров, соки рослин, молоко – все це складні золі.

Контрольні запитання

1. Що являє собою розчин? Що називається концентрацією розчину? Назвати методи вираження концентрацій.
2. Який розчин називається буферним? Які він має властивості?
3. Що таке осмос і осмотичний тиск?
4. Яке значення має вода для організму людини?
5. Що таке рН? Пояснити, чому рН буферного розчину при додаванні невеликих кількостей кислоти або лугу практично не змінюється?
6. Чим відрізняються золі від істинних розчинів?
7. Що називається коагуляцією? Які її причини?

Задачі для самоконтролю

1. Яка кількість гідроксиду калію і який об'єм води необхідно взяти для приготування 400 г розчину з масовою часткою лугу 5,6 %:

1) 0,6 моль; 366,4 мл H_2O ; 2) 0,4 моль; 377,6 мл H_2O ; 3) 1 моль; 344 мл H_2O ?

2. Натрій карбонат кількістю 2 моль розчинили в 788 мл води. Визначити масову частку розчиненої речовини у розчині:

1) 22 %; 2) 21,2 %; 3) 23 %.

3. В результаті дисоціації нітратної кислоти утворюються іони:

1) H^+ та NO_3^- ; 2) H^+ та Cl^- ; 3) Na^+ та NO_3^- ?

4. Яка речовина у водному розчині дисоціює з утворенням іона Ba^{2+} :

1) $\text{Ba}(\text{OH})_2$; 2) BaSO_4 ; 3) BaCO_3 ?

4.3. Вуглеводи

До класів вуглеводів належать представники альдегідоспиртів або кетоноспиртів, а також похідні зазначених сполук. Вуглеводи входять до складу тіла людини (близько 2 % у перерахунку на суху масу) і являються важливою складовою організму. Більшість органічних сполук синтезується з вуглеводів, що утворюються у процесі фотосинтезу.

Для добового раціону людини необхідно 450–500 г вуглеводів, які внаслідок розкладу виділяють $\approx 9210,9$ кДж енергії. Вони відіграють роль депо енергії, виконують структурну функцію. Проміжні продукти їх окиснення є вихідними речовинами для синтезу інших органічних сполук.

Вуглеводи входять до складу нуклеїнових кислот, деяких ферментів, складних білків, гормонів, беруть участь у процесах осідання крові. Вуглеводи широко використовуються у харчовій, кондитерській промисловості та медицині. Залежно від складу, структури та властивостей вуглеводи поділяються на три основні класи: моносахариди, олігосахариди і полісахариди. Загальна їх формула $C_m(H_2O)_n$, де m і n – цілі числа.

Моносахариди містять у молекулі від трьох до дев'яти атомів Карбону. Вони є первинними продуктами фотосинтезу зелених рослин. Моносахариди класифікують за наявністю альдегідної чи кетонної групи (альдози та кетози) за кількістю атомів Карбону (тріози, тетрози, пентози, гексози, декози).

Олігосахариди називаються вуглеводи, які складаються з кількох моносахаридних залишків (2–10). Велике значення мають такі дисахариди, як сахароза, мальтоза, лактоза, целобіоза.

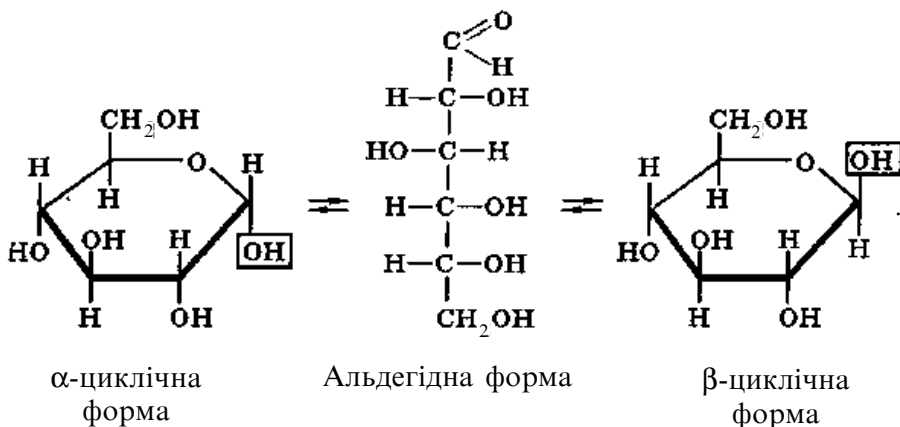
Полісахариди – високополімерні сполуки, що характеризуються високим рівнем полімерізації. До них належать крохмаль, глікоген, целюлоза (клітковина).

Моносахариди

Моносахариди з хімічної точки зору є альдегідо- або кетоноспиртами. Моносахариди – це білі (у розчинах – безбарвні) кристалічні сполуки. Вони мають невисокі температури плавлення (близько 200 °C), добре розчинні у воді, спиртах, нерозчинні у малополярних розчинниках (гексан, хлороформ, ефір). Всі моносахариди солодкі на смак. Найсолодша – фруктоза, вона в п'ять разів солодша за глюкозу.

Як альдегідо- або кетоноспирти моносахариди поєднують в собі властивості альдегідів або кетонів та спиртів.

Моносахариди можуть існувати у двох формах: лінійній (ациклічній з відкритим вуглецевим ланцюгом) або циклічній (кільцевій).



Для моносахаридів характерна ізомерія. Ізомерами є глюкоза і фруктоза, які відрізняються функціональними групами.

Пентози мають загальну формулу $C_5H_{10}O_5$. У природі зустрічаються альдо- та кетопентози. Представниками пентоз є арабіноза, ксилоза, рибоза, дезоксирибоза і т.д.

Рибоза за хімічним складом є альдопентозою. Входить до складу рибонуклеїнових кислот, коферментів. Внаслідок відновлення рибози утворюється п'ятиатомний спирт – рибітол, який є складовою частиною вітаміну B_2 (рибофлавіну).

Дезоксирибоза є вуглеводним компонентом ДНК і нуклеотидів. Може перебувати в циклічній і ациклічній формі.

Гексози. Глюкоза – найпоширеніша альдогексоза. У вільному стані вона у великих кількостях міститься у солодких плодах. Глюкоза відіграє велику роль в утворенні нерозчинних полісахаридів (крохмаль, глікоген, клітковина) та входить до складу дисахаридів – мальтози, сахарози і лактози, крові, лімфи і цереброспінальної рідини в організмі людини і тварин.

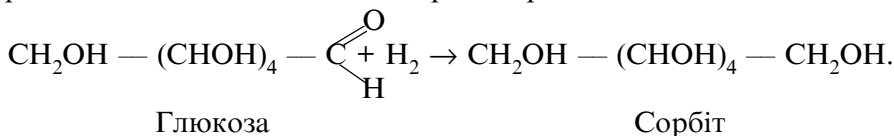
Велику групу похідних моносахаридів складають фосфорні

естери, які утворюються в процесі перетворень вуглеводів в тканинах, та амінопохідні – глюкозамін і галактозамін.

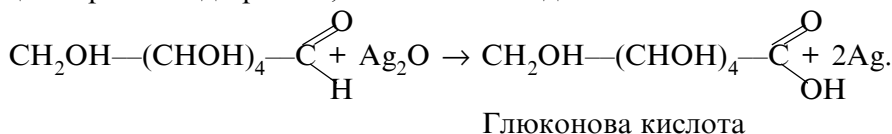
Фруктоза належить до кетогексоз. У вільному стані міститься в плодах, тому її називають плодовим цукром. У великих кількостях фруктоза міститься в крові людини. Фосфорні ефіри фруктози є проміжними сполуками обміну вуглеводів у організмі.

Хімічні властивості глюкози обумовлені наявністю гідроксильних і альдегідної груп. Тому глюкоза вступає в реакції, що характерні для спиртів і альдегідів.

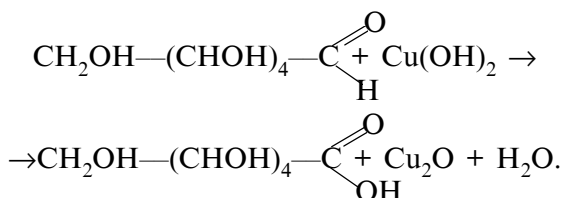
Глюкоза подібно до альдегідів може відновлюватись, перетворюючись на шестиатомний спирт – сорбіт:



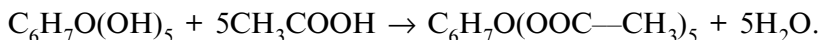
Як альдегід глюкоза легко окиснюється. Вона вступає в реакцію "срібного дзеркала", окиснюючись до глюконової кислоти



Глюкоза окиснюється гідроксидом міді (II) (реакція Тромера) також до глюконової кислоти:



Як багатоатомний спирт глюкоза вступає в реакцію з органічними кислотами і утворює естери:



Одна молекула глюкози взаємодіє з п'ятьма молекулами оцтової кислоти, що підтверджує наявність у молекулі глюкози п'яти спиртових гідроксильних груп.

При взаємодії глюкози з гідроксидом купруму (II) утворюється сахарат міді – сполука синього кольору. Цю реакцію використовують для виявлення цукру в сечі.

Велике значення мають процеси бродіння глюкози під дією органічних каталізаторів – ферментів, які виробляються мікроорганізмами. Спиртове бродіння відбувається під дією ферментів дріжджів



Молочне бродіння відбувається під дією молочнокислих бактерій:



Олігосахариди. Найбільш розповсюдженими в природі олігосахаридами є дисахариди.

Дисахариди – група вуглеводів, молекула яких складається з двох молекул моносахаридів. Загальна формула дисахаридів $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Добре розчинні у воді, легко кристалізуються, солодкі на смак.

Сахароза складається з молекул глюкози і фруктози, сполучених між собою 1, 2-глікозидним зв'язком. Сахароза є цінний продукт харчування і має велике енергетичне значення. При окисненні 1 г її утворюється 16,7 кДж енергії. При гідролізі сахароза утворює глюкозу і фруктозу.

Лактоза – молочний цукор. Міститься в молоці людини та тварин. В склад лактози входить галактоза і глюкоза, які пов'язані між собою 1, 4-глікозидним зв'язком.

Мальтоза утворюється з полісахаридів як проміжний продукт і складається з двох молекул глюкози, які пов'язані між собою 1, 4-глікозидним зв'язком.

Полісахариди – це високомолекулярні сполуки, побудовані з великої кількості залишків моносахаридів та їх похідних. Молекулярна маса їх вимірюється тисячами і мільйонами. Не розчинні у воді та несолодкі на смак. Залежно від природи моносахаридів, які входять до складу полісахаридів, розрізняють гомополісахариди та гетерополісахариди.

Гомополісахариди побудовані із залишків моносахаридів одного типу. Наприклад крохмаль, глікоген, целюлоза складаються із залишків глюкози, що втратила молекулу води. Полісахарид інулін побудований із залишків фруктози.

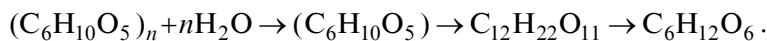
Полісахариди мають велике біологічне значення. Це запасні поживні речовини (крохмаль, глікоген, інулін) структурні елементи, яких утворюють опорні тканини (целюлоза, пектинові речовини).

Крохмаль – продукт фотосинтезу та головна поживна речовина. Це білий порошок, нерозчинний у воді без смаку та запаху. У гарячій воді він набрякає, утворюючи колоїдний розчин. З розчином йоду дає синє забарвлення (характерна реакція).

За будовою крохмаль неоднорідний і є сумішшю спіралевидних ланцюгів амілози (10–20 %) та розгалужених ланцюгів амілопектину (80–90 %).

Найважливіша хімічна властивість крохмалю – його гідроліз, кінцевим продуктом якого є глюкоза.

Сумарне рівняння гідролізу наступне:



Крохмаль Декстрин Мальтоза Глюкоза

Крохмаль зазнає послідовних перетворень з утворенням проміжних полісахаридів – декстринів.

Глікоген – відіграє роль резервного вуглеводу, який міститься у тканинах людини і тварин, тому його називають тваринним крохмалем. Він міститься у печінці ($\approx 10\%$) і м'язах ($\approx 2\%$). Це білий аморфний порошок, легко розчиняється у гарячій воді, утворюючи колоїдний розчин. З йодом дає жовто-червоне забарвлення. Глікоген побудований із залишків глюкози.

Целюлоза – головна структурна одиниця клітинних стінок рослин, що зумовлює їх міцність та еластичність. Молекула складається із залишків глюкози, з'єднаних глікозидним зв'язком. Целюлоза у чистому стані – біла волокниста речовина, без запаху та смаку, не розчинна у воді, етері, спирті.

Організм людини не здатний перетравлювати клітковину. Таку здатність мають тільки мікроорганізми, які живуть у травному каналі й харчуються в основному клітковиною.

У природі існує безліч різних полісахаридів. Вони існують самостійно або входять до складу інших природних сполук: білків, нуклеїнових кислот, ліпідів.

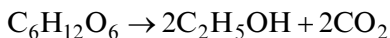
Контрольні запитання

1. Які органічні сполуки називають вуглеводами?
2. Дати загальну характеристику вуглеводів, вказати їх класифікацію.
3. Які функції в організмі виконують вуглеводи?
4. Явище ізомерії. Навести приклади.

-
5. Вказати структуру амілози та амілопектину.
 6. Які функціональні групи входять до складу альдогексоз?
 7. Чому крохмаль та целюлоза не окиснюються слабкими окисниками?
 8. Пояснити процес фотосинтезу та написати рівняння реакції.

Задачі для самоконтролю

1. В яку групу моносахаридів за кількістю вуглецевих атомів треба віднести глюкозу:
а) пентози; б) гексози; в) тріози; г) тетрози?
2. Які функціональні групи входять до складу глюкози:
а) $\text{—}\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}\text{—H}$; б) —C—H ; в) —C—OH ; г) —OH ?
3. Які функціональні групи входять до складу фруктози:
а) —C—H ; б) —C—OH ; в) —C=O ; г) —C— ?
4. Який вуглевод належить до альдегідоспиртів:
а) крохмаль; б) сахароза; в) глюкоза; г) галактоза; д) целюлоза?
5. Що відбувається з глюкозою при розчиненні у воді? Яка будова глюкози в твердому стані?
6. Який з моносахаридів є просторовим ізомером глюкози:
а) фруктоза; б) галактоза; в) рибоза; г) дезоксирибоза?
7. Який з приведених вуглеводів називають молочним цукром:
а) глюкоза; б) фруктоза; в) галактоза; г) лактоза?
8. Скільки молей оксиду карбону (IV) (н.у.) утворюється при спиртовому бродінні 2 моля глюкози, якщо відбувається реакція:



- а) 3 моля; б) 6 моль; в) 4 моля?

4.4. Ліпіди

Ліпіди – це природні органічні сполуки, які є похідними вищих жирних кислот та спиртів. До складу ліпідів входять жири і жироподібні речовини. Ліпіди поряд з білками і вуглеводами складають основну масу клітин й тканин рослин та тварин. В організмі людини багато ліпідів міститься в головному та спинному мозку, печінці, нирках та серці. Ліпіди – це структурні компоненти мембран, їх вміст у різноманітних субклітинних органелах становить 20–60 % (у перерахунку на суху масу).

У складі ліпідів виявлені насичені й ненасичені вищі жирні кислоти, альдегіди, кетони, холестерин, азотисті основи. Ліпіди відіграють важливу роль у забезпеченні організму енергією. При окисненні 1 г жиру виділяється 38,9 кДж (9,3 ккал) енергії. Ліпіди використовуються організмом як резервний матеріал. Надлишок енергії спричиняє посилення їх синтезу і накопичення, а за умов дефіциту – починається використання їх організмом.

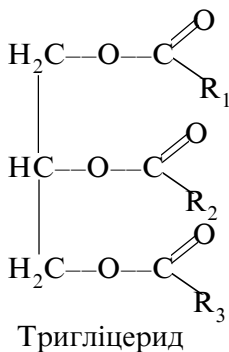
Класифікація ліпідів. Розрізняють резервні (запасні) і конституційні (цитоплазматичні) ліпіди. Резервні ліпіди відкладаються в підшкірній жировій тканині, сальнику, брижі, печінці, м'язовій тканині й складають 10–15 % маси тіла людини. Вони являють собою енергетичний резерв організму. Конституційні ліпіди є структурними компонентами цитоплазми і змінюються в процесі життєдіяльності дуже мало.

За хімічним складом і фізико-хімічними властивостями ліпіди поділяють на прості (двокомпонентні) й складні (багатокомпонентні). До простих ліпідів належать складні ефіри різних спиртів і вищих жирних кислот: жири, стериди, воски.

Складні ліпіди крім залишків спиртів і вищих жирних кислот містять й інші речовини: фосфатну і сульфатну кислоти, нітратні основи, вуглеводи.

До складних ліпідів належать фосфоліпіди, гліколіпіди та сульфоліпіди.

Прості ліпіди. Жири являють собою складні ефіри трьохатомного спирту гліцерину і вищих жирних кислот. Вони називаються тригліцеридами або нейтральними жирами

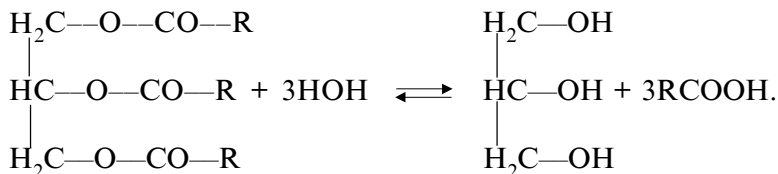


де R_1 , R_2 , R_3 – залишки вищих жирних кислот.

Гліцерин є постійною складовою частиною всіх природних жирів. Жирні кислоти, які входять до складу жирів, різні. Найчастіше зустрічаються кислоти насичені – пальмітінова $C_{15}H_{31}COOH$ і стеаринова $C_{17}H_{35}COOH$; ненасичені – олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$, лінолева $C_{17}H_{31}COOH$ і ліноленова $C_{17}H_{29}COOH$. В молекулу природного жиру входять залишки різних кислот. У складі жирів тваринного походження переважають залишки насичених жирних кислот, тому вони при температурі тіла мають тверду консистенцію (коров'яче масло, свиняче сало, баранячий і яловичий жири). Жири рослинного походження містять у своєму складі переважно залишки ненасичених жирних кислот і за звичайної температури є рідинами (рослинні олії).

Усі жири легші за воду і нерозчинні в ній, але добре розчиняються в органічних розчинниках. При тривалому знаходженні на повітрі жири частково окиснюються і гіркнуть.

Найважливішою властивістю жирів, як і всіх естерів, є їх гідроліз, в результаті якого вони розщеплюються на гліцерин і відповідні карбонові кислоти:



Продукти гідролізу – гліцерин і карбонові кислоти, які всмоктуються в кишечник і знову утворюють жир, необхідний організму.

Лужний гідроліз жирів називають омиленням жирів, а утворені при цьому солі вищих жирних кислот – милами, які є мийними засобами.

Біологічна роль жирів наступна:

енергетична – джерело хімічної енергії та ендогенної води в організмі;

структурна – входять до складу різних біологічних мембран;

транспортна – беруть участь в транспортуванні речовин через ліпідний шар біомембран;

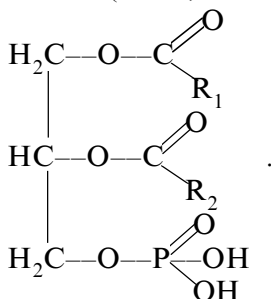
механічна – ліпіди захищають внутрішні органи від механічних ушкоджень;

теплоізолююча – мають низьку теплопровідність і зберігають тепло в організмі.

Стериди – складні ефіри поліциклічних спиртів (стеролів) і вищих жирних кислот. Вони входять до складу клітинних мембран. Похідними є багато гормонів, жовчні кислоти, вітаміни групи Д, алкалоїди, яди й інші речовини.

Воски – група простих ліпідів, молекули яких містять вищі спирти, складні ефіри вищих жирних кислот і жирних спиртів. Воски тваринного походження – бджолиний віск, ланолін, спермацет.

Складні ліпіди. Фосфоліпіди – ефіри вищих спиртів і вищих жирних кислот, що містять залишки фосфатної кислоти й нітритної основи (холін, коламін, серін):



Фосфоліпіди виконують структурну функцію, а також разом з білком функцію формування білкових мембран. Фосфоліпіди беруть участь у різноманітних метаболічних процесах.

Фосфатидилетаноламін або кефалін – сполука фосфатидної кислоти з етаноламіном. Кефалін входить до складу головного мозку, жовтка курячого яйця. З білками утворює ліпопротеїдні комплекси.

Фосфатидилхолін або лецитин має в своєму складі нітритну основу – холін. Лецитин міститься в тканинах спинного і головного мозку, жовтку курячого яйця, у нирках, легенях. Входить до складу субклітинних мембранних структур.

Гліколіпідами називають сполуки, молекули яких містять ліпідний і вуглеводний компоненти та сполучені ковалентним зв'язком. Гліколіпіди виконують як метаболічні, так і структурні функції: входять до складу клітинних і внутрішньоклітинних мембран, мають антигенні властивості.

Контрольні запитання

1. Що таке ліпіди, ліпоїди? Написати загальну формулу нейтрального жиру.

-
2. Які форми жиру розрізняють в організмі?
 3. Яка відмінність структури і властивостей насичених та ненасичених карбонових кислот.
 4. Дати визначення поняття "гідрогенізація". Для яких сполук вона характерна?
 5. Вказати класифікацію ліпідів.
 6. Чим відрізняються рослинні жири від тваринних?
 7. Який енергетичний баланс окиснення ліпідів?

Задачі для самоконтролю

1. В яких розчинниках розчиняються ліпіди:
а) вода; б) водні буферні розчини; в) бензол; г) неполярні розчинники; д) кислоти?
2. Які функції виконують ліпіди:
а) структурні компоненти біомембран; б) служать формою, де вкладається метаболічне паливо; в) служать формою транспортування палива; г) несуть генетичну інформацію; д) виконують захисну функцію?
3. До складу яких нейтральних жирів входять лінолева та ліноленова кислоти:
а) пальмова олія; б) соняшникова олія; в) свиняче сало; г) конопляна олія?
4. Які сполуки називають фосфоліпідами:
а) кефалін; б) лецитин; в) фосфатидилсерін; г) спермацет; д) ланолін?
5. Ліпіди – природні органічні сполуки:
а) добре розчинні у воді; б) розчинні в жиророзчинниках; в) розчинні в кислотах; г) розчинні у спирті?
6. Складні ефіри вищих жирних кислот з гліцерином, вищими або поліциклічними спиртами складають групу:
а) складних ліпідів; б) ліпідів; в) простих ліпідів; г) фосфоліпідів; д) гліколіпідів?

4.5. Білки і нуклеїнові кислоти

Білки – це високомолекулярні органічні нітрогенвмісні сполуки, які складаються з амінокислот, пов'язаних між собою пептидним зв'язком. Молекулярна маса білків коливається в широких межах – від кількох тисяч до сотень мільйонів. Білки складають значну частину тканин організму – до 45–50 % сухої маси. Вони

містять 50–59 % карбону, 6,5–7,3 % водню, 15–18 % азоту, 21–24 % кисню, до 2,5 % сірки. В склад деяких білків входять фосфор, залізо, цинк, купрум та інші елементи.

Білки виконують наступні біологічні функції:

– *структурну (пластичну)*. В комплексі з ліпідами білки складають структуру всіх клітинних мембран;

– *каталітичну*. Цю функцію виконують специфічні білки-ферменти;

– *скорочувальну*. Всі види скорочення і рух скелетних м'язів, міокарда забезпечують скорочувальні білки актин і міозин;

– *транспортну*. Білки здатні поєднувати і транспортувати скрізь клітинні мембранні, окремі молекули і іони;

– *захисну*. Білки імунної системи гамма-глобуліни "впізнають" і зв'язують речовини, які надходять в організм, захищаючи його від вірусів, бактерій. Захисну функцію виконує білок інтерферон;

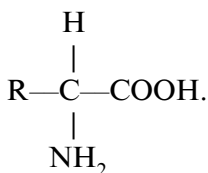
– *гормональну*. Високоспецифічні білки – гормони, які регулюють обмін речовин;

– *опорну*. Білки колаген та еластин забезпечують пружність і міцність кісток скелету та шкіри.

– *енергетичну*. Біля 10–15 % енергозабезпечення організму складають білки. При окисненні 1 г білків виділяється 17 кДж (4,1 ккал) енергії.

– *білки здійснюють передачу спадкової інформації*: вони входять до складу хромосом і беруть участь в передачі генетичної інформації, регуляції процесів росту.

За хімічною природою білки є гетерополімерами, побудованими з амінокислот. Амінокислоти – похідні насичених карбонових кислот, у яких один або два атоми водню в радикалі заміщені аміногрупою. Загальна формула амінокислот має вигляд



Амінокислоти відрізняються за структурою радикалу за фізико-хімічними властивостями, які належать цим радикалам. Усі амінокислоти безбарвні кристалічні речовини. Більшість амінокислот розчиняються у воді, мають високу температуру плавлення.

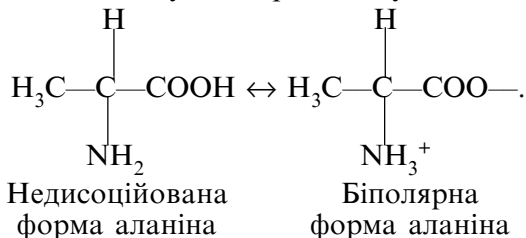
Моноаміномонокарбонові кислоти містять у молекулі одну аміну ($-\text{NH}_2$) і одну карбоксильну групу ($-\text{COOH}$). Величина рН розчинів цих амінокислот близька до нейтральної.

Таблиця 3. Амінокислоти

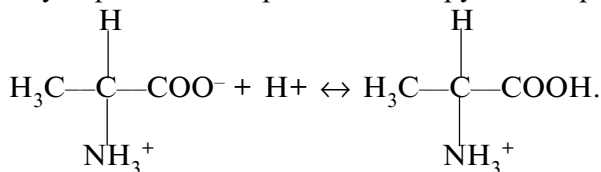
Формула	Назва	Скорочене позначення
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Гліцин	Глі
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аланін	Ала
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ / \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Валін	Вал
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ / \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Лейцин	Лей
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$	Ізолейцин	Іле
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Аспарагінова кислота	Асп
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Глутамінова кислота	Глу

В таблиці розміщені амінокислоти, які постійно зустрічаються в білках.

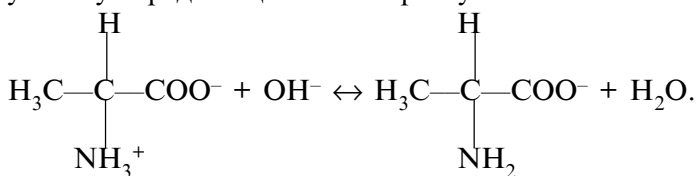
Амінокислоти – амфотерні електроліти, оскільки аміногрупа має основні властивості, а карбоксильна – кислотні. У водних розчинах амінокислоти існують переважно у вигляді біполярних іонів:



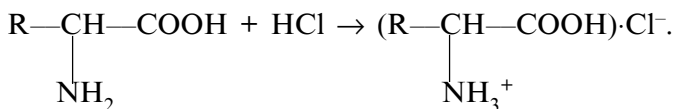
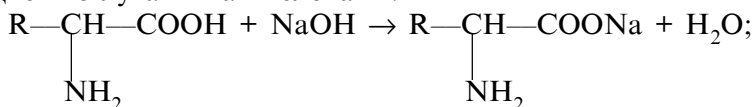
У кислому середовищі карбоксильна група нейтралізується:



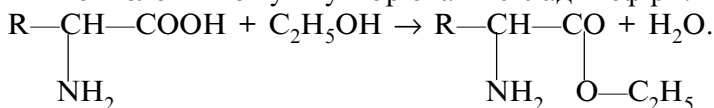
У лужному середовищі кислота реагує як аніон:



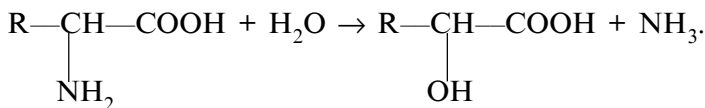
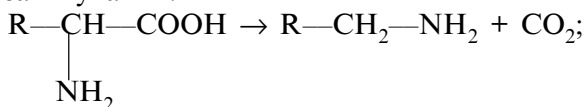
Амінокислоти мають високу хімічну активність. Вони взаємодіють з лугами та кислотами:



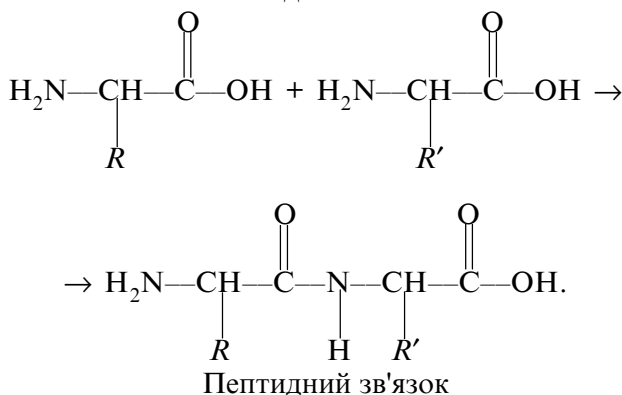
Амінокислоти можуть утворювати складні ефіри:



Характерними для амінокислот є реакції декарбоксилювання і дезамінування:



Амінокислоти є мономерними структурними одиницями білкової молекули. Кожну амінокислоту, яка входить в склад білка, називають амінокислотним залишком. Амінокислотні залишки в молекулі білка пов'язані пептидними зв'язками



За біологічним значенням амінокислоти поділяються на замінні та незамінні. Замінні амінокислоти синтезуються в організмі людини в достатній кількості. До них відносяться гліцин, аланін, цистеїн, глютамінова й аспарагінова кислоти, аспарагін, глютамін. Незамінні амінокислоти в організмі не синтезуються і повинні надходити разом з їжею. Це амінокислоти: валін, лейцин, ізолейцин, треонін, метіонін, фенілаланін, триптофан, лізин, гістидин, аргінін. Харчовий білок, що містить усі незамінні амінокислоти, називається *повноцінним*.

Для білкової молекули характерні різні типи зв'язків: іонні (сольові), водневі, дисульфідні.

Функціональні властивості білків визначаються послідовністю розташування амінокислот і структурною організацією.

Первинна структура – це якісний і кількісний склад амінокислот, послідовність їх розташування в поліпептидних ланцюгах білкової молекули. Основу первинної структури становлять пептидні зв'язки. На сьогодні розшифрована первинна структура більше тисячі білків з різних організмів, в тому числі й людини. Інсулін підшлункової залози утворює ланцюг з 21 амінокислотних залишків, молекула ферменту рибонуклеази містить пептидний ланцюг з 124 амінокислотними залишками.

Під *вторинною структурою* розуміють форму поліпептидного ланцюга у просторі, яка може бути витягнутою в нитку, згор-

нутою в клубок або скрученою в спіраль. Розрізняють такі типи вторинної структури: α -спіральну і β -складчасту. У стабілізації вторинної структури важливу роль відіграють водневі зв'язки. Вторинна структура є вищою формою організації для фібрилярних білків.

Третинна структура – просторове розміщення поліпептидних ланцюгів, що визначає їх конфігурацію. Істотну роль в утворенні третинної структури відіграють водневі та дисульфідні зв'язки, які сприяють утворенню функціонально активної структури. Білок одержує скучену структуру. Згортання білка призводить до утворення єдиної нагромадженої конфігурації. Різні порушення третинної структури призводять до зміни властивостей білка і втрати біологічної активності.

Четвертинна структура – розміщення в просторі декількох поліпептидних ланцюгів у макромолекулі білка. Вона виникає в результаті асоціації кількох пептидних ланцюгів з третинною структурою в одну велику молекулу, молекулярна маса якої перевищує 50000.

Класичним прикладом білка, який має четвертинну структуру, є гемоглобін.

Класифікація білків

За хімічною структурою усі білки поділяються на прості (протеїни, які побудовані тільки із залишків амінокислот) і складні білки (протеїди, які складаються з простого білка і пов'язані з ним сполуки небілкової природи).

За формою білкової молекули їх поділяють на дві групи: фібрилярні (складаються з паралельно розташованих поліпептидних ланцюгів) та глобулярні (мають кулеподібну, еліпсоїдну або овальну форми молекул).

За відношенням до розчинників виділяють альбуміни (розчиняються у воді й концентрованих сольових розчинах) та глобуліни (не розчиняються у воді та водних розчинах невеликих концентрацій).

Усі протеїди (складні білки) поділяють на групи залежно від природи їх небілкової частини.

Хромопротеїди – містять простий білок і забарвлену простетичну групу. Фосфопротеїди – складні білки, у молекулах яких білок пов'язаний з фосфатною кислотою. Ліпопротеїди містять білок, зв'язаний з ліпідами. Глікопротеїди містять вуглеводи і їх похідні.

В організмі людини одним з важливих хромопротеїдів є гемоглобін – червоний залізовмісний білок, який має властивість переносити гази з током крові. Він складається з білка глобіну та простетичної групи гему (небілкова частина). Молекулярна маса гемоглобіну $6-7 \cdot 10^4$. Молекула гемоглобіну складається з чотирьох пептидних ланцюгів, які щільно упаковані разом і утворюють єдину глобулярну структуру.

Міоглобін складається з однієї молекули білка глобіну та одного гему. Молекулярна маса становить приблизно $17 \cdot 10^3$. Міоглобін відіграє важливу роль у забезпеченні киснем м'язової тканини. Міоглобін відрізняється від гемоглобіну білковим компонентом.

Фізико-хімічні властивості білків

Фізичні властивості білків. Білки – кристалічні речовини, як правило білого кольору, мають велику молекулярну масу: від 6000 до декількох сотень. Утворюють колоїдні розчини. Розчинність білків обумовлена амінокислотним складом, особливостями організації молекули і властивостями розчинника. Білки здатні адсорбувати на своїй поверхні низькомолекулярні органічні речовини і неорганічні іони.

Хімічні властивості білків різноманітні, тому що бічні радикали амінокислотних залишків вміщують різні функціональні групи ($-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$). Характерною реакцією для білків є гідроліз пептидних зв'язків. Білки, як і амінокислоти, є амфотерними сполуками.

Під дією різних фізико-хімічних факторів (наявність іонів важких металів, концентрованих кислот, лугів, високих температур, механічних впливів) змінюється структура білків та їх біологічні властивості. Такі внутрішні зміни в будові білка, пов'язані з втраченою його біологічної активності, називають *денатурацією*.

Для білків характерні кольорові реакції, якими користуються для їх виявлення. Ці реакції пов'язані з наявністю в молекулі білка певних групувань та амінокислотних залишків.

Біуретова реакція – поява фіолетового кольору при обробці білка концентрованим розчином луку і насиченим розчином CuSO_4 , що вказує на наявність в молекулі пептидних зв'язків.

Ксантопротеїнова реакція – поява жовтого кольору в резуль-

таті дії на білки концентрованої нітратної кислоти. Реакція пов'язана з присутністю ароматичних кілець.

Нуклеопротейди являють собою сполуки білків з нуклеїновими кислотами. Нуклеїнові кислоти – це особливий клас високомолекулярних сполук, які виконують функції збереження й передачі генетичної інформації, визначають вид, форму і склад живої клітини та її функції, беруть безпосередню участь у біосинтезі білків у клітинах.

Молекули нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) складаються з великої кількості мономерів–мононуклеотидів. Нуклеотиди утворені трьома компонентами: нітрогенвмісною циклічною сполукою – пуриною чи піримідиною основою, вуглеводами (пентозами) та фосфатною кислотою. Взаємодія основи з пентозою (рибоза або дезоксирибоза) утворює сполуки нуклеозиди.

Фосфорні ефіри нуклеозидів називаються нуклеотидами. Залежно від того, яку пентозу містять нуклеотиди, вони називаються відповідно рибонуклеотидами або дезоксирибонуклеотидами.

Нуклеотиди є структурними одиницями (мономерами), з яких побудовані молекули нуклеїнових кислот. Утворення цих кислот відбувається в результаті з'єднання великої кількості мононуклеотидів (від 80 до 106). По'єднання окремих мононуклеотидів здійснюється за допомогою ефірного зв'язку.

Вільні нуклеотиди мають надзвичайно важливе значення. Вони беруть участь у метаболічних процесах. Система АТФ–АДФ–АМФ бере участь у біоенергетичних процесах. Так, при гідролізі АТФ до АДФ і неорганічного фосфату вивільнюється $\Delta G^\circ = -30,6$ кДж/моль, а при гідролізі АДФ до АМФ і неорганічного фосфату – $\Delta G^\circ = -27,6$ кДж/моль.

Нуклеїнові кислоти називають "молекулами життя". У всіх організмів генетична інформація у вигляді унікальної і специфічної послідовності нуклеотидів, які чергуються в полінуклеотидному ланцюзі, зосереджена в молекулі ДНК і знаходиться в центрі керування клітини – ядрі. Передача генетичної інформації з покоління в покоління здійснюється шляхом самовідтворення точних копій батьківської ДНК.

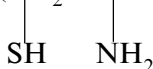
Контрольні запитання

1. Чому амінокислоти мають амфотерні властивості?
2. З яких кислот побудовані білки?

-
3. Що таке пептидний зв'язок?
 4. Що розуміють під первинною структурою білка?
 5. Що розуміють під вторинною структурою білкової молекули?
 6. Які види взаємодії підтримують третинну структуру білкової молекули?
 7. Що розуміють під четвертинною структурою білка?
 8. Назвати біологічні функції білків.
 9. Які основні фізико-хімічні властивості білків?
 10. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути зумовлена?
 12. Які речовини утворюються при гідролізі білків?

Задачі для самоконтролю

1. В процесі гідролізу білка:
 - а) зменшується кількість вільних COOH-груп; б) збільшується кількість вільних аміногруп; в) різко зменшується рН розчину; г) утворюється пептидний зв'язок; д) виділяється газоподібний азот?
2. Білки характеризуються:
 - а) амфотерними властивостями; б) збереженням структури молекули при нагріванні; в) нездатністю кристалізуватися?
3. В складі білків постійно зустрічаються:
 - а) оксипролін; б) валін; в) γ -аміномасляна кислота; г) аланін; д) лейцин?
4. Дисульфідний зв'язок мають амінокислоти:
 - а) лізін; б) метіонін; в) цистин; г) цистеїн?
5. Білок вміщує 0,8 % цистеїна ($\text{CH}_2\text{—CH—COOH}$).



- Яка мінімальна молекулярна маса цього білка:
- а) 1000; б) 1500; в) 4000; г) 1800?
6. Гемоглобін вміщує 0,34 % феруму. Яка мінімальна молекулярна маса гемоглобіна:
- а) 8230; б) 32940; в) 16470; г) 66000?

4.6. Ферменти – біологічні каталізатори

У клітинах живих організмів відбуваються сотні хімічних реакцій, які призводять до перетворення органічних сполук. Хімічні реакції в біологічних системах протікають за наявності каталізаторів, роль яких виконують специфічні білки – ферменти.

Ферменти (ензими) – біологічні каталізатори – це високо специфічні білки, що синтезуються в живих клітинах і можуть значно прискорювати різні хімічні реакції без помітного використання них самих.

Ферменти і каталізатори неорганічної природи підкоряються загальним законам каталізу і мають такі загальні ознаки: каталізують тільки енергетично можливі реакції; не змінюють напрямок реакцій; не витрачаються в процесі реакції; не беруть участь в утворенні додаткових продуктів реакції.

Вчення про швидкість хімічних реакцій та фактори, які впливають на неї, називається хімічною кінетикою.

Згідно з хімічною кінетикою, швидкість реакцій визначається як зміна концентрацій реагуючих речовин в одиницю часу. Швидкість реакції залежить від будови реагуючих речовин (реагентів), їх концентрації, температури, тиску, присутності каталізатора.

Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин визначається законом діючих мас. Для реакції $aA + bB \rightarrow cC + dD$ швидкість реакції виражається рівнянням $v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b$, де v – швидкість реакції; k – константа швидкості; $[A]$, $[B]$ – концентрація реагуючих речовин.

Зміну енергії, яка відбувається при перебігу реакції, можна виразити графічно (рис. 1).

Кількість енергії, необхідна одному молу реагуючої речовини для вступу в реакцію, називається енергією активації (E_a , кДж/моль).

В живих організмах великі коливання температури і тиску неможливі. В них створюються умови, за яких для взаємодії речовин потрібна менша енергія активації. Енергетич-

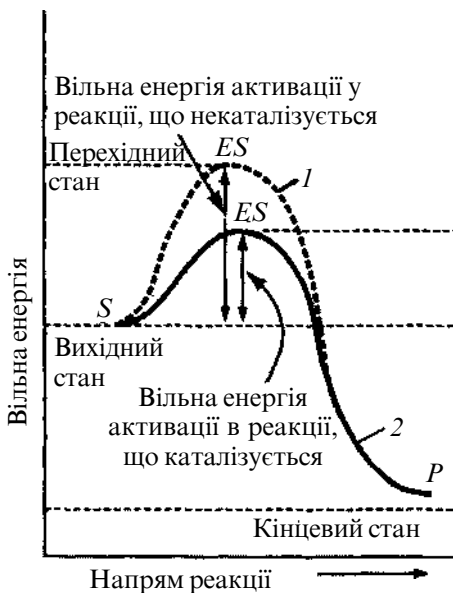


Рис. 1. Зміна енергії активації реагуючих речовин в неферментативній (1) та ферментативній (2) реакціях

ний бар'єр знижують каталізатори. Каталітична реакція йде за іншим шляхом, ніж некаталітична, а саме – через стадію утворення проміжної сполуки реагенту з каталізатором.

Однак ферменти відрізняються від каталізаторів неорганічної природи. Головна відмінність в тому, що в них різна хімічна природа. Ферменти за своєю природою є білками. На відміну від каталізаторів неорганічної природи ферменти діють за відносно м'яких умов: незначної температури (30...40 °C), нормального тиску, фізіологічної концентрації водневих іонів ($\text{pH} = 7,0 \dots 7,5$). Швидкість ферментативного каталізу набагато вища, ніж небіологічного. Ферментативна реакція перебігає в $10^6 \dots 10^{12}$ разів швидше, ніж спонтанна реакція без каталізатора у водному розчині. Одна молекула ферменту може каталізувати від тисячі до мільйона молекул субстрату за 1 хв.

Ферменти мають високу специфічність щодо субстратів речовин і реакції, яку вони каталізують. Завдяки цьому в живій клітині може водночас відбуватися багато різних хімічних реакцій, одні з яких призводять до розщеплення складних органічних речовин на простіші з вивільненням хімічної енергії, інші – до біосинтезу біополімерів з використанням енергії.

Хімічні реакції у клітинах, які каталізуються ферментами, організовані у ферментні системи, що складаються з декількох ферментів (від 2 до 20 і більше). Вони каталізують реакції, що перебігають одна за одною. Ферменти забезпечують одну з основних властивостей біологічних процесів – ступінчастість. Завдяки цьому, обмін речовин регулюється на рівні проміжних продуктів реакції, енергія вивільняється невеличкими порціями й легше протікає синтез біополімерів.

За будовою ферменти поділяються на прості (однокомпонентні) і складні (двокомпонентні). Простий фермент складається тільки з білкової частини, складний фермент має білкову (апофермент) і не білкову (кофермент) складові. Роль деяких коферментів виконують вітаміни або речовини з участю вітамінів B_1 , B_2 , B_5 , B_6 , B_{12} . Особливістю складних ферментів є те, що окремо апоферменти та коферменти не мають каталітичної активності.

Властивості ферментів

Білкова природа ферментів визначає їх властивості, що відрізняються від властивостей хімічних каталізаторів. До влас-

тивостей ферментів належить залежність їх дії від концентрації водневих іонів і температури, а також субстратна специфічність.

Кожний фермент проявляє свою максимальну дію при відповідній концентрації водневих іонів, тобто при певному значенні рН, яке називають рН оптимуму. Зміна концентрації водневих іонів у середовищі, де відбувається ферментативна реакція, супроводжується значною зміною її швидкості. Незначні зміни рН зменшують дію ферментів або зовсім зупиняють її. Оптимальне значення рН знаходиться в слабнокислому або слаболужному середовищі. Температура впливає на швидкість ферментативної реакції. Ферменти – термолабільні сполуки, які під дією високих температур денатурують. При підвищенні температури активність їх різко знижується, потім зовсім припиняється. Наприклад, температурний оптимум α -амілази підшлункової залози становить 37...40 °С.

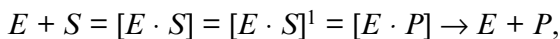
Білкова природа ферментів обумовлює їх високу специфічність, яка полягає в тому, що кожен фермент каталізує певну хімічну реакцію або тип хімічної реакції. Фермент може бути специфічним лише щодо типу хімічного зв'язку або діяти на субстрати в разі зміни хімічної будови обох радикалів навколо хімічного зв'язку. Наприклад, ліпази та естерази розщеплюють не тільки триацилгліцероли (жири), а також інші складні ефіри.

На активність ферментів впливають хімічні сполуки, що знаходяться в реакційній системі. Одні з них підвищують активність ферментів і називаються активаторами. Ними можуть бути катіони металів і аніони кислот: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cl^- . Активаторами ферментів можуть бути органічні речовини. Наприклад, ліпаза підшлункової залози, яка розщеплює жири, активується жовчаними кислотами. Речовини, що знижують активність ферментів називаються інгібіторами. Ними є катіони важких металів Cu^{2+} , Ag^+ , Hg^{2+} .

Механізм дії ферментів

Механізм дії простого і складного ферментів однаковий, адже активні центри в їх молекулах виконують однакові функції. Біологічне призначення ферментів полягає у спрямованому підвищенні швидкості біохімічних процесів.

Механізм дії ферментів можна уявити у вигляді схеми:



де E – ферменти, S – субстрат, P – продукт.

На першій стадії ферментативного каталізу (див. рис. 1) відбувається утворення фермент-субстратного комплексу, де фермент і субстрат можуть бути пов'язані іонним, ковалентним або іншим зв'язками. Утворення комплексу $[E S]$ відбувається миттєво. На другій стадії субстрат під дією пов'язаного з ним ферменту видозмінюється і стає більш доступним для відповідної хімічної реакції. Ця стадія зумовлює швидкість всього процесу. На третій стадії відбувається хімічна реакція, в результаті якої утворюється комплекс продукту реакції з ферментом. Заключним процесом є вивільнення продукту реакції з комплексу.

Ферменти підвищують швидкість реакції за рахунок зниження активаційного бар'єру ΔG . Реакція взаємодії субстрату з ферментом характеризується нижчою енергією перехідного стану, ніж реакція, яка відбувається без ферменту. Утворення продуктів реакції супроводжується регенерацією вільного каталізатора.

Класифікація ферментів

Висока специфічність дії ферментів зумовлює велику їх кількість. На даний час відомо більше 2000 ферментів.

Всі ферменти поділені на шість класів за типами хімічних реакцій, що відбуваються в організмі:

1. *Оксиредуктази* – ферменти, що каталізують окисно-відновні реакції, тобто перенесення електронів і атомів водню від однієї речовини (донора) до іншої (акцептора). У результаті реакцій, що каталізуються оксиредуктазами, клітини одержують хімічну енергію. Оксиредуктази поділяються на два підкласи: оксидази та дегідрогенази.

Оксидази – це оксиредуктази, які переносять атоми водню або електрони безпосередньо на атоми кисню.

Дегідрогенази – це оксиредуктази, які каталізують процес відщеплення атомів водню.

2. *Трансферази* – клас ферментів, що каталізують транспортування різноманітних хімічних груп від одної речовини (донора) до іншого (акцептора).

Клас трансфераз бере участь в обміні білків, ліпідів, вуглеводів, нуклеїнових кислот і налічує близько 800 ферментів.

3. *Гідролази* – ферменти, що каталізують реакції розщеплення речовин за участю води. В залежності від характеру зв'язку, що

гідролізується, гідролази поділяють на підкласи: естерази (гідроліз складно-ефірного зв'язку), глікозидази (гідроліз глікозидного зв'язку), пептидгідролази (гідроліз пептидного зв'язку). Відмінною рисою всіх гідролаз є те, що вони являються однокомпонентними ферментами.

4. *Ліази* – ферменти, що каталізують реакції негідролітичного відщеплення певних груп з утворенням подвійних зв'язків або приєднання групи в місці подвійного зв'язку. Ці реакції здійснюються без використання макроергічних сполук.

5. *Ізомерази* – ферменти, що каталізують реакції внутрішньомолекулярного переміщення різних груп або реакцій утворення ізомерів. Прикладом ферментів цього класу є глюкозофосфат-ізомераза. Даний фермент приймає участь у реакції

Глюкозо - 6 - фосфат $\xrightarrow{\text{Глюкозофосфатізомера}}$ Фруктозо - 6 - фосфат.

6. *Ліази (синтетази)* – ферменти, за участю яких здійснюється приєднання одна до одної двох молекул із використанням енергії АТФ і утворенням нових зв'язків. Ліази називають синтетазами, тому що вони є каталізаторами синтетичних реакцій. Це складні ферменти. Кофактором багатьох із них є вітамін Н або біотин. Молекула АТФ не бере участь в утворенні продуктів реакції, а розпадається до АДФ та H_3PO_4 , при цьому виділяється енергія необхідна для проведення біосинтезу.

Контрольні запитання

1. Що таке ферменти? Яка їх будова та хімічна природа? Навести приклади простих та складних ферментів.
2. Що таке коферменти?
3. Дати коротку характеристику усіх класів ферментів.
4. Який взаємозв'язок між вітамінами і ферментами?
5. Навести приклади ферментів, які проявляють активність в кислому, нейтральному та лужному середовищах.
6. Навести приклади регуляції ферментативної активності (каїони металів, гормони).
7. Що являється основою класифікації ферментів?
8. Перерахувати основні фактори, які впливають на швидкість ферментативної реакції.

Задачі для самоконтролю

1. Ферменти – це:

а) каталізатори вуглеводної природи; б) каталізатори білкової природи; в) каталізатори неорганічної природи; г) каталізатори ліпідної природи?

2. Ферменти, які каталізують синтез біологічних молекул з участю АТФ, відносяться до складу:

а) трансфераз; б) лігаз; в) гідролаз; г) ліаз; д) ізомераз.

3. Ферменти, що каталізують процеси декарбоксилування органічних речовин, відносяться до класу:

а) ізомераз; б) ліаз; в) лігаз; г) трансфераз.

4. Яка молекулярна маса дігідрооротатдегідрогенази, до складу якої входять два атоми Fe, що складає 0,18 %:

а) 45600; б) 62200; в) 124400?

4.7. Вітаміни і гормони

Вітаміни – це група низькомолекулярних органічних речовин різної хімічної будови, які беруть участь в регуляції багатьох біохімічних реакцій і функцій організму. Вони впливають на розмноження, ріст, кровотворення, зір, енергоутворення, синтез білка, імунну систему та інші процеси, які забезпечують нормальний розвиток організму, стан його здоров'я. Вітаміни, в основному, в організмі не синтезуються і джерелом вітамінів є продукти рослинного походження (овочі, фрукти, ягоди). Продукти тваринного походження також багаті вітамінами, адже окремі тканини особливо печінка, м'язи, накопичують їх. Деякі вітаміни можуть синтезуватись мікрофлорою кишечника.

Добова потреба людини у вітамінах складає декілька міліграмів або мікрограмів і залежить від віку, статі, рівня м'язової активності. Для спортсменів добові норми збільшуються в 2–4 рази, що пов'язано з інтенсифікацією обміну речовин при тренуванні.

За недостатньої кількості вітамінів в їжі у людей розвиваються захворювання, які називають гіповітамінозами. Найчастіше вони виникають за умови одноманітного і неповноцінного харчування. Повна відсутність в їжі якогось вітаміну викликає авітаміноз, що призводить до повного захворювання або загибелі організму. Введення в організм великих доз деяких вітамінів викликає захворювання – гіпервітаміноз, яке характерне для жиророзчин-

них вітамінів, особливо А та Д, які можуть накопичуватись в жирових депо організму.

Класифікація і номенклатура

Існує декілька класифікацій вітамінів. Загальновизнаною є класифікація, що ґрунтується на їх фізичних властивостях (табл. 4).

Таблиця 4. Класифікація і номенклатура вітамінів

Позна-чення	Хімічна назва	Фізіологічна назва	Добова потреба людини, мг	Джерела
Водорозчинні				
В ₁	Тіамін	Антиневритний	2,0	Злаки, боби, горіхи, картопля, м'ясо, печінка, мозок, яйця
В ₂	Рибофлавин	Вітамін росту	2,0	Хліб, зелені листя овочів, горіхи, овочі жовтого кольору, сир, яйця, м'ясо, риба
В ₃	Пантотенова кислота	Антидерматитний	12,0	Чорний хліб, зелені частини рослин, бобові, жовток, ікра
В ₅ (PP)	Нікотинова кислота	Антипеларгічний	25,0	Хліб з муки грубого помолу, гречка, рис, картопля, морква, м'ясо, риба
В ₆	Піридоксин	Антидерматитний	2,0	Чорний хліб, бобові, картопля, банани, горіхи, м'ясо, печінка, дріжджі
В ₁₂	Ціанокобаламін	Антианемічний	0,003	Сине-зелені водорості, риба, м'ясо, молочні продукти, яйця, дріжджі
С	Аскорбінова кислота	Антицинготний	75	Шипшина, цитрусові, чорна смородина, перець, капуста, хрін, салат, картопля
Н	Біотін	Антисебореїний	0,15	Кукурудза, томати, цибуля, шпинат, горіхи, печінка, м'ясо, яєчний жовток, молочні продукти
Жиророзчинні				
А	Ретинол	Антиксерофтальмічний	2,5	Морква, зелені листя овочів, помідори, печінка, риба, молоко, яйця

Продовж. табл. 4

Позначення	Хімічна назва	Фізіологічна назва	Добова потреба людини, мг	Джерела
Жиророзчинні				
Д	Кальци-ферол	Антирахі-тичний	0,0025	Риб'ячий жир, ікра риби, печінка, молоко, яєчний жовток, дріжджі
Е	Токоферол	Антисте-рильний	15,0	Злаки, чорний хліб, шипшина, масла рослинні, м'ясо, молоко, риба, печінка
К	Філохінон	Антигемо-рагічний	0,25	Салат, гарбуз, капуста, кропива, томати, м'ясо, яйця, сир, масло вершкове

Водорозчинні вітаміни

Характерним для цієї групи вітамінів є добра розчинність у воді і нерозчинність у жирах та органічних розчинниках. Молекули водорозчинних вітамінів вміщують гідрофільні групи ($-\text{NH}_2$; $-\text{OH}$; $-\text{COOH}$), у зв'язку з цим вони легко всмоктуються в кров з кишечника, а їх надлишок швидко виводиться з сечею. В організмі ці вітаміни не накопичуються, а відсутність їх в їжі призводить до швидкого розвитку гіповітамінозів або авітамінозів, тому вони повинні систематично потрапляти в певних кількостях. Водорозчинні вітаміни відрізняються термолабільністю та стійкістю в кислому середовищі. Багато з них, як кофактори, входять до складу різних ферментів, які регулюють обмін речовин. Наприклад, в регуляції аеробного окиснення вуглеводів беруть участь п'ять вітамінів групи В та вітамін С.

Жиророзчинні вітаміни

Молекули жиророзчинних вітамінів вміщують довгі вуглеводні ланцюги, саме тому не розчиняються у воді, а лише в неполярних розчинниках – жирах, спиртах, етерах. Всмоктування вітамінів цієї групи залежить від присутності в шлунково-кишковому тракті жиру і жовчі. Жиророзчинні вітаміни можуть накопичуватись в організмі разом з жирами, що зумовлює більш повільний розвиток авітамінозів при довгостроковій відсутності їх в їжі.

Жиророзчинні вітаміни стійкі до дії температури та кислот, але окиснюються атмосферним киснем. Вони виконують ряд функцій: сприяють формуванню, росту і розвитку ембріонів, утворенню і регенерації кісткової і епітеліальної тканин, осіданню крові.

Значення вітамінів для спортсменів

В організмі людини відбувається безупинна витрата вітамінів, що вимагає постійного надходження їх з їжею. У спортсменів різко зростає потреба в окремих вітамінах, що пов'язане з виконанням різного роду вправ. Так, потреба у вітаміні А збільшується у спортсменів, які виконують вправи, пов'язані з напруженням зору (стрільба, фехтування, мотобол, ходьба на лижах у горах). Під впливом м'язової діяльності збільшується добова потреба вітаміну С. За наявності вітаміну підвищується споживання кисню клітинами. Під впливом занять спортом зростає добова потреба у вітаміні В₁, що пов'язано з інтенсивною м'язовою діяльністю, коли значно посилюється окиснення вуглеводів. При нестачі вітаміну В₁ уповільнюється декарбоксилювання піровиноградної кислоти, що призводить до порушення вуглеводного обміну. При активній м'язовій роботі збільшується потреба у вітаміні В₆, за участю якого відбуваються реакції перефосфорилування, пов'язані з ресинтезом АТФ.

Таким чином, організм спортсменів потребує вітамінів у більшій кількості, ніж організм людини, яка не займається спортом.

Гормони

Гормони – це органічні речовини, які синтезуються залозами внутрішньої секреції. Це біологічно активні речовини, здатні в кількості 10^{-3} і навіть 10^{-6} мг викликати зміни метаболічних процесів в організмі. Самі гормони не беруть участь в метаболічних реакціях, а є їх специфічними регуляторами. Під контролем гормонів знаходяться процеси синтезу білка, активність багатьох ферментів, проникність клітинних мембран для різних субстратів, коферментів, мінеральних речовин.

Свою біологічну роль гормони проявляють шляхом впливу на активність ферментів, оскільки впливати на обмін можна саме шляхом зміни ферментативних процесів.

З хімічної точки зору гормони розподіляють на чотири групи:

1) гормони білкової природи (гормони гіпофізу, гіпоталамусу, підшлункової залози);

2) гормони – похідні амінокислот (гормони мозкової частини наднирників, щитовидної залози);

3) гормони – похідні жирних кислот (простагландини);

4) стероїдні гормони – похідні холестерину (жіночі й чоловічі статеві гормони, гормони кори наднирників).

За характером дії всі гормони поділяють на дві групи. Першу складають гормони, які не проникають в клітини і здійснюють свій вплив через посередників. Діють вони швидко, миттєво, змінюючи один або декілька метаболічних процесів. Сюди відносяться гормони перших трьох груп.

Гормони другої групи проникають у ядра клітин і їх дія проявляється на рівні генів. Вони стимулюють синтез специфічних РНК і білків. До них відносяться стероїдні гормони.

У стані відносного спокою залози внутрішньої секреції працюють з низькою частотою викидів гормонів і підтримують фізіологічний рівень концентрації їх у крові. При дії різних факторів внутрішнього або зовнішнього середовища (при емоціональному або больовому роздратуванні, фізичному навантаженні) викид гормонів у кров підсилюється для збереження відносної постійності внутрішнього середовища організму.

При фізичних навантаженнях відбувається зміна функцій багатьох ендокринних залоз, особливо тих, які беруть участь у формуванні загальної адаптації організму до дій стресу.

Величина і направленість змін функцій окремих ендокринних залоз залежить від інтенсивності, часу, фізичних навантажень, а також ступеня тренувальності організму.

Висока фізична працездатність і спортивний результат визначаються злагодженою роботою всіх ендокринних залоз. Порушення функції якоїсь залози призводить до порушення ефективності обмінних процесів, що не дозволяє спортсмену досягти високого спортивного результату. Тільки правильно організований тренувальний процес дозволяє поліпшити функціональні можливості ендокринної системи, дає можливість запобігти виснаженню цієї системи за великих фізичних навантажень.

Контрольні запитання

1. Що таке вітаміни? Чому вітаміни є невід'ємною частиною харчового раціону людини?

2. Яка потреба організму у вітамінах, від чого вона залежить?

3. За якою ознакою класифікують вітаміни? Назвати їх основних представників.

4. Які стани організму спостерігаються в залежності від забезпечення вітамінами?

5. Навести приклади жиророзчинних вітамінів та пояснити їх значення для регуляції обміну речовин.

6. Навести приклади водорозчинних вітамінів та пояснити їх значення для регуляції обміну речовин.

7. Біологічне значення вітамінів А, D, Е, С та групи В?

8. Назвати харчові джерела вітамінів.

9. Чому спортсменам при виконанні фізичних навантажень потрібно збільшувати норму вживання вітамінів?

10. В чому подібність та відмінність гормонів та вітамінів?

11. Які гормони є стероїдними?

12. Назвати гормони, що походять від амінокислот.

13. Навести приклади гормонів, що мають білкову природу.

Задачі для самоконтролю

1. Порушення в організмі, що спричинені надлишком вітаміну, називаються:

а) гіпервітамінозом; б) гіповітамінозом; в) авітамінозом?

2. Нікотинова кислота – це вітамін:

а) В₁; б) С; в) В₅; г) Д?

3. Вітамін В₁₂ в своєму складі має катіон

а) калію, б) кобальту; в) натрію; г) магнію?

4. Фізіологічна назва вітаміну Н:

а) антицинготний; б) антинеуритний; в) антирахітичний;

г) антисеборейний?

5. Назвати гормони підшлункової залози:

а) вазопресин; б) інсулін; в) глюкагон; г) адреналін?

6. Які залози виділяють гормон адреналін:

а) гіпоталамус; б) підшлункова залоза; в) наднирники;

г) гіпофіз?

5. ВИДИ ТА ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Для самостійної роботи запропоновані тренувальні вправи та розрахункові задачі. Тренувальні вправи включають тести класифікаційного та відбіркового плану. Розрахункові задачі підібрані до кожної теми, що дозволяє студентам навчитися правильно розв'язувати задачі та забезпечити самоконтроль їх дій.

Самостійна робота включає в себе тестові завдання класифікаційного та відбіркового планів для самоперевірки.

Для кращого засвоєння біохімічних знань студенти виконують індивідуальні завдання теоретичного характеру, працюючи з рекомендованою літературою.

Студент повинен приділити увагу основним теоретичним положенням для їх застосування при розгляді класів органічних речовин та вивченні хімічних властивостей. Запропоновано типові розрахункові задачі з визначення відносної молекулярної маси речовини, визначення масових часток елементів у складних речовинах; визначення розчинника і маси розчиненої речовини в розчині; визначення кількості речовини, яка знаходиться у певній масі іншої речовини.

Теоретичні питання та вище вказані завдання запропоновано в екзаменаційних білетах.

Приклади розв'язання задач

Задача 1. Обчислити відносну молекулярну масу фосфатної кислоти.

Дано: H_3PO_4	Розв'язок
$M_r(\text{H}_3\text{PO}_4) = ?$	$M_r(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1 \cdot 3 + 31 + 16 \cdot 4 = 98.$

Відповідь: відносна молекулярна маса H_3PO_4 дорівнює 98.

Задача 2. Обчислити елементарний склад оксиду фосфору (V) у відсотках.

Дано: P_2O_5	Розв'язок
$w(\text{P}) - ?$	1. $M_r(\text{P}_2\text{O}_5) = (31 \cdot 2) + (16 \cdot 5) = 142.$
$w(\text{O}) - ?$	2. $w(\text{P}) = \frac{2A_r(\text{P})}{M_r(\text{P}_2\text{O}_5)}; w(\text{P}) = \frac{62}{142} = 0,4366$ або 43,66 %;
	3. $w(\text{O}) = 100 - 43,66 = 56,34 \%$.

Відповідь: $w(\text{P}) = 43,66 \%$, $w(\text{O}) = 56,34 \%$.

Задача 3. Визначити масову частку, %, глюкози в розчині, добутому розчиненням у воді масою 70 г глюкози масою 10 г.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано: } m(\text{H}_2\text{O})=70 \text{ г} & \\ m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)=10 \text{ г} & \\ \hline W(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = ? & \end{array}$$

Розв'язок

$$W = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100 \% ;$$

$$W(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{10 \text{ г}}{10 \text{ г} + 70 \text{ г}} = \frac{10 \text{ г}}{80 \text{ г}} = 0,125 \text{ г}$$

або 12,5 %.

Відповідь: масова частка глюкози в розчині становить 12,5 %.

Задача 4. Обчислити масу солі в розчині масою 400 г з масовою часткою солі 10 %.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано: } m(\text{розчину}) = 400 \text{ г} & \\ W(\text{солі}) = 10 \% & \\ \hline m(\text{солі}) = ? & \end{array}$$

Розв'язок

$$W = \frac{m_1}{m_2} ; m_1 = W \cdot m_2 ;$$

$$m(\text{солі}) = 0,1 \cdot 400 \text{ г} = 40 \text{ г}.$$

Відповідь: маса солі в розчині становить 40 г.

Задача 5. Потрібно приготувати розчин масою 500 г з масовою часткою калій хлориду 14 %. Визначити необхідні маси солі і води.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано: } m(\text{розчину}) = 500 \text{ г} & \\ W(\text{KCl}) = 14 \% & \\ \hline m(\text{KCl}) = ? ; & \\ m(\text{H}_2\text{O}) = ? & \end{array}$$

Розв'язок

$$W = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\% ; m(\text{KCl}) = \frac{m_2 W(\text{KCl})}{100} ;$$

$$m(\text{KCl}) = \frac{500 \text{ г} \cdot 14}{100} = 70 \text{ г} ;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{розчину}) - m(\text{KCl}) ;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ г} - 70 \text{ г} = 430 \text{ г}.$$

Відповідь: для приготування 500 г розчину з масовою часткою KCl 14 % треба взяти 70 г KCl і 430 г H₂O.

Задача 6. У воді розчинили 10 г натрій гідроксиду. Об'єм розчину, що дорівнює 250 мл. Визначити молярну концентрацію NaOH в розчині.

Дано: $m(\text{NaOH}) = 10 \text{ г}$
 $V(\text{розчину NaOH}) = 250 \text{ мл} = 0,25 \text{ л}$
 $c(\text{NaOH}) = ?$

Розв'язок

1. Обчислюємо молярну масу їдкого натрій гідроксиду:

$$M(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ г/моль.}$$

2. Обчислюємо кількість речовини NaOH у розчині:

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad \nu(\text{NaOH}) = \frac{10 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль.}$$

3. Обчислюємо молярну концентрацію розчину:

$$c = \frac{\nu}{V}; \quad c(\text{NaOH}) = \frac{0,25 \text{ моль}}{0,25 \text{ л}} = 1 \text{ моль/л.}$$

Відповідь: розчин їдкого натру одномолярний або 1M NaOH.

Задача 7. Обчислити масу хлориду цинку, потрібну для приготування 250 мл децимолярного його розчину.

Дано:
 $V = 250 \text{ мл} = 0,25 \text{ л}$
 $c(\text{ZnCl}_2) = 0,1 \text{ моль/л}$
 $m(\text{ZnCl}_2) = ?$

Розв'язок

$$M(\text{ZnCl}_2) = 65 + 35,5 \cdot 2 = 136 \text{ г/моль}; \quad c = \frac{\nu}{V}.$$

Підставимо в формулу

$$\nu = \frac{m}{M}; \quad c = \frac{m}{MV}; \quad m = cMV.$$

$$m(\text{ZnCl}_2) = 0,1 \text{ моль/л} \cdot 136 \text{ г/моль} \cdot 0,25 \text{ л} = 3,4 \text{ г.}$$

Відповідь: 3,4 г ZnCl_2 .

Виконання індивідуальних завдань

Відповідно до навчального плану з біохімії студент повинен виконати одну контрольну роботу. До її написання треба приступати після певного вивчення курсу згідно з програмою і методичними вказівками.

При оформленні контрольної роботи питання переписують у зошит повністю. Після кожного питання треба дати конкретну і зрозумілу відповідь.

В кінці роботи потрібно

1. Привести список підручників, які використані при виконанні контрольної роботи.

2. Поставити дату закінчення роботи.

3. При складанні іспиту студенту потрібно мати перевірену контрольну роботу.

Студент виконує свій варіант контрольних завдань згідно з вказівками викладача.

Варіант екзаменаційного білету

1. Дати відповідь на тестові завдання (1 бал):

1.1. Вказати, яка зі сполук відноситься до класу амінів:

а) $\text{CH}_3 - (\text{CH}_3)_{15} - \text{COOH}$; б) $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{NH}_2$;

в) $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_3 - \text{CONH}_2$?

1.2. Вказати, який зв'язок реалізується в молекулах білків:

а) металевий; б) іонний; в) ковалентний; г) пептидний?

1.3. Вказати, які з наведених груп зумовлюють амфотерні властивості білків:

а) $-\text{CONH}_2$; б) $-\text{NH}_2$; в) $-\text{COOH}$; г) $-\text{CO}-$?

1.4. Вказати, які зі сполук є полісахаридами:

а) аланін; б) сахароза; в) крохмаль; г) лактоза?

1.5. Вказати, які вітаміни відносяться до жиророзчинних:

а) вітаміни B_{12} ; б) вітамін С; в) вітамін А; г) вітамін Д?

2. Теоретичні завдання (2 бали).

2.1. Хімічні властивості моносахаридів. Написати структурні формули фруктози та рибози.

2.2. Пояснити різницю функцій ферментів і вітамінів в організмі. Вказати основні структури білкових молекул та їх обумовленість.

3. Розрахункові задачі (3 бали).

3.1. Обчислити молярну концентрацію розчину, в 500 мл якого розчинено 40 г NaOH .

3.2. Розрахувати масову частку Купруму в гемоціаніні (білок крові омара), який має молярну масу 780000, якщо відомо, що кожна її молекула містить двадцять атомів цього елемента.

ЗМІСТ

1. Загальні положення	3
2. Програма з біохімії	3
3. Рекомендована література	6
4. Теоретична частина	7
4.1. Загальні відомості про біохімію	7
4.2. Водно-дисперсні системи організму	9
4.3. Вуглеводи	17
4.4. Ліпіди	22
4.5. Білки і нуклеїнові кислоти	26
4.6. Ферменти – біологічні каталізатори	34
4.7. Вітаміни і гормони	40
5. Види та зміст самостійної роботи	46

Навчальне видання

МАЩЕНКО Валентина Василівна

БІОХІМІЯ

Робоча навчальна програма та конспект лекцій

(українською мовою)

Редактор *В.А. Стскольщикова*

Комп'ютерна правка та верстка *Н.В. Ялова*

Коректор *М.О. Паненко*

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 06.02.07. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 3,0. Обл.-вид. арк. 3,1.
Тираж 150 прим. Вид. № 16. Зам. № 13. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5



ВИДАВНИЦТВО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



Шановні панове!

Запрошуємо Вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого забезпечать оперативне та якісне виконання замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника в повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригіналу-макета, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ аркушепідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізку на гільйотинах;
- ✓ ламінування.

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублюкатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати *підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки*, – ми до Ваших послуг.

© Національний університет кораблебудування

✉ Україна, 54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5,

видавництво НУК

☎ 8(0512) 47-83-86; 39-81-42, 39-73-39, fax 8(0512) 42-46-52;

E-mail: publishing@usmtu.edu.ua