

**Государство Израиль  
Министерство просвещения**

Тип экзамена:

на аттестат зрелости для средних школ

Время проведения экзамена: лето 2016 года

**Номер вопросника: 037203**

Приложение: химические формулы и данные

**Перевод на русский язык (5)**

**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

סוג הבחינה:

בגרות לבתי ספר על-יסודיים

מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016

**מספר השאלון: 037203**

נספח: נוסחאות ונתונים בכימיה

**תרגום לרוסית (5)**

**Химия**

**כימיה**

дополнение с 3 до 5 единиц обучения  
для изучающих одну единицу по теме  
"Исследовательская лаборатория"

השלמה מ-3 ל-5 יחידות לימוד  
לתלמידים ההלומדים יחידה שלמה  
במעבדת חקר

**Указания экзаменуемым**

**הוראות לנבחן**

а. Продолжительность экзамена: полтора часа.

א. משך הבחינה: שעה וחצי.

б. Строение вопросника и ключ к оценке:

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

В этом вопроснике два раздела.

בשאלון זה שני פרקים.

Раздел первый — (1 x 50) — 50 баллов

פרק ראשון — (1 x 50) — 50 נקודות

Раздел второй — (1 x 50) — 50 баллов

פרק שני — (1 x 50) — 50 נקודות

Всего — 100 баллов

סה"כ — 100 נקודות

в. Разрешенный вспомогательный материал:

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

1. Калькулятор (включая калькулятор  
с графическим дисплеем).

1. מחשבון (כולל מחשבון גרפי).

2. Двухязычный словарь по выбору ученика.

2. מילון עברי-לועזי/לועזי-עברי.

г. Особое указание:

ד. הוראה מיוחדת:

**На внешней стороне обложки  
экзаменационной тетради укажите тему,  
которую вы выбрали для ответа во втором  
разделе.**

**רשום על הצד החיצוני של מחברת  
הבחינה את הנושא  
שענית עליו בפרק השני**

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בִּטְיוֹטָה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

Все черновые записи (тезисы, вычисления и т.п.) необходимо выполнять только на выбранных вами для этого страницах экзаменационной тетради. Напишите слово "черновик" в начале каждой страницы, на которой вы выполняете черновые записи. Любая черновая запись на листах, не относящихся к экзаменационной тетради, может привести к тому, что экзамен будет аннулирован!

**Желаем успеха!**

**בהצלחה!**

## Вопросы Раздел первый (50 баллов)

### ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ТЕМА – ЭНЕРГИЯ И ДИНАМИКА 1

Ответьте на один из вопросов 1-2 .

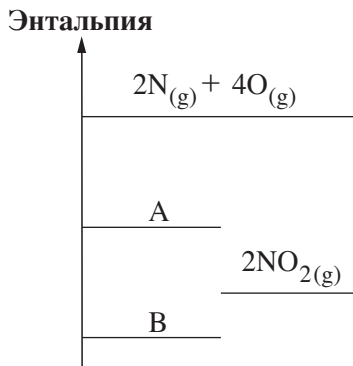
**Обратите внимание:** уравнения химических реакций должны быть уравнены, и единицы измерения должны быть правильно записаны.

1. В этом вопросе рассматриваются реакции, в которых участвуют оксиды азота.

Даны уравнения двух реакций (1)-(2):

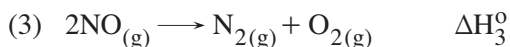


На следующем чертеже изображено изменение стандартной энтальпии в реакциях (1) и (2) в ходе разрыва связей в молекулах реагентов и образования связей в молекулах продуктов реакции.



- (x) i Определите, каким процессом является разрыв связей в молекулах реагентов: экзотермическим или эндотермическим. Обоснуйте свой ответ.
- ii Напишите уравнение процесса разрыва связей в молекулах реагентов в ходе каждой из реакций (1) и (2).
- iii Перенесите чертеж в свою тетрадь и напишите над каждой из линий, обозначенных буквами А и В, формулы соответствующих реагентов. Обоснуйте свой ответ.

(ג) Дана реакция (3):



Вычислите значение  $\Delta H_3^0$ .

Приведите подробные вычисления в своем ответе.

(א) i Определите, является ли реакция (1) спонтанной при стандартных условиях при температуре 298 К. Обоснуйте свой ответ без вычислений.

ii Изменение стандартной энтропии в реакции (3)

$$\Delta S^0_{\text{системы}} = -24.6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Определите, является ли реакция (3) спонтанной при стандартных условиях при температуре 298 К. Приведите подробные вычисления и обоснуйте свой ответ.

(ג) Газы, выделяющиеся из мотора автомобиля перед выходом наружу проходят через установку, которая называется каталитическим конвертером [ממיר קטליטי]. Функция каталитического конвертера заключается в уменьшение выброса загрязняющих газов, таких как оксид  $\text{NO}_{(g)}$ , образующийся при работе автомобильного мотора, в воздух. При прохождении газов через конвертер проходит реакция (3) на поверхности платины,  $\text{Pt}_{(s)}$ , которая является катализатором. Продукты реакции (3) выделяются вместе с остальными газами в воздух.

i Ниже приведены два высказывания, **a** и **b**. Определите, какое высказывание, **a** или **b**, верно. Объясните, почему вы отклонили второе высказывание.

**a** Изменение энтальпии реакции (3), проходящей на поверхности  $\text{Pt}_{(s)}$ , меньше изменения энтальпии реакции (3), проходящей без  $\text{Pt}_{(s)}$ .

**b** Энергия активации реакции (3), происходящей на поверхности  $\text{Pt}_{(s)}$ , ниже энергии активации реакции (3), проходящей без  $\text{Pt}_{(s)}$ .

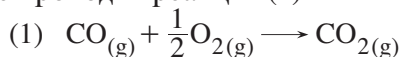
ii Определите, может ли реакция (3) достичь состояния равновесия в каталитическом конвертере во время работы мотора.

Обоснуйте свой ответ.

/продолжение на странице 4/

2. Моноксид углерода,  $\text{CO}_{(g)}$ , – ядовитый бесцветный газ без запаха.  $\text{CO}_{(g)}$  образуется, среди прочего, в ходе сжигания бытового газа. Чтобы предотвратить отравление газом  $\text{CO}_{(g)}$ , в лабораториях и в домах устанавливают датчики, сигнализирующие о его присутствии.

В датчике происходит реакция (1):



В следующей таблице приведены значения стандартной молярной энтропии,  $S^\circ$ , реагентов и продукты реакции (1).

| Вещество                                                                                              | $\text{CO}_{2(g)}$ | $\text{CO}_{(g)}$ | $\text{O}_{2(g)}$ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Стандартная молярная энтропия, $S^\circ$<br>$\left(\frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}\right)$ | 213.6              | 197.9             | 205.0             |

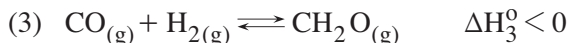
- (א) i Вычислите изменение энтропии системы,  $\Delta S^\circ_{\text{системы}}$ , для реакции (1).  
Приведите подробные вычисления в своем ответе.
- ii Реакция (1) является спонтанной при стандартных условиях при температуре 298 К. Определите: реакция (1) является эндотермической или экзотермической. Обоснуйте свой ответ.

В промышленности получают  $\text{CO}_{(g)}$  для различных целей по реакции (2):



- (ב) i Объясните, почему  $\Delta S_2^\circ > 0$ .
- ii Определите, является ли реакция (2) спонтанной при стандартных условиях при 298 К. Приведите подробные вычисления и обоснуйте свой ответ.

Газ  $\text{CO}_{(g)}$  используется в частности для производства метанала,  $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$ , который является сырьем в производстве пластика. Метаналь получают по реакции (3):



- (א) i Напишите выражение для константы равновесия,  $K_c$ , реакции (3).  
ii Для реакции (3) значение константы равновесия при 298 К составляет  $K_c = 4.1 \cdot 10^{-4}$ .

В закрытый сосуд объемом 1 литр поместили 0.01 моля  $\text{CO}_{(g)}$ , 0.01 моля  $\text{H}_{2(g)}$  и 0.008 моля  $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$ .

Определите: скорость прямой реакции до достижения состояния равновесия больше скорости обратной реакции или меньше ее.

Обоснуйте свой ответ.

- (ג) Ниже приведены два высказывания i-ii, относящиеся к реакции (3), которая проходит в закрытом сосуде.

Определите для каждого из них, верно оно или неверно. Обоснуйте каждый ответ.

- i В состоянии равновесия общее количество молекул в системе является постоянным.  
ii Значение  $K_c$  при 1000 К будет больше  $4.1 \cdot 10^{-4}$ .

## Раздел второй (50 баллов)

В этом разделе семь тем (вопросы 3-16). Вы должны ответить на один вопрос. (за каждый вопрос – 25 баллов).

**На внешней стороне обложки экзаменационной тетради укажите тему, которую вы выбрали для ответа в этом разделе.**

### Первая тема – бром и его соединения

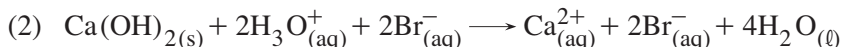
**Обратите внимание: уравнения химических реакций должны быть уравнены, и единицы измерения должны быть правильно записаны.**

3. В данном вопросе рассматривается производство раствора бромида кальция,  $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$ , на предприятии "Тирковот бром" в Рамат-Ховав. Существует два способа производства раствора  $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$ , и в обоих способах одним из сырьевых веществ является раствор бромоводородной кислоты,  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ .

В первом способе раствор  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  реагирует с известняком,  $\text{CaCO}_{3(\text{s})}$ , по реакции (1):



Во втором способе раствор  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$  реагирует с гидроксидом кальция,  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ , по реакции (2):



- (א) i Производство раствора  $\text{CaBr}_{2(\text{aq})}$  первым способом дешевле.

Объясните почему.

- ii Почему в обоих способах используют раствор  $\text{HBr}_{(\text{aq})}$ , а не газ бромид водорода  $\text{HBr}_{(\text{g})}$ ? Укажите одну причину.

- (ב) Главным недостатком первого способа является образование газа  $\text{CO}_{2(\text{g})}$ .

- i Укажите одну причину того, что образование  $\text{CO}_{2(\text{g})}$  является недостатком.
- ii Каким образом преодолевают этот недостаток на предприятии?

- (ג) В процессе производства первым способом, процент конверсии [המרה] составляет 100%, а процент выхода [ניצולת] реакции равен 95%.
- i Объясните, почему процент конверсии в данном процессе составляет 100%.
- ii В реактор, в котором находилось подходящее количество  $\text{CaCO}_{3(s)}$  добавили 20000 литров раствора  $\text{HBr}_{(aq)}$ , концентрация которого 5.47 М. Реагенты прореагировали полностью. Вычислите концентрацию полученного раствора  $\text{CaBr}_{2(aq)}$ . Приведите подробные вычисления в своем ответе.  
Предположите, что объем раствора в ходе реакции не изменился.
- (ד) Производство раствора  $\text{CaBr}_{2(aq)}$  вторым способом осуществляется в три основных этапа, I-III:
- I Производство раствора  $\text{CaBr}_{2(aq)}$  по реакции (2).
- II Фильтрация раствора, полученного на этапе I.
- III Испарение части воды из раствора с целью получения более концентрированного раствора согласно требованиям заказчика. Начертите схему процесса, включающую все три этапа.  
Укажите на схеме формулы веществ, поступающих в каждый реактор, и веществ, выходящих из него.  
Обозначьте стрелками направление продвижения каждого из веществ.
- (ה) Дополнительным способом получения концентрированного раствора  $\text{CaBr}_{2(aq)}$  является добавление твердого  $\text{CaBr}_{2(s)}$  в разбавленный раствор.  
Укажите одно преимущество данного способа по сравнению с испарением воды из разбавленного раствора.

4. В вопросе рассматривается применение соединений брома.

(κ) Сегодня можно транспортировать бром,  $\text{Br}_{2(l)}$ , однако во время Второй мировой войны транспортировали бромид кальция,  $\text{CaBr}_{2(s)}$ , на кораблях в страну назначения и только там получали из него бром,  $\text{Br}_{2(l)}$ .

i Укажите одно преимуществ и один недостаток транспортировки  $\text{CaBr}_{2(s)}$ , который был источником получения  $\text{Br}_{2(l)}$ .

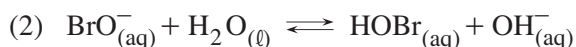
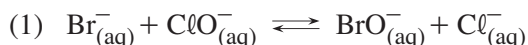
ii Опишите, каким образом и в каких емкостях транспортируют бром сегодня.

(ב) При бурении нефтяных скважин используют растворы, содержащие  $\text{CaBr}_2$ , а также дополнительные соли, такие как  $\text{ZnBr}_2$  и  $\text{NaBr}$ . Определите, верно или неверно следующее высказывание.

Обоснуйте свой ответ.

Состав растворов определяется, среди прочего, в соответствии с температурой в районе бурения.

(ג) Водные растворы гипохлорита натрия,  $\text{NaClO}_{(aq)}$ , используются для дезинфекции воды в плавательных бассейнах. При добавлении  $\text{NaBr}_{(s)}$  к раствору  $\text{NaClO}_{(aq)}$  проходят реакции (1) и (2):



Добавление  $\text{NaBr}_{(s)}$  к раствору  $\text{NaClO}_{(aq)}$  увеличивает дезинфицирующую способность раствора.

Объясните этот факт.

(ד) Бромид аммония,  $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$ , служит дополнительным замедлителем горения, главным образом для деревянных и бумажных изделий.

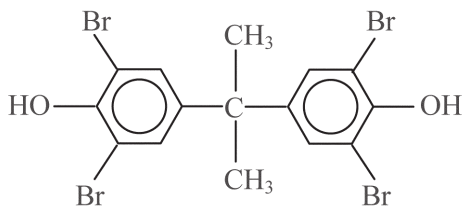
i Объясните, почему  $\text{NH}_4\text{Br}_{(s)}$  может служить замедлителем горения.

ii Объясните, почему  $\text{NaBr}_{(s)}$  не может служить замедлителем горения.

/продолжение на странице 9/



(ה) Вещество ТВВА (тетрабромобисфенол А) ,



может служить замедлителем горения для пластиковых изделий, изготовленных из полимеров.

i Ниже приведены три высказывания **а-с**.

Определите, какие из этих высказываний касаются способности ТВВА служить добавочным замедлителем горения.

**а** В молекуле ТВВА содержится четыре атома брома.

**б** В молекуле ТВВА содержится две группы –ОН .

**с** В пластиковых изделиях между молекулами ТВВА и молекулами полимера возникают силы притяжения.

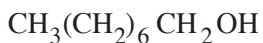
ii ТВВА также может служить активным замедлителем горения.

Объясните почему.

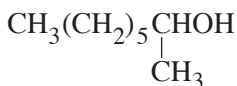


- (ב) Нерегулярный кополимер (2) состоит из фрагментов А и фрагментов В. В лаборатории приготовили две пробы кополимера (2) в одинаковых условиях. В обеих пробах была одна и та же степень полимеризации. В пробе I было больше фрагментов А, чем фрагментов В. В пробе II было больше фрагментов В, чем фрагментов А.
- i Межмолекулярные связи в кополимере в пробе II сильнее, чем межмолекулярные связи в кополимере в пробе I. Объясните этот факт.
  - ii Определите: процент кристаллизации в пробе II выше, чем процент кристаллизации в пробе I, ниже его или равен ему.
- (ג) i При хирургических операциях внутренние разрезы в теле пациента зашивают при помощи нитей, сделанных из кополимера (2). Эти нити разлагаются в теле пациента в течение нескольких недель в процессе гидролиза посредством жидкостей организма (в основном, воды).  
Напишите структурные формулы продуктов полного гидролиза кополимера (2).
- ii Полимер (4) также может подвергаться гидролизу посредством жидкостей организма, однако гидролиз не влияет на степень полимеризации полимера. Объясните этот факт.
- (ד) Полимер (3) получают из мономера при склеивании послеоперационного разреза.
- i Напишите структурную формулу данного мономера.
  - ii При подходящих условиях полимер (3) разлагается в ходе гидролиза.

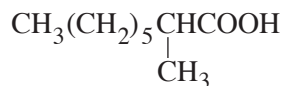
Ниже приведены формулы трех веществ, I-III.



I



II



III

Какое из веществ I-III является одним из продуктов гидролиза полимера (3)?

6. В вопросе рассматриваются полимеры, содержащие сульфоновую группу,  $\text{SO}_3^-$ , в боковых группах.

В следующей таблице представлены фрагменты трех полимеров (1)-(3) и значения температуры стеклования,  $T_g$ .

| Номер полимера | Структурная формула фрагмента полимера                                                                                                                                                                                                                                                        | Температура стеклования $T_g$ (C°) |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| (1)            | $\begin{array}{c} \text{—CF}_2\text{—CF—CF}_2\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{CF}_2 \\   \\ \text{CF}_2 \\   \\ \text{SO}_3^- \end{array}$                                                                                                         | 100                                |
| (2)            | $\begin{array}{c} \text{—CF}_2\text{—CF—CF}_2\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{CF}_2 \\   \\ \text{CF—CF}_3 \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{CF}_2 \\   \\ \text{CF}_2 \\   \\ \text{SO}_3^- \end{array}$                                             | 140                                |
| (3)            | $\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH—} \\   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \quad \text{C}_6\text{H}_4 \quad \text{C}_6\text{H}_4 \\   \quad \quad   \quad \quad   \\ \text{SO}_3^- \quad \text{SO}_3^- \quad \text{SO}_3^- \end{array}$ | 152                                |

- (א) i Для каждого из полимеров (1)-(3) определите, как он был образован: в ходе полимеризации одного мономера или в ходе полимеризации двух мономеров.
- ii Напишите структурные формулы мономеров, из которых были образованы полимеры (1) и (3).
- (ב) i Объясните, почему значение  $T_g$  полимера (2) выше значения  $T_g$  полимера (1).
- ii Объясните, почему значение  $T_g$  полимера (3) выше значения  $T_g$  полимера (2).
- (ג) Газы, используемые для дачи наркоза больным во время хирургических операций, могут содержать воду. Полимер (2) используется для извлечения воды из этих газов. Объясните, почему полимер (2) впитывает воду.

/продолжение на странице 13/

- (7) В лаборатории приготовили две пробы, I и II, полимера (3)  
из одинаковых количеств мономера.

Для приготовления пробы I использовали 1 грамм инициатора, а для приготовления пробы II использовали 5 граммов инициатора.

Определите для каждого из высказываний i-ii, верно оно или неверно. Обоснуйте каждый из своих ответов.

- i Повторяющееся звено полимера в пробе I короче повторяющегося звена полимера в пробе II.
  - ii Средняя степень полимеризации полимера в пробе I выше, чем средняя степень полимеризации полимера в пробе II.
- (7) Полимер (3) не подходит для производства волокон.  
Объясните почему.

### Третья тема – физическая химия – от наноуровня до микроэлектроники

**Обратите внимание:** уравнения химических реакций должны быть уравнены, и единицы измерения должны быть правильно записаны.

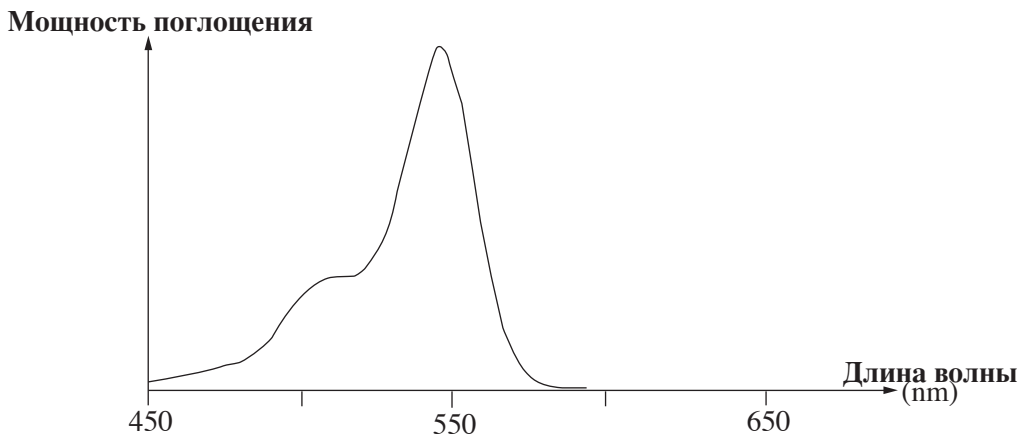
7. Фотодинамическая терапия в диапазоне видимого света позволяет разрушать определенные раковые опухоли, не прибегая к операции и без побочных эффектов.

(א) i На первом этапе лечения в область раковой опухоли вводят посредством инъекции цветное соединение углерода (пигмент [חָדָד]), молекулы которого поглощаются в основном раковыми клетками.

Укажите две характерные особенности строения молекул пигмента.

ii Ниже приведен спектр поглощения пигмента, который используют при лечении такого типа.

По этому спектру поглощения определите цвет данного пигмента. Обоснуйте свой ответ.



(ב) На втором этапе лечения раковые клетки, которые поглотили молекулы пигмента, облучают излучением соответствующей длины волны. Молекулы пигмента поглощают излучение и подвергаются электронному возбуждению. Излучением какой длины волны, 543 nm или 650 nm, следует облучать молекулы пигмента, чтобы вызывать у них электронное возбуждение? Обоснуйте свой ответ.

*/продолжение на странице 15/*

- (ג) Излучение, которое испускает возбужденная молекула пигмента, поглощается молекулами кислорода,  $O_2$ , находящимися в тканях. Эти молекулы кислорода подвергаются возбуждению. Возбужденные молекулы кислорода действуют как сильный окислитель и поэтому разрушают ткани раковой опухоли, находящейся в области их действия.
- i Напишите электронную конфигурацию молекулы кислорода на начальном электронном уровне.
  - ii Укажите орбитали НОМО и LUMO в электронной конфигурации молекулы кислорода на начальном электронном уровне.
- (ד) i Энергия, необходимая для возбуждения одной молекулы кислорода, равна  $1.566 \cdot 10^{-19}$ .  
Вычислите длину волны излучения, подходящего для возбуждения молекулы кислорода. Приведите подробные вычисления в своем ответе.
- ii Определите, в каком диапазоне расположено излучение с длиной волны, которую вы вычислили при ответе на вопрос подпункта (ד)-i: в ультрафиолетовом диапазоне, в диапазоне видимого света или в инфракрасном диапазоне.
- (ה) Определите для каждого из высказываний **а-с**, верно оно или неверно.
- а** Порядок связи в молекуле кислорода на начальном электронном уровне равен 1.
  - б** Молекулы кислорода поглощают излучение в диапазоне видимого света.
  - с** При поглощении излучения в диапазоне видимого света электроны в молекулах пигмента переходят с орбитали НОМО на орбиталь, обладающую более высокой энергией.
- /продолжение на странице 16/*

8. В данном вопросе рассматривается излучение, испускаемое различными лампочками.

(х) Ртутные лампы в прошлом использовались для уличных фонарей. Две главные линии в спектре испускания ртутной лампы в диапазоне видимого света соответствуют длинам волны 466 nm и 546 nm.

- i Определите для каждой из длин волн в этом спектре испускания, каков цвет видимого глазу света.
- ii Вычислите энергию фотона, соответствующую каждой из двух данных длин волн. Приведите подробные вычисления в своем ответе.

(ц) Существуют светящиеся рекламные щиты, являющиеся лампами, в которых находятся возбужденные атомы неона.

Двумя из главных частот излучения, испускаемого светящими неоновыми щитами, являются:  $4.27 \cdot 10^{14}$  Hz и  $4.83 \cdot 10^{14}$  Hz .

- i Какого цвета представляется глазу светящийся неоновый щит: красного или синего? Приведите подробные вычисления в своем ответе и обоснуйте его.
- ii Напишите электронную конфигурацию в атоме неона на начальном электронном уровне.
- iii Напишите одну возможную электронную конфигурацию в атоме неона в возбужденном электронном состоянии.

(ג) Некоторые экономичные лампочки, испускающие белый свет, производят путем соединения трех различных видов светоиспускающих диодов (LED).

В таблице приведены значения длин волн излучения, которое испускают пять светоиспускающих диодов.

| Номер свето-испускающего диода | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Длина волны (nm)               | 390 | 480 | 500 | 650 | 810 |

- i Выберите из этой таблицы три светоиспускающих диода, при соединении которых получают лампочку, испускающую белый свет. Обоснуйте свой выбор.
- ii Ниже приведены два высказывания, **a** и **b**. Определите, какое высказывание, **a** или **b**, верно.

Объясните, почему вы отклонили другое высказывание.

**a** В светоиспускающих диодах при их действии происходит переход электрона из слоя проводимости в валентный слой.

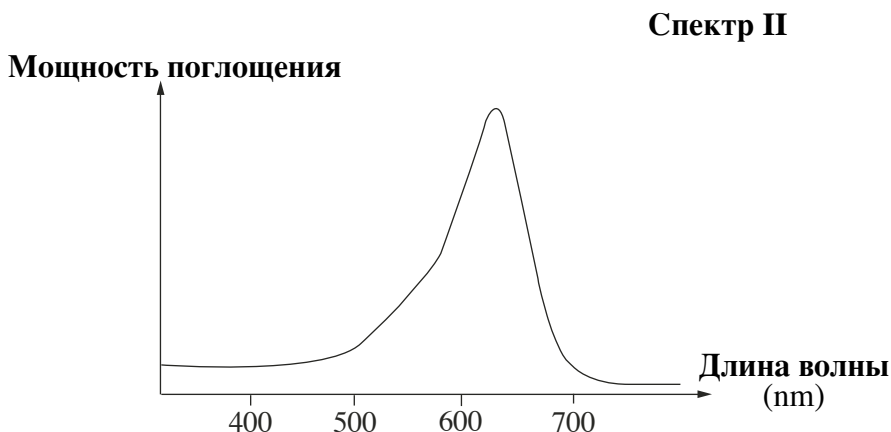
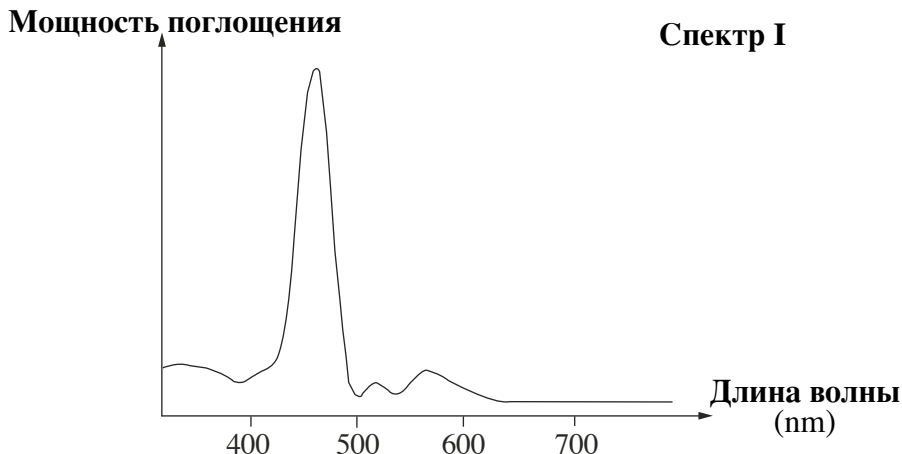
**b** В диоде (5) разность энергии между слоем проводимости и валентным слоем является наибольшей.

*/продолжение на странице 17/*



- (7) При соответствующих условиях можно хранить пищу без консервантов посредством ее облучения светом, испускаемым синим светодиодом (LED). Этот свет поглощают порфирины – соединения, которые находятся в клетках бактерий. Поглощение света вызывает цепочку реакций, вследствие которых клетки бактерий, содержащихся в пище, разрушаются.

Ниже приведены два спектра:



- i Определите, какой из двух данных спектров является спектром поглощения порфирина. Обоснуйте свой ответ.
- ii Можно ли использовать красный светодиод (LED) для хранения пищи? Обоснуйте свой ответ.

/продолжение на странице 18/

#### Четвертая тема – органическая химия повышенного уровня

9. В этом вопросе рассматриваются реакции 2-хлорпропана,  $\text{CH}_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ , с различными нуклеофилами.

В каждый из четырех сосудов (1)-(4) поместили раствор 2-хлорпропана в соответствующем растворителе.

Сосуды находятся при одинаковой температуре.

В каждый из сосудов добавили раствор нуклеофила, и прошла реакция.

В таблице приведена информация о растворителе, о нуклеофиле, который добавили в каждый сосуд, и о продуктах реакций.

| Сосуд | Растворитель                                   | Формула нуклеофила           | Продукт\продукты реакции* |
|-------|------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| (1)   | метанол $\text{CH}_3\text{OH}_{(\ell)}$        | $\text{CH}_3\text{O}^-$      | А и В                     |
| (2)   | метанол $\text{CH}_3\text{OH}_{(\ell)}$        | $\text{OH}^-$                | только А                  |
| (3)   | t-бутанол $(\text{CH}_3)_3\text{COH}_{(\ell)}$ | $(\text{CH}_3)_3\text{CO}^-$ | ?                         |
| (4)   | метанол $\text{CH}_3\text{OH}_{(\ell)}$        | $\text{Br}^-$                | только С                  |

\* А, В и С – буквы, представляющие различные соединения.

- (א) i Температура кипения продукта А ниже температуры кипения продукта В. Напишите структурные формулы обоих продуктов, А и В, в реакции, которая прошла в сосуде (1).
- ii Укажите по какому механизму был получен каждый из продуктов в сосуде (1).
- (ב) i В растворителе метанол ионы  $\text{OH}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$  являются более сильным основанием, чем ионы  $\text{CH}_3\text{O}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$ . Объясните, каким образом можно прийти к этому выводу на основании информации о реакциях в сосудах (1) и (2).
- ii Напишите механизм реакции, которая прошла в сосуде (2).

/продолжение на странице 19/

- (ג) Ниже приведены два высказывания i-ii. Определите для каждого из этих высказывания, верно оно или неверно. Обоснуйте каждый ответ.
- i Повышение температуры в сосуде (1) вызывает увеличение процента содержания продукта А в реакционной смеси.
  - ii Повышение концентрации ионов  $\text{OH}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$  в сосуде (2) вызывает увеличение скорости реакции.
- (ד) Напишите структурную формулу продукта/продуктов реакции, которая прошла в сосуде (3).
- (ה) i Напишите уравнение реакции, которая прошла в сосуде (4).
- ii Объясните, почему в сосуде (4) не был получен продукт А .

10. В этом вопросе рассматривается влияние растворителя на реакции замещения алкил галидов.

(א) Далее приведен перечень четырех растворителей:

ацетон,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3(\ell)$  , вода,  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$  , метанол,  $\text{CH}_3\text{OH}(\ell)$  ,

диметилформамид (DMF),  $\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N}(\text{CH}_3)_2(\ell)$  .

Определите, какие из данных растворителей являются протонными растворителями, а какие – апротонными полярными растворителями.

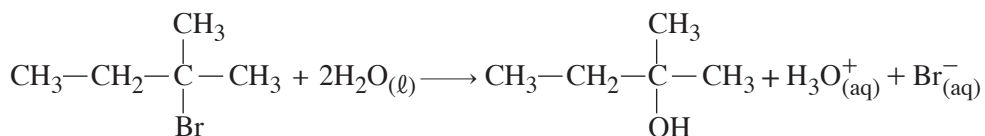
В следующей таблице приведена информация о времени реакции метилиодида,  $\text{CH}_3\text{I}$ , с ионами брома,  $\text{Br}^-$  , в двух растворителях: метаноле и DMF при  $25^\circ\text{C}$  . Концентрация каждого из реагентов была одинаковой в обоих растворителях.

| Растворитель                                                                | Метанол  | DMF         |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| Время реакции – время, необходимое для того, чтобы реакция прошла полностью | 12 часов | 8.7 секунды |

- (א) i Напишите уравнение реакции метилиодида с ионами  $\text{Br}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$  в растворителе метанол.
- ii По какому механизму проходит данная реакция?
- iii Объясните, почему время реакции в растворителе метанол было больше, чем в растворителе DMF.
- (א) i Провели реакцию между метилиодидом и ионами хлора,  $\text{Cl}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$ , в растворителе метанол.
- Определите время реакции метилиодида с ионами  $\text{Cl}^-_{(\text{CH}_3\text{OH})}$  : больше 12 часов, меньше 12 часов или равно 12 часам.
- Обоснуйте свой ответ.
- ii Время реакции метилиодида с ионами  $\text{Cl}^-_{(\text{DMF})}$  было 1.4 секунд.
- Определите, какой нуклеофил сильнее в растворителе DMF:  $\text{Cl}^-_{(\text{DMF})}$  или  $\text{Br}^-_{(\text{DMF})}$  .

/продолжение на странице 21/

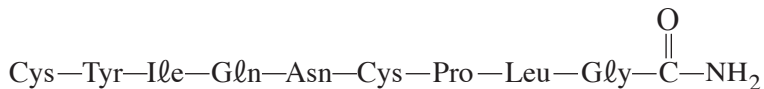
(7) 2-бром, 2-метил-бутан,  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—}\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{Br}}{\text{C}}}\text{—CH}_3$ , реагирует с  $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$   
по реакции:



- i Напишите уравнение первого этапа механизма реакции.
- ii Провели эту реакцию в двух смесях растворителей: воды и ацетона.  
В смеси растворителей, которая содержала 70% воды и 30% ацетона  
реакция прошла быстрее, чем в смеси растворителей, которая  
содержала 30% воды и 70% ацетона. Объясните почему.

### Пятая тема – химия белков и нуклеиновых кислот

11. Пептид окситоцин (Oxytocin) является гормоном, который выделяется гипофизом и выполняет функции во многих системах организма. Например, он усиливает сокращения матки во время родов. В молекуле окситоцина содержится девять аминокислотных остатков. Ниже приведена последовательность аминокислот в молекуле окситоцина.



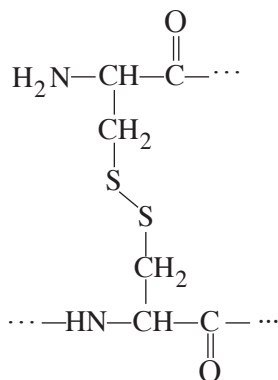
В остатке глицина, Gly , в С-концевой группе молекулы содержится

амидная группа,  $\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—NH}_2$  , вместо карбоксильной группы,  $\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$  .

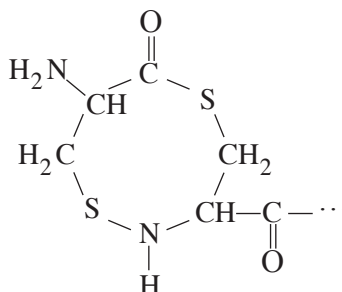
- (х) Молекула окситоцина имеет кольцевую структуру, которая образована дисульфидной связью между двумя остатками цистеина, Cys, находящимися в молекуле.

Ниже приведены две формулы, **a** и **b**. Определите, какая из формул, **a** или **b**, является верной формулой фрагмента, представляющую дисульфидную связь между двумя остатками цистеина, Cys , в молекуле окситоцина. Обоснуйте свой ответ.

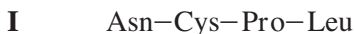
**b**



**a**



- (ב) В ходе лабораторного опыта при соответствующих условиях окситоцин подвергся частичному разложению. Одним из продуктов разложения был тетрапептид **I** :



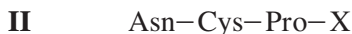
- i Чем отличается строение молекулы пролина, Pro, от строения молекул остальных аминокислот, из которых состоит тетрапептид **I** ?
- ii Ниже приведены значения рКа кислотных групп тетрапептида **I** :  
рКа С-концевой группы приблизительно равно 3.6 .  
рКа N-концевой группы приблизительно равно 8 .  
Определите суммарный заряд тетрапептида **I** при pH=7 .

- (ג) Пептид вазопрессин (vasopressin) – это гормон, который также выделяется гипофизом. Он в частности отвечает за регуляцию мочеотделения.

Молекула вазопрессина по своему составу и структуре похожа на молекулу окситоцина.

В обеих молекулах содержится девять аминокислотных остатков, однако в молекуле вазопрессина вместо Ile и Leu содержатся остатки двух других аминокислот.

В ходе лабораторного опыта при соответствующих условиях окситоцин подвергся частичному разложению. Одним из продуктов разложения был тетрапептид **II** :



X обозначает остаток аминокислоты.

Суммарный заряд тетрапептида **II** при pH=7 равен +1 .

- i Даны четыре аминокислоты: Asp , Arg , Glu , Val .  
Определите, остаток какой из данных аминокислот является остатком X в тетрапептиде **II** . Обоснуйте свой ответ.
- ii Напишите полную структурную формулу тетрапептида **II** при pH=7 .

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

*/продолжение на странице 24/*

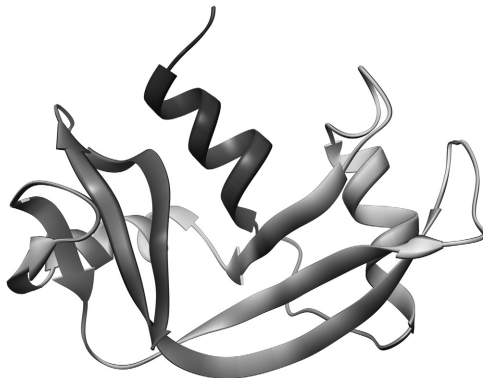
- (ט) Ниже приведена последовательность нуклеотидов DNA. После процессов транскрипции [תערוק] и трансляции [תרגום] из нее получают один из двух тетрапептидов, **I** или **II**.

3' TTA ACA GGT TCC 5'

- i Напишите последовательность нуклеотидов в mRNA, которая образуется после транскрипции [תערוק] данной последовательности DNA. Укажите конец 3' и конец 5'.
  - ii Определите, какой тетрапептид образуется в результате трансляции [תרגום] последовательности mRNA, которую вы написали при ответе на вопрос подпункта (ט)-i : тетрапептид I или тетрапептид II. Обоснуйте свой ответ.
- (ה) Напишите одну возможную последовательность нуклеотидов в mRNA, из которой в процессе трансляции образуется другой тетрапептид (не тот, который вы выбрали при ответе на вопрос подпункта (ט)-ii). Укажите конец 3' и конец 5'.



12. Энзим рибонуклеаза (Ribonuclease) – это шарообразный белок, структуру которого впервые определил биохимик Анфинсен. За это открытие он был удостоен Нобелевской премии в 1972 году. На рисунке изображена модель пространственной структуры рибонуклеазы.



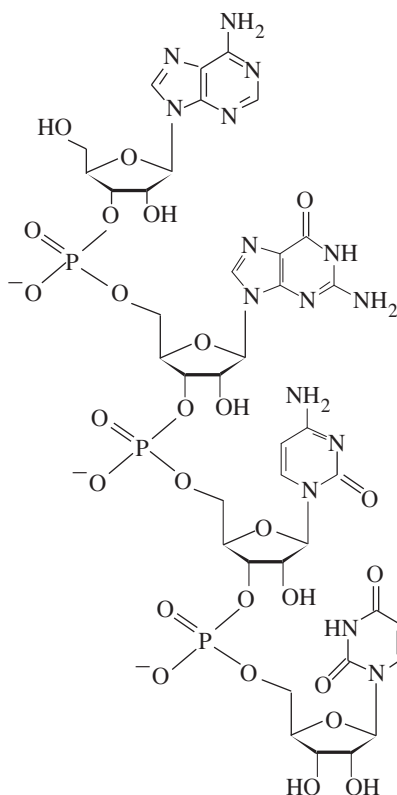
- (8) i Силами, стабилизирующими третичную структуру белка, являются силы, действующие между боковыми группами аминокислотных остатков. Укажите три типа сил, стабилизирующих третичную структуру белка.
- ii Рибонуклеаза – это белок, растворимый в воде. Объясните, каким образом пространственная структура молекул обеспечивает растворимость рибонуклеазы в воде.

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

*/продолжение на странице 26/*

- (ב) В присутствии энзима рибонуклеазы происходит частичный гидролиз цепи RNA. Спираль RNA разлагается на молекулы, содержащие укороченные последовательности нуклеотидов. Ниже приведена структурная формула молекулы, которая была получена в ходе частичного гидролиза цепи RNA. Обозначим эту молекулу буквой А.

А



- i Согласно структурной формуле, объясните, каким образом определили, что молекула А была получена при частичном гидролизе цепи RNA, а не при частичном гидролизе цепи DNA. Приведите два довода.
- ii Напишите последовательность нуклеотидов в молекуле А. Укажите конец 3' и конец 5'.

/продолжение на странице 27/

- (ג) В последовательности, которую вы написали при ответе на вопрос подпункта (ב)-ii , можно найти два кодона.
- i Напишите последовательности нуклеотидов в двух этих кодонах.  
Укажите конец 3' и конец 5' .
- ii Укажите две аминокислоты, которые можно получить при трансляции данной последовательности нуклеотидов.
- (ד) Напишите последовательность нуклеотидов участка цепи DNA, из которого в процессе транскрипции образовалась последовательность, которую вы написали при ответе на вопрос подпункта (ב)-ii . Укажите конец 3' и конец 5' .
- (ה) При нагревании до 100°C двойная спираль DNA распадается на две отдельные цепи.
- i Какие связи в двойной спирали DNA распадаются при 100°C?
- ii При нагревании до 100°C цепь DNA не распадается на нуклеотиды. Объясните почему.

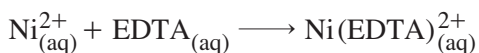
### Шестая тема – химия окружающей среды

**Обратите внимание:** уравнения химических реакций должны быть уравнены, и единицы измерения должны быть правильно записаны.

13. Река на севере Израила была загрязнена отходами, содержащими ионы никеля,  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$ .

Вода, в которой концентрация ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  превышает 0.02 ppm, опасна для здоровья человека и поэтому запрещена к использованию в качестве питьевой воды. Одним из способов определения концентрации  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в питьевой воде является титрование с раствором EDTA в присутствии индикатора ксиленол оранжевый. В лаборатории определили концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в воде из реки в несколько этапов:

- (א) i К пробе воды из реки объемом 25 мл добавили 25 мл раствора  $\text{EDTA}_{(\text{aq})}$  концентрацией 0.001 M. Раствор  $\text{EDTA}_{(\text{aq})}$  был добавлен в избытке, для того чтобы все ионы  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  прореагировали с образованием комплексных ионов, по реакции:



Вычислите количество молей EDTA в 25 мл раствора. Приведите подробные вычисления в своем ответе.

- ii После добавления  $\text{EDTA}_{(\text{aq})}$  к образовавшемуся раствору добавили индикатор ксиленол.

Цвет раствора изменился на красный.

Протитровали избыток  $\text{EDTA}_{(\text{aq})}$  раствором ионов цинка,  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$ , концентрацией 0.001M.

Ионы  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$  образуют с EDTA комплекс  $\text{Zn}(\text{EDTA})_{(\text{aq})}^{2+}$ .

Конечная точка титрования определяется согласно изменению цвета раствора с красного на желтый.

Для титрования потребовалось 22 мл раствора ионов  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$ .

Вычислите количество молей ионов  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$  в 22 мл раствора.

Приведите подробные вычисления в своем ответе.

- (ב) i Для того чтобы вычислить количество молей ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе, следует вычесть количество молей ионов  $\text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+}$  из количества молей EDTA, которые добавили к пробе воды из реки. Вычислите молярную концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе.

Приведите подробные вычисления в своем ответе.

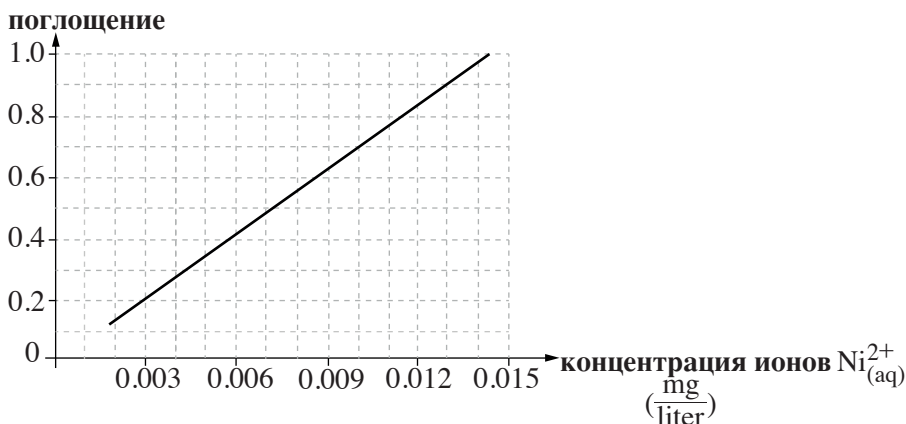
- ii Вычислите концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе в единицах ppm.

Приведите подробные вычисления в своем ответе.

*/продолжение на странице 29/*

- (ג) После очистки речной воды решили проверить концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  спектрофотометрическим методом, а не при помощи титрования. Объясните почему.

Следующий график калибровки представляет связь между поглощением растворов, содержащих ионы  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  и концентрацией ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в этих растворах. Все измерения проводились на постоянной длине волны 232 nm.



- (ד) В растворе, в котором концентрация ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  составляет  $0.012 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ , поглощение выше, чем в растворе, в котором концентрация ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  составляет  $0.006 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ . Объясните почему.
- (ה) После очистки реки взяли две пробы воды, (1) и (2), в различных местах по ходу течения реки.
- i При исследовании пробы (1) было измерено поглощение 0.9. Определите концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе (1).
  - ii Концентрация ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе (2) была ниже  $0.001 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}$ . В этом случае не представляется возможным напрямую использовать данный график калибровки.
- Что надо сделать в лаборатории, для того чтобы определить концентрацию ионов  $\text{Ni}_{(\text{aq})}^{2+}$  в пробе (2)?

/продолжение на странице 30/

14. В этом вопросе рассматриваются парниковые газы.

- (א) Для каждого из приведенных высказываний i-iii определите, верно оно или неверно. Обоснуйте каждый из своих ответов.
- i Парниковые газы поглощают только излучение, которое поступает непосредственно от Солнца.
  - ii В отсутствие парниковых газов температура на поверхности Земного шара была бы ниже необходимой для существования жизни в той форме, в которой она существует сегодня.
  - iii Все излучение, которое испускает Земной шар, проходит через атмосферу и выходит в открытый космос.
- (ב) На парниковый эффект влияют в частности процессы, в которых участвует человек. Приведите один пример такого процесса.

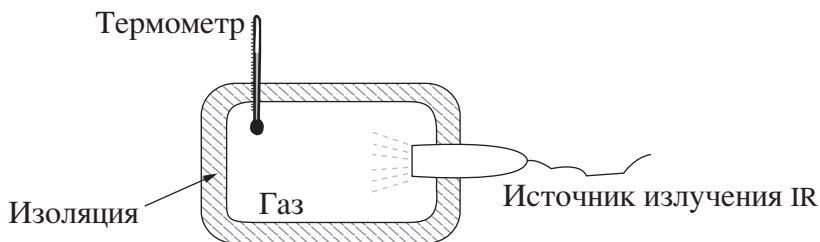
Ученые проверили влияние частоты инфракрасного излучения (IR), которое поглощают парниковые газы, на температуру газа. Они провели опыт с тремя парниковыми газами, которые находились в одинаковых закрытых и изолированных сосудах.

Количество молей газа в каждом из сосудов было одинаковым.

Каждый из газов облучали излучением IR трех различных частот в течение 20 минут.

В ходе каждого исследования измеряли начальную и конечную температуру газа в закрытом и изолированном сосуде.

Ниже приведен рисунок установки для проведения опыта.



/продолжение на странице 31/

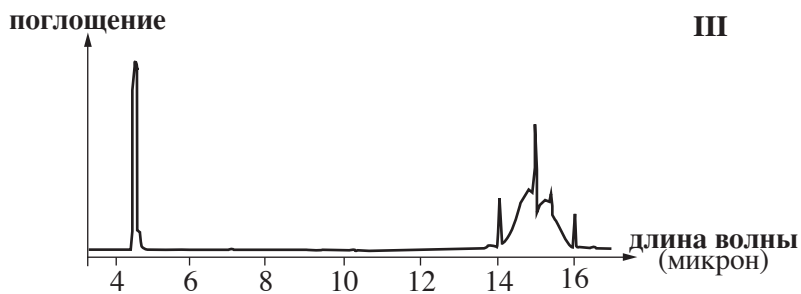
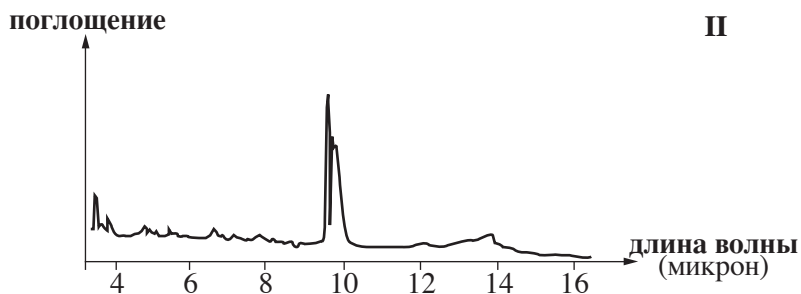
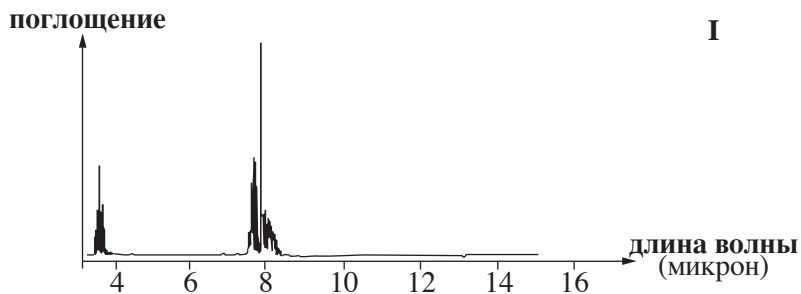
В таблице представлены результаты измерений температуры газа, Т .

| Частота облучения<br>(Hz)<br>Облученный<br>парниковый газ | $2.0 \cdot 10^{13}$ | $3.1 \cdot 10^{13}$ | $3.9 \cdot 10^{13}$ |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Метан, $\text{CH}_4(\text{g})$                            | Т не изменилась     | Т не изменилась     | <b>Т повысилась</b> |
| Озон, $\text{O}_3(\text{g})$                              | Т не изменилась     | <b>Т повысилась</b> | Т не изменилась     |
| Диоксид углерода, $\text{CO}_2(\text{g})$                 | <b>Т повысилась</b> | Т не изменилась     | Т не изменилась     |

- (ג) i Определите, который из трех изученных в ходе опыта газов поглотил излучение, энергия фотона которого была наибольшей.  
Обоснуйте без вычислений.
- ii Исследователи провели дополнительный опыт, в котором они удвоили количество молей озона,  $\text{O}_3(\text{g})$ , в сосуде и облучали  $\text{O}_3(\text{g})$  излучением IR с частотой  $3.9 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$  в течение 20 минут.  
Определите, вызвало ли удвоение количества молей  $\text{O}_3(\text{g})$  повышение температуры газа.  
Если да, объясните каким образом.  
Если нет, объясните почему.

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

- (7) Ниже приведены три спектра поглощения, I-III, трех парниковых газов  $O_3(g)$ ,  $CH_4(g)$ ,  $CO_2(g)$  в диапазоне 2-16 микронов. Определите, какой спектр соответствует каждому из данных газов. Приведите подробные вычисления и обоснуйте свой ответ.

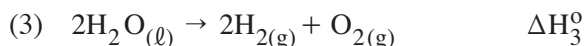
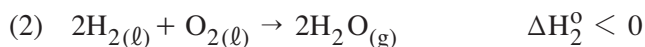
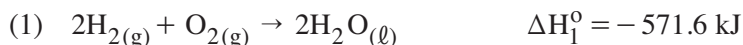




## Седьмая тема – разделы термодинамики, второй этап

**Обратите внимание:** уравнения химических реакций должны быть уравнены, и единицы измерения должны быть правильно записаны.

15. Даны три реакции (1)-(3):



(א) Реакцию (1) проводят в закрытом сосуде, имеющем форму шприца, при постоянном давлении и постоянной температуре.

i Определите для реакции (1) направление перехода энергии в форме работы,  $w$ . Обоснуйте свой ответ.

ii Вычислите количество энергии, которая переходит в виде работы,  $w$ , в реакции (1), при 298 К. Приведите подробные вычисления в своем ответе.

iii Вычислите изменение стандартной внутренней энергии,  $\Delta U^0$ , в реакции (1), при 298 К. Приведите подробные вычисления в своем ответе.

iv Каково значение  $\Delta H_3^0$ ? Обоснуйте свой ответ.

(ב) Реакция (2) являлась источником энергии при запуске космических кораблей на околоземную орбиту.

Для полета требовался среди прочего резервуар с жидким кислородом,  $\text{O}_{2(\ell)}$ .

Масса жидкого кислорода составляла  $6.24 \cdot 10^5$  кг.

Вычислите, каким должен был быть объем резервуара, если бы в полете использовали кислород в газообразном состоянии,  $\text{O}_{2(g)}$ , при температуре 298 К и давлении 1 атмосфера. Приведите подробные вычисления в своем ответе.

**Обратите внимание:** продолжение вопроса на следующей странице.

*/продолжение на странице 34/*

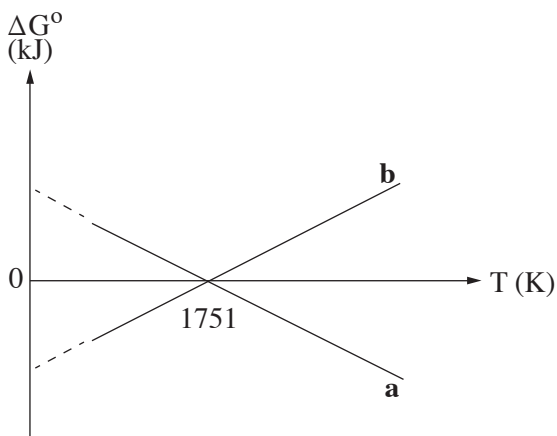
- (ג) В следующей таблице приведены данные стандартной молярной энтропии,  $S^\circ$ , веществ, принимающих участие в реакциях (1)-(3).

| Вещество                                                                        | $H_{2(g)}$ | $O_{2(g)}$ | $H_2O_{(l)}$ | $H_2O_{(g)}$ |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Стандартная молярная энтропия, $S^\circ$<br>( $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$ ) | 130.6      | 205.1      | 70.0         | 188.7        |

- i Объясните, почему значение стандартной молярной энтропии,  $S^\circ$ ,  $H_2O_{(g)}$  выше, чем значение стандартной молярной энтропии,  $S^\circ$ ,  $H_2O_{(l)}$ ?
- ii Вычислите изменение стандартной молярной энтропии системы,  $\Delta S^\circ_{\text{системы}}$ , для реакции (3).

Приведите подробные вычисления в своем ответе.

- (ד) На следующем графике изображены кривые **a** и **b**, описывающие изменение стандартной свободной энергии,  $\Delta G^\circ$ , как функции температуры,  $T$ , для реакций (1) и (3).



Определите, какая из кривых, **a** или **b**, соответствует реакции (3).

Обоснуйте свой ответ.

- (ה) Следующий график описывает свободную энергию,  $G$ , как функцию состава системы для одной из реакций, (1) или (3), при постоянной температуре.

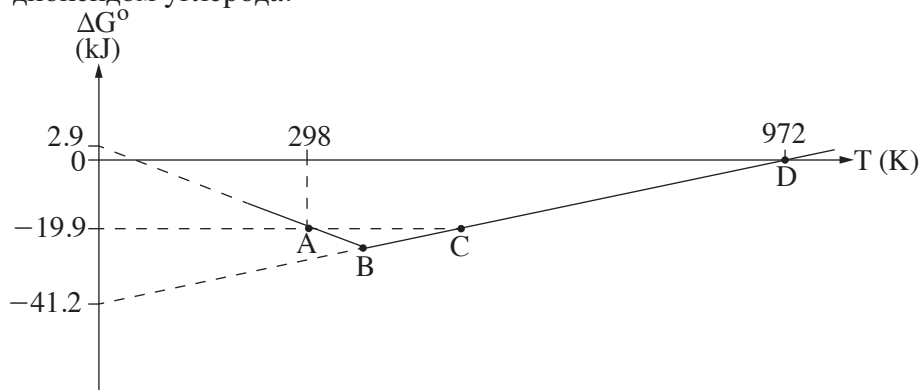


Определите, какое из приведенных высказываний I-III верно.

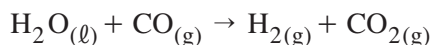
Обоснуйте свой вывод.

- I График соответствует системе реакции (1) при 298 К .
- II График соответствует системе реакции (3) при 298 К .
- III График соответствует системе реакции (3) при 2000 К .

16. Следующий график описывает изменение стандартной свободной энергии,  $\Delta G^0$ , как функцию температуры,  $T$ , для реакции между водой и диоксидом углерода.



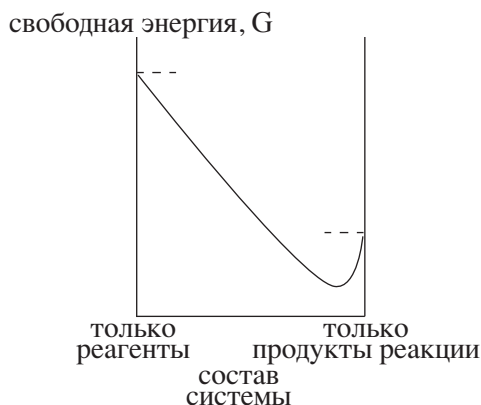
- (א) Один из двух участков кривой, АВ или BD, соответствует следующей реакции:



- i Определите, какой из участков, АВ или BD, соответствует данной реакции. Обоснуйте свой ответ.
  - ii Объясните, почему в точке В наклон кривой изменяется.
  - iii Напишите уравнение реакции, которой соответствует другой участок кривой (не тот, который вы выбрали при ответе на вопрос подпункта (א)-i).
- (ב) i Вычислите значение изменения стандартной энтропии системы,  $\Delta S^0_{\text{системы}}$ , для реакции, которой соответствует участок АВ. Приведите подробные вычисления в своем ответе.
- ii Вычислите значение  $\Delta S^0_{\text{системы}}$  для реакции, которой соответствует участок BD. Приведите подробные вычисления в своем ответе.
- (ג) Значение  $\Delta G^0$  в точке С равно значению  $\Delta G^0$  в точке А. Значение константы равновесия,  $K$ , системы при температуре, соответствующей точке С, – это  $K = 1.23 \cdot 10^2$ . Определите, каково значение  $K$  для системы в точке А : равно  $1.23 \cdot 10^2$  или отличается от  $1.23 \cdot 10^2$ . Обоснуйте свой ответ.

/продолжение на странице 37/

- (7) Следующий график описывает свободную энергию,  $G$ , как функцию состава системы для данной реакции при температуре 298 K .



Определите для каждого из высказываний i-ii , верно оно или неверно.

Обоснуйте каждый вывод.

- i Из графика можно сделать вывод, что данная реакция является спонтанной при любой температуре.
- ii Из графика можно сделать вывод о том, что при 298 K константа равновесия реакции  $K > 1$  .

**Желаем успеха!**

Авторские права принадлежат Государству Израиль.  
Копировать или публиковать можно только  
с разрешения Министерства просвещения.

**בהצלחה!**

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל.  
אין להעתיק או לפרסם  
אלא ברשות משרד החינוך.