

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР
«МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ»**



ЗАВДАННЯ І ЕТАПУ

**II Всеукраїнського національного відбору учасників
Міжнародної молодіжної наукової олімпіади IJSO 2021**

25 травня 2021 року



ЗАВДАННЯ З БІОЛОГІЇ

1. У поживне середовище, де культивуються клітини тварин, внесено розчин тиміну (Т) з радіоактивною міткою. В яких молекулах клітин буде виявлено мічений тимін? (1 б.)

- А) РНК;
- Б) ДНК, РНК, білки;
- В) РНК, ферменти;
- Г) ДНК;
- Д) амінокислоти;
- Е) ДНК, РНК;
- Є) вуглеводи;
- Ж) не знаю.

2. До двомембранних органел клітини належать: (0,5 б.)

- А) ядро;
- Б) комплекс Гольджі;
- В) мітохондрії;
- Г) лізосоми;
- Д) вакуоля;
- Е) ЕПС;
- Є) рибосоми;
- Ж) не знаю.

3. Статеве покоління (гаметофіт) домінує у рослин: (0,5 б.)

- А) папороті;
- Б) моху сфагнуму;
- В) хвощів;
- Г) плаунів;
- Д) зозулиного льону;
- Е) усі відповіді правильні;
- Є) не знаю.



4. Досліджуючи еукаріотичні клітини, лаборант шляхом молекулярно-генетичних маніпуляцій отримав дві фракції: ядро і цитоплазму, які переніс у дві різні пробірки. Після детального аналізу вмісту пробірок, як у першій, так і в другій пробірці було виявлено ДНК. За рахунок яких органел можна пояснити наявність ДНК у пробірці із цитоплазмою? (1 б.)

- А) мітохондрій;
- Б) рибосом;
- В) лізосом;
- Г) білкових включень;
- Д) центросом;
- Е) комплексу Гольджі;
- Є) ЕПС;
- Ж) не знаю.

5. Двокамерне серце мають тварини: (0,5 б.)

- А) кісткові риби;
- Б) земноводні;
- В) плазуни;
- Г) птахи;
- Д) ссавці;
- Е) земноводні, плазуни;
- Є) усі відповіді правильні;
- Ж) не знаю.

6. У гені, що кодує білок А, відбулася делеція одного нуклеотиду, а в гені, що кодує білок С – трьох нуклеотидів. Який з білків – А чи С швидше за все втратить свої функціональні властивості? Відповідь обґрунтувати. (1 б.)



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

7. Тканини рослин, які забезпечують пересування органічних і неорганічних речовин по організму – це: (0,5 б.)

- А) покривна;
- Б) основна;
- В) флоема;
- Г) меристема;
- Д) ксилема;
- Е) механічна;
- Є) усі відповіді правильні;
- Ж) не знаю.

8. У тварин нервова регуляція порівняно з гуморальною: (0,5 б.)

- А) відбувається швидше;
- Б) відбувається повільніше;
- В) має довготривалий ефект;
- Г) має менш тривалий ефект;
- Д) не характерна для тварин;
- Е) не знаю.

9. Учений досліджував органелу, функція якої порушується при нейродегенеративних, інфекційних та серцево-судинних захворюваннях. Для вивчення її структури він використав специфічні флуоресцентні барвники і конфокальну мікроскопію. Після чергових експериментів дослідник зробив такі записи у своєму щоденнику: «Органела не змінила структури і складається із характерних для неї дископодібних мембранних цистерн, трубочок та везикул. Органела має функціонально активні цис- і транс- ділянки. Органела представлена однією копією, яка локалізується біля ядра». Яку органелу досліджує вчений? (1 б.)

- А) мітохондрію;
- Б) рибосому;
- В) хлоропласти;
- Г) протеосому;
- Д) центросому;
- Е) комплекс Гольджі;



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

Є) ЕПС;

Ж) не знаю.

10. Чи може декілька рибосом одночасно здійснювати трансляцію з однієї молекули іРНК? Чому? Відповідь обґрунтуйте. (1,5 б.)

11. З клінічних досліджень відомо, що частою причиною злоякісних новоутворень людини є порушення у функціонуванні кіназ. Чим це можна пояснити? Відповідь обґрунтуйте. (1,5 б.)

12. У людини відсутність потових залоз є рецесивною ознакою, яка локалізується на X-хромосомі. Батьки фенотипово здорові, а дитина – з генетичною аномалією.

12.1. Визначте стать дитини. (0,25 б.)

А) XX;

Б) XY;

В) не знаю.

12.2. Хто з батьків є носієм захворювання? (0,25 б.)

А) мати;

Б) батько;

В) мати і батько;

Г) не знаю.

12.3. Яка ймовірність народження доньки з генетичною аномалією? (0,25 б.)

А) 75%;

Б) 25%;

В) 1,25%;

Г) 50%;

Д) 100%;

Е) 0%;

Є) не знаю.



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

12.4. Яка ймовірність народження сина з генетичною аномалією?

(0,25 б.)

- A) 75%;
- B) 25%;
- B) 1,25%;
- Г) 50%;
- Д) 100%;
- Е) 0%;
- Є) не знаю.

13. Яка посттрансляційна модифікація білків сприяє їх деградації? В яких клітинних структурах відбувається деградація білка? (1,5 б.)

14. У лабораторії шляхом полімеразної ланцюгової реакції ампліфікували ген GFP, який складався з 945 триплетів.

14.1. Визначити масу і довжину гена, якщо молекулярна маса одного нуклеотиду становить 340 а.о.м., а довжина нуклеотиду – 0,34 нм. (1 б.)

- A) 1 927 800 а.о.м., 963,9 нм;
- B) 323 000 а.о.м., 321,3 нм;
- B) 963 900 а.о.м., 963,9 нм;
- Г) 1 927 800 а.о.м., 321,3 нм;
- Д) 963 900 а.о.м., 321,3 нм;
- Е) 720 559 а.о.м., 568 нм;
- Є) не знаю.

14.2. Скільки амінокислот матиме білок GFP (0,25)?

- A) 720;
- B) 2835;
- B) 356;
- Г) 945;
- Д) 321;
- Е) 980;
- Є) не знаю.



14.3. Скільки часу триватиме синтез даного білка GFP на рибосомі, якщо під час синтезу за 1 с приєднується 7 амінокислот? (0,25 б.)

- A) 135;
- Б) 57;
- В) 945;
- Г) 168;
- Д) 6615;
- Е) 1245;
- Є) не знаю.

15. За рахунок яких механізмів агробактерії «змушують» рослини працювати на себе? Яким чином і з якою метою цей механізм використовують учені? (1,5 б.)



ЗАВДАННЯ З ФІЗИКИ

16. Дерев'яний брусок, розміри якого $10 \cdot 10 \cdot 5 \text{ см}^3$, плаває у воді. Тіло якої найменшої маси потрібно на нього покласти, щоб він повністю занурився у воду? Густина деревини – $0,8 \text{ г/см}^3$, густина води – 1 г/см^3 .

Відповідь подати у грамах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

17. Рушаючи з місця, сучасний спортивний автомобіль розганяється на горизонтальній трасі до швидкості $v = 100 \text{ км/год}$ за $t = 3 \text{ с}$. Маса автомобіля $m = 700 \text{ кг}$. Яку потужність розвиває автомобіль у кінці розгону?

Відповідь подати в кіловатах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

18. Навколо деякої планети по колових орбітах обертаються два її супутники. Відомо, що період обертання першого, ближчого до планети, супутника у вісім разів менший за період обертання другого супутника. У скільки разів радіус орбіти другого супутника більший за радіус орбіти першого?

Виберіть відповідь, яка буде найближчою до отриманого значення.

А) 2;

Б) 4;

В) 8;

Г) 16;

Д) не знаю.

19. У посудину з теплоємністю $C = 1,5 \text{ кДж/К}$ і початковою температурою $t_1 = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ помістили $m = 50 \text{ г}$ льоду за температури $t_2 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$. Яка температура встановиться в посудині?

Відповідь округлити і подати в градусах Цельсія у вигляді цілого числа (наприклад, +10). Питомі теплоємності води і льоду дорівнюють відповідно



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

$c_1 = 4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ і $c_2 = 2,1 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$. Питома теплота плавлення льоду $L = 330 \text{ кДж/кг}$.

20. Сонячна батарея з ККД 17% перетворює сонячну енергію на електричну. Відомо, що на 1 м^2 плоскої поверхні, перпендикулярної до напрямку сонячних променів, падає 700 Вт сонячної енергії. Якою має бути найменша площа поверхні сонячної батареї, щоб від неї можна було б живити ноутбук, який споживає в робочому режимі 80 Вт електроенергії?

Відповідь подати у квадратних сантиметрах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

21. Між горизонтально розташованими обкладинками зарядженого повітряного конденсатора нерухомо висить пилінка кулястої форми радіуса $r = 0,1 \text{ мм}$. Густина речовини пилінки $\rho_0 = 2,5 \text{ г/см}^3$. Напруга на конденсаторі $U = 100 \text{ В}$, відстань між обкладинками $d = 5 \text{ мм}$. Чому дорівнює заряд пилінки по модулю?

Відповідь подати в пікокулонах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).
 $1 \text{ пКл} = 10^{-12} \text{ Кл}$. Прискорення вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

22. Стрілка міліамперметра відхиляється до кінця шкали, якщо через нього протікає струм $I = 0,01 \text{ А}$. Опір міліамперметра $R = 5 \text{ Ом}$. Який додатковий опір R_d потрібно під'єднати до приладу, щоб його можна було використати в ролі вольтметра, здатного вимірювати напругу до $U = 30 \text{ В}$?

Відповідь подати в омах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

23. На екрані, розташованому на відстані 64 см від предмета, за допомогою збірної лінзи утворюється втричі збільшене зображення цього предмета. Знайти фокусну відстань лінзи.

Фокусну відстань подати в сантиметрах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).



24. Повітря маси $m = 5$ г нагрівають за постійного тиску від температури $T_0 = 290$ К. Яку кількість теплоти потрібно надати цьому повітрю, щоб його об'єм збільшився вдвічі? Питома теплоємність повітря за постійного тиску дорівнює $c_p = 1,018$ кДж/(кг*К).

Відповідь подати в джоулях у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

25. Хвилі на поверхні води називаються капілярно-гравітаційними. На великій відстані від берега швидкість поширення таких хвиль з довжиною більше метра пропорційна кореню квадратному з довжини хвилі.

Морська хвиля довжиною 10 м вдаряється об берег 15 разів за час 30 с. З якою швидкістю поширюється ця хвиля?

Відповідь подати в кілометрах на годину у вигляді цілого числа (наприклад, 10).

26. На основі умови попереднього завдання визначте, у скільки разів різняться швидкості поширення морських хвиль з довжинами 10 м і 40 м на великій відстані від берега?

Виберіть правильну відповідь.

- А) у 4 рази;
- Б) однакові;
- В) у корінь із двох разів;
- Г) у 2 рази;
- Д) не знаю.

27. Прямокутну провідну рамку площею $S = 20$ см² поміщено в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 0,2$ Тл. Лінії індукції утворюють з площиною рамки кут 30 градусів. Опір витка $R = 2$ Ом. Який заряд протече по витку, якщо поле буде зникати зі сталою швидкістю?

Відповідь подати в мікрокулонах у вигляді цілого числа (наприклад, 10).



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

28. Візок маси $M = 120$ кг разом з людиною маси $m = 60$ кг рухається горизонтально зі швидкістю $u = 1$ м/с. Людина починає йти зі сталою швидкістю по візку в тому самому напрямку. За якої швидкості руху людини відносно візка він зупиниться? Тертям коліс візка об землю знехтувати.

Виберіть правильну відповідь. Швидкість виражено в метрах за секунду.

- А) 1;
- Б) 2;
- В) 3;
- Г) 4;
- Д) не знаю.

29. Ноті «соль» першої октави відповідає звук із частотою 392 Гц, а ноті «ля» цієї самої октави відповідає звук із частотою 440 Гц. Гучномовець, підключений до звукового генератора, генерує звукові коливання, що відповідають ноті «соль».

З якою швидкістю має рухатися слухач у напрямку до гучномовця, щоби почути ноту «ля»?

Відповідь подати в кілометрах на годину у вигляді цілого числа (наприклад, 10). Швидкість звуку в повітрі дорівнює 340 м/с.

30. Електричний двигун постійного струму з опором обмотки $R = 2$ Ом підключено до генератора з ЕРС $E = 240$ В і внутрішнім опором $r = 4$ Ом. Під час роботи двигуна через його обмотку протікає струм $I = 10$ А. Знайти ККД двигуна.

Опором дротів знехтувати. Відповідь округлити і подати у відсотках у вигляді цілого числа (наприклад, 10).



ЗАВДАННЯ З ХІМІЇ

31. Хімічний елемент фосфор, що має 15-й порядковий номер у періодичній таблиці хімічних елементів, завдяки особливостям електронної будови може брати участь в утворенні різних речовин, в яких його атоми набувають різної електронної конфігурації.



Визначте, які з наведених електронних конфігурацій мають атоми фосфору в збудженому стані, натрій ортофосфаті, простій речовині, фосфіні, фосфітній кислоті, магній фосфіді, калій триполіфосфаті ($K_5P_3O_{10}$), фосфор (III) хлориді.

- (1) $1s^2 2s^2 2p^6$;
- (2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$;
- (3) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$;
- (4) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^4$;
- (5) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;
- (6) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^5 3d^1$;
- (7) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^1$;
- (8) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^2 3d^2$.

Укажіть номер від 1 до 8, який відповідає електронній конфігурації атомів фосфору у відповідній речовині / стані:

збуджений стан, P*	_____
натрій ортофосфат	_____
проста речовина	_____
фосфін	_____
фосфітна кислота	_____
магній фосфід	_____
калій триполіфосфат ($K_5P_3O_{10}$)	_____
фосфор (III) хлорид	_____

Важливо: завдання зараховується повністю лише за умови визначення усіх відповідностей правильно.



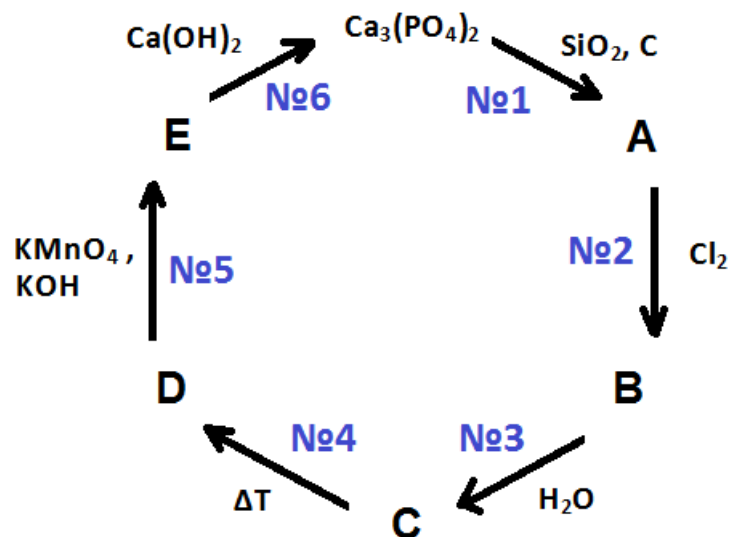
32. Методом обчислень визначте, в 1,73 г якої з трьох солей буде більше нейтронів, і зазначте їх кількість (у моль): натрій ортофосфат (Na_3PO_4), натрій пірофосфат ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), натрій триполіфосфат ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). Розрахунок проводити з точністю до 0,00001. ($A_{\text{P}} = 31$, $Z_{\text{P}} = 15$; $A_{\text{Na}} = 23$, $Z_{\text{Na}} = 11$; $A_{\text{O}} = 16$, $Z_{\text{O}} = 8$)

32.1. Укажіть формулу солі, що містить найбільше нейтронів _____

32.2. Укажіть число нейтронів (у моль) _____

33. Фосфор, як хімічний елемент V групи, здатний існувати в різних ступенях окиснення, тому фосфору і його сполукам притаманні різноманітні хімічні перетворення.

Напишіть рівняння хімічних реакцій, що описують циклічне перетворення (літерами позначено фосфоровмісні продукти реакцій, речовини, вказані біля стрілок, є реагентами відповідних реакцій):



За допомогою отриманих рівнянь дайте відповіді на такі питання.

33.1. Розшифруйте кожну з фосфоровмісних сполук у ланцюжку хімічних перетворень (зазначте брутто-формули речовин). Якщо в результаті перетворення утворюється проста речовина, вважайте її хімічну будову одноатомною.

A _____ B _____ C _____ D _____ E _____



***Важливо:** завдання зараховується тільки в разі, якщо ВСІ речовини вказано правильно.*

33.2. Порахуйте суму коефіцієнтів реагентів та продуктів реакції № 5.

33.3. Які з реакцій у ланцюжку не є окисно-відновними?

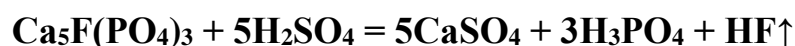
33.4. Вкажіть ступені окиснення фосфору в реагентах та продуктах реакції № 4. (Вкажіть ступені окиснення в порядку їх зростання. Якщо дві сполуки містять фосфор з однаковим ступенем окиснення, вона записується двічі).

34. Ортофосфатна кислота (її часто називають просто фосфатною кислотою) є одним з основних продуктів хімічної промисловості. Вона широко застосовується в різноманітних галузях промисловості – від сільського господарства, обробки металів, виробництва синтетичних мийних засобів до фармацевтики й харчової промисловості.

Для промислового виробництва ортофосфатної кислоти використовують два способи: екстракційний (розклад природних фосфатів сильними кислотами, найчастіше сульфатною кислотою) і термічний (високотемпературне відновлення елементарного фосфору з природних фосфатів з подальшим його окисненням і гідратацією отриманого фосфор (V) оксиду у фосфатну кислоту).

Екстракційна фосфатна кислота

Ортофосфатна кислота, отримана екстракційним методом, характеризується нижчим вмістом P_2O_5 (залежно від сировини він може становити 19–42 % для неупареної кислоти) і більшим вмістом домішок порівняно з так званою термічною фосфатною кислотою. Сировиною для отримання кислоти є фосфорити й апатити (наприклад, фторапатит $Ca_5F(PO_4)_3$). У спрощеному вигляді повний розклад фторапатиту можна представити таким рівнянням:



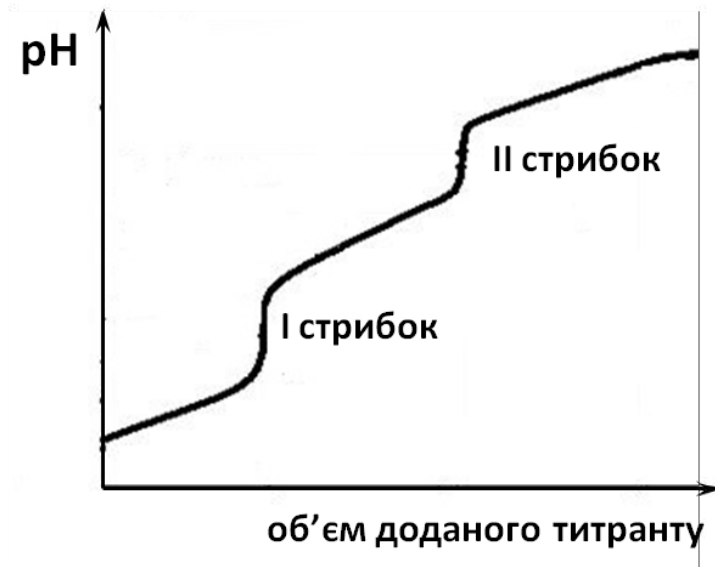
Співвідношення сульфатної і фосфатної кислот у реакційному середовищі визначають за допомогою об'ємного хімічного аналізу (титриметрії). Для аналізу відбирають пробу пульпи (висококонцентрованої



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

суспензії, дисперсною фазою якої є нерозчинні реагенти та продукти реакції), фільтрують і промивають її дистильованою водою. Отриманий фільтрат змішують з промивними водами, розбавляють дистильованою водою і титрують отриманий розчин стандартним 0,1 М розчином натрій гідроксиду (NaOH) у присутності хімічних індикаторів з різним значенням pK_{ind} . Загальний вигляд кривих титрування наведено на рисунку:



Під час вирішення наступних завдань уважати, що фторидна кислота повністю видаляється з пульпи у вигляді газу, впливом домішок знехтувати.

34.1. За описаною вище схемою з пульпи, відібраної на проміжних етапах реакції екстрагування (до повного витрачання сульфатної кислоти), приготували розчини для аналізу. На кривих титрування цих розчинів стандартним розчином натрій гідроксиду спостерігаються два стрибки титрування. Які з наведених нижче реакцій зумовлюють їх появу?

1. $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$
2. $CaSO_4 + 2NaOH = Ca(OH)_2 + Na_2SO_4$
3. $HF + NaOH = NaF + H_2O$
4. $H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$
5. $NaH_2PO_4 + NaOH = Na_2HPO_4 + H_2O$

У відповіді зазначте порядкові номери реакцій, що відповідають кожному стрибку.



Важливо: завдання зараховується повністю, якщо обидві відповіді вказані правильно.

34.2. Використовуючи дані, наведені в таблиці, оберіть індикатори, які можуть бути використані для визначення вмісту сульфатної і фосфатної кислот у пульпі. Константи дисоціації фосфатної кислоти: $K_{a1} = 8 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2} = 6 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3} = 5 \cdot 10^{-13}$.

Пам'ятайте, що для титрування найкраще підходить той індикатор, середина інтервалу переходу якого максимально наближена до величини рН у точці еквівалентності.

Значення рН у точці еквівалентності при титруванні слабких багатоосновних кислот (основ) наближено можна розрахувати як середнє арифметичне показників констант двох суміжних стадій дисоціації.

	Індикатор	Інтервал переходу
1	Метилловий фіолетовий	0,15–3,2
2	Тимоловий блакитний (I перехід)	1,2–2,8
3	Диметилловий жовтий	2,9–4,0
4	Метилловий червоний	4,4–6,2
5	Лакмус	5,0–8,0
6	Феноловий червоний	6,4–8,0
7	Тимоловий блакитний (II перехід)	8,0–9,6
8	Тимолфталеїн	9,3–10,5
9	Алізариновий жовтий	10,0–12,0

У відповіді вкажіть для кожного стрибка титрування порядкові номери індикаторів у таблиці. Якщо для якогось стрибка титрування підходять декілька індикаторів, їх номери пишуться в порядку зростання.

34.3. Недосвідченому студенту-хіміку, який проходив практику в лабораторії хімічного аналізу на виробництві екстракційної фосфатної кислоти, було доручено проаналізувати пробу пульпи на вміст сульфатної і фосфатної кислот. За відомою методикою він приготував для аналізу розчин об'ємом 250 мл. На титрування 10 мл досліджуваного розчину стандартним 0,1 М розчином натрій гідроксиду в присутності метилоранжу було витрачено 13,4 мл стандартного розчину лугу. Об'єм стандартного розчину натрій гідроксиду,



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

витраченого на титрування 10 мл досліджуваного розчину в присутності фенолфталеїну, становить 25,4 мл.

Допоможіть практиканту за отриманими результатами аналізу визначити молярні концентрації сульфатної і фосфатної кислот у розчині аналіту:

Концентрація H_2SO_4 (моль/л) _____

Концентрація H_3PO_4 (моль/л) _____

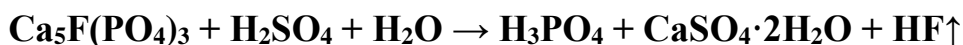
35. Студент III курсу хімічного факультету влаштувався на роботу лаборантом у шкільному кабінеті хімії. У перший робочий день він отримав завдання приготувати 1 мас. % розчини сульфатної і ортофосфатної кислот. Студент швидко впорався із завданням. Та за хвилину до того, як мав віддати розчини вчителю, із жахом помітив, що забув підписати колби. Часу на хімічний аналіз чи приготування нових розчинів у бідолахи не було. Аж тут його погляд просяяв – він побачив рН-метр і зрозумів, що ситуація врятована! Які значення рН для кожного розчину визначив лаборант?

У відповіді зазначте величину рН із точністю до сотих. Густина розчинів прийняти за 1 г/мл. $A_{\text{rH}} = 1$, $A_{\text{rO}} = 16$, $A_{\text{rP}} = 31$, $A_{\text{rS}} = 32$. Константи дисоціації ортофосфатної кислоти: $K_{a1} = 8 \cdot 10^{-3}$, $K_{a2} = 6 \cdot 10^{-8}$, $K_{a3} = 5 \cdot 10^{-13}$.

рН 1 мас. % водного розчину H_2SO_4 _____

рН 1 мас. % водного розчину H_3PO_4 _____

36. Для отримання фосфатної кислоти використовують фторапатит, що містить 27,5 мас. % P_2O_5 , 43,5 мас. % CaO і 2,5 мас. % фтору. Концентрація сульфатної кислоти, що використовується для екстракції, становить 17,1 моль/л (густина 1,824 г/мл). Розклад фторапатиту відбувається за схемою:



За рівнянням реакції розкладу визначте, скільки води (у г) теоретично необхідно додати для отримання розчину фосфатної кислоти з концентрацією 28 мас. % (з розрахунку на 1 кг фторапатиту). Вважати, що в умовах реакції розклад апатиту і вилучення фосфор оксиду (V) відбувається повністю.



$Ar_{Ca} = 40$, $Ar_F = 19$, $Ar_O = 16$, $Ar_H = 1$, $Ar_S = 32$, $Ar_P = 31$. У відповіді зазначте масу води в грамах, значення округліть до цілого.

37. Одним з важливих напрямів застосування солей фосфатних кислот є так зване реагентне пом'якшення води, в основі якого лежить зв'язування іонів металів, передусім кальцію та магнію, в малорозчинні сполуки. Зокрема, саме із цією метою для підвищення мийної здатності пральних порошків до їх складу додають фосфати натрію (ортофосфат або гексаметафосфат).

Фосфат-іон з багатьма металами утворює важкорозчинні солі, тому його можна використовувати для дробного осадження – розділення суміші катіонів металів шляхом їх послідовного висадження з розчину. Послідовність і повнота осадження залежатиме від початкових концентрацій важкорозчинних сполук і значень їх добутку розчинності (ДР).

У таблиці наведено вміст іонів деяких металів у морській воді. Користуючись даними, наведеними в таблиці, визначте порядок утворення осадів при додаванні натрій ортофосфату до проби морської води.

У відповіді пронумеруйте метали цифрами від 1 до 6, де 1 – метал, фосфат якого випаде в осад першим, 6 – метал, фосфат якого випаде в осад останнім.

Склад морської води		ДР
Метал	Вміст, моль/л	
Ag	0,0000000028	$1,3 \cdot 10^{-20}$
Al	0,00007	$5,8 \cdot 10^{-19}$
Ca	0,01	$2 \cdot 10^{-29}$
Fe(III)	0,00000036	$1,3 \cdot 10^{-22}$
Mg	0,052346	$1 \cdot 10^{-13}$
Sr	0,000148	$1 \cdot 10^{-31}$

Відповідь:

Ag _____
Al _____
Ca _____
Fe(III) _____
Mg _____
Sr _____



38. Забруднення водних середовищ, спричинене безконтрольним використанням фосфатвмісних добрив і мийних засобів, викликає безконтрольний ріст мікроорганізмів (фітопланктону) і водних рослин, що може призвести до загибелі вищих живих організмів, які мешкають у воді, і зробити воду непридатною для господарчих та рекреаційних потреб. Згідно із загальновідомими даними, концентрація фосфат-іонів у воді, більша за 0,03 мг/л, спричинює бурхливе розмноження фітопланктону й активне цвітіння водойми, при цьому 1 г засвоєного фосфору збільшує біомасу фітопланктону в середньому на 6 кг.

У засвоєнні фосфору фітопланктоном беруть участь різні біологічні каталізатори – ферменти, але припустимо, що один з них є незрівнянно активнішим (назвемо його умовно «Ферм-А»). Група дослідників спробувала вивчити вплив забруднень фосфатами на швидкість їх засвоєння у природних умовах і динаміку росту фітопланктону. Для цього відкритий басейн довжиною 155 м, шириною 100 м і глибиною 2,5 м заповнили водою на 80%. Кількість планктону у воді перед початком експерименту становила 15 мг/л. Початкова концентрація найактивнішого ферменту-каталізатора «Ферм-А» за вказаного вмісту фітопланктону становила 5 мкмоль/м³ (1 мкмоль = 10⁻⁶ моль). Як джерело фосфат-іонів використовували натрій ортофосфат, який вносили в басейн у кількості 5 кг 84 г на початку експерименту, рівномірно розподіляючи його в об'ємі води в басейні.

У результаті досліджень було з'ясовано декілька цікавих фактів. Швидкість реакції засвоєння фосфатів за участю ферменту «Ферм-А» пропорційна концентрації фосфат-іонів у ступені 2 та концентрації ферменту в ступені 1. Константа швидкості реакції засвоєння фосфатів навесні, коли середня температура води сягала 15 °С, становила 2·10⁸ с⁻¹, а температурний коефіцієнт швидкості реакції в межах можливих сезонних коливань температури – 2,5. (Ar_O = 16, Ar_{Na} = 23, Ar_P = 31)

Користуючись отриманими даними:



38.1. Розрахуйте швидкість реакції v_0 засвоєння фосфат-іонів на початку експерименту у весняний період.

38.2. Визначте, яким буде відношення швидкості реакції засвоєння фосфат-іонів на початку експерименту, що виконується влітку, коли вода в басейні прогріється до $35\text{ }^\circ\text{C}$, до початкової швидкості реакції у весняний період (відповідь подайте з точністю до сотих).

38.3. Розрахуйте константу швидкості реакції засвоєння фосфатів влітку за умов вихідних концентрацій реагентів.

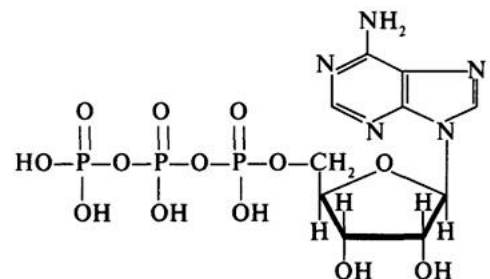
38.4. Розрахуйте, в скільки разів потрібно збільшити концентрації вихідних реагентів, аби швидкість реакції засвоєння фосфатів фітопланктоном за весняної погоди зростає у 8 разів за умови, що кратність збільшення концентрації однакова для обох реагентів.

38.5. Розрахуйте кінцеву концентрацію фітопланктону (мг/л) наприкінці досліджень, якщо після закінчення експерименту концентрація фосфатів зменшилась у 12,4 раза (відповідь округліть до цілого числа).

39. Фосфат-іони відіграють важливу роль у живій природі. І йдеться не лише про сільське господарство, де фосфатвмісні сполуки використовують як основне джерело фосфору в мінеральних добривах.

Цей іон є невід'ємною складовою аденозинтрифосфатної кислоти, або аденозинтрифосфату (АТФ), що є універсальним джерелом енергії в усіх біохімічних процесах у живих організмах. Саме за рахунок гідролізу фосфатних залишків з 1 г АТФ вивільняється близько 0,15 кДж енергії, яка використовується в різноманітних біохімічних перетвореннях.

Аденозинтрифосфатна кислота ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$)



Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте, за якого співвідношення рослинної олії (гліцерилтриолеату) і цукру можна отримати



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

стільки ж енергії в процесі метаболізму, скільки вивільняється з 10 моль АТФ (обрати найбільш близькі значення). ($A_{\text{rH}} = 1$, $A_{\text{rC}} = 12$, $A_{\text{rN}} = 14$, $A_{\text{rO}} = 16$, $A_{\text{rP}} = 31$).

Поживні компоненти їжі	Енергетична цінність, МДж/моль
Рослинна олія (гліцерилтриолеат, $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOC}\text{C}_{17}\text{H}_{33})_3$)	32,7
Вуглеводи (на прикладі цукрози, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)	5,8
Цукрозамінники (на прикладі ксиліту, $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_5$)	1,5

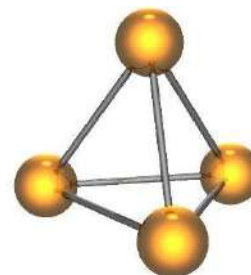
- А) 20 г гліцерилтриолеату і 44,8 г цукрози;
- Б) 10 г гліцерилтриолеату і 22,4 г цукрози;
- В) 20 кг гліцерилтриолеату і 44,8 кг цукрози;
- Г) 10 кг гліцерилтриолеату і 22,4 кг цукрози.

40. Фосфін PH_3 , як аналог амоніаку, – дуже токсичний газ, який легко впізнати за неприємним запахом часнику. Проте крім небезпеки він також є надзвичайно реакційноздатним і швидко згорає за наявності повітря. При згоранні 560 л фосфіну, що утворювався при повільному розкладанні органічних речовин упродовж трьох місяців за відсутності повітря в глибинних шарах торфу, утворилася певна кількість фосфор (V) оксиду ($\Delta H_{\text{утв}} = 1548$ кДж/моль), води в рідкому стані ($\Delta H_{\text{утв}} = 286$ кДж/моль) та 30,5 МДж енергії.

40.1. За наведеними вище даними розрахуйте суму коефіцієнтів реагентів та продуктів реакції високотемпературного горіння PH_3 .

40.2. Розрахуйте теплоту утворення PH_3 (у кДж/моль).

40.3. Розрахуйте енергію зв'язку P-H (у кДж/моль) у молекулі фосфіну за умови, що проста речовина фосфор складається з молекул P_4 , атоми яких розміщені у формі тетраедра (рис.). Енергія зв'язків H-H та P-P становить 435 кДж/моль і 201 кДж/моль відповідно. (Відповідь округліть до цілого.)





41. Фосфатування поверхні чорних металів є одним з добре відомих та ефективних методів захисту поверхні металевих виробів. Із хімічної точки зору фосфатування є окисно-відновною реакцією перетворення поверхневого шару металу в іонний стан і взаємодії іонів, що утворилися при цьому, з ортофосфатною кислотою. У результаті на поверхні металу утворюється шар нерозчинного ортофосфату металу, який ефективно захищає поверхню від впливу несприятливих факторів довкілля та дії агресивних речовин.

Для сталюого бака кубічної форми, зовнішній розмір сторони якого – 3,02 м, а товщина стінки дорівнює 1 см, призначеного для зберігання технічної води, було проведено електрохімічне фосфатування його внутрішньої поверхні. Фосфатне покриття, що складається з ортофосфату тривалентного заліза, із задовільними захисними характеристиками повинно мати товщину щонайменше 30 мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$). Оскільки площа поверхні бака доволі велика, для проведення електрохімічного фосфатування потрібно під'єднати потужний постійний струм. Для окреслених умов достатньою є сила струму 7395 А. ($A_{\text{Fe}} = 56$, $A_{\text{P}} = 31$, $A_{\text{O}} = 16$. Густина шару залізо (III) ортофосфату становить $3,0 \text{ г/см}^3$. Константа Фарадея 96 500 Кл/моль).

Визначте:

41.1. Яка маса залізо (III) ортофосфату (у г) необхідна для покриття внутрішньої поверхні бака шаром захисного покриття мінімальної товщини.

41.2. Який час (у хв) потрібен для осадження 30 мкм захисного фосфатного покриття за наведених умов електрохімічного фосфатування (відповідь округліть до цілого).

42. У лабораторних умовах проводили електроліз водного розчину літій ортофосфату, під'єднавши джерело електричного струму до електродів з графіту. Через короткий проміжок часу почалося активне виділення газоподібних сполук на обох електродах.



Дайте відповіді на питання:

42.1. Виділення якої сполуки помітне неозброєним оком на катоді?

- A) O_2 ;
- Б) H_2 ;
- В) PH_3 ;
- Г) P_2O_5 .

42.2. Яка газоподібна сполука виділяється на аноді?

- A) O_2 ;
- Б) H_2 ;
- В) PH_3 ;
- Г) P_2O_5 .

42.3. Укажіть електрод, біля якого нейтральний розчин фенолфталеїну за деякий час від початку електролізу може змінити своє забарвлення?

- A) жоден;
- Б) анод;
- В) катод;
- Г) анод, і катод.

42.4. Визначте, витрата якої речовини при проведенні електролізу за нормальних умов приведе до зупинки електрохімічних реакцій? (Для позначення речовини у відповіді напишіть її брутто-формулу).

43. Зверніть увагу на подану нижче методику одержання фосфор (V) оксиду, P_2O_5 , одним невідомим дослідником.

Для одержання чистого P_2O_5 потрібно зробити наважку 4 г безпечного у використанні червоного фосфору і помістити її у скляний циліндр. Наважку фосфору підпалити й інтенсивно пропускати крізь циліндр попередньо висушене повітря. У результаті відбувається активне окиснення фосфору з виділенням білого диму, що складається з парів P_2O_3 . Пари P_2O_3 конденсуються на стінках під'єднаної до циліндра скляної колби-приймача у вигляді білих розпушених кристалів. Після закінчення реакції горіння колбу-приймач заповнюють киснем, висушеним над концентрованою



I етап

II Всеукраїнського національного відбору IJSO 2021

H₂SO₄ або твердим KOH, і нагрівають упродовж декількох годин для перетворення P₂O₃ на P₂O₅ і його додаткового очищення методом сублімації. Отриманий чистий P₂O₅ зсипають у банку з герметичною кришкою.

Яка з перелічених у методиці сполук є зайвою? (Для позначення речовини у відповіді вкажіть її брутто-формулу).

44. До водних розчинів невідомих сполук, закодованих як 1, 2, 3, 4, додали розчин залізо хлориду. Результат експерименту записали на відео.

<https://drive.google.com/file/d/1RCD8mXgCTt7sTP8mhBYYz7kn3LGBeasF/view?usp=sharing>

або



Уважно перегляньте відеофрагмент, розшифруйте невідомі сполуки 1, 2, 3, 4 і визначте брутто-формулу залізо хлориду, якщо відомо:

1. Для «побудови» всіх закодованих сполук достатньо такого набору хімічних елементів: вуглець (Ar = 12), азот (Ar = 14), кисень (Ar = 16), фосфор (Ar = 31), сірка (Ar = 32), калій (Ar = 39), залізо (Ar = 56).

2. Молярна маса сполуки 1 = 212 г/моль.

Молярна маса сполуки 2 = 97 г/моль.

Молярна маса сполуки 3 = 138 г/моль.

Молярна маса сполуки 4 = 368 г/моль.

(Для позначення речовин використовуйте їх брутто-формули).

формула залізо хлориду: _____

сполука 1 _____

сполука 2 _____

сполука 3 _____

сполука 4 _____