



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 для школьников 10 – 11 классов. Простые задания (отборочный этап)
 Решение**

1. Ответ: WC

Все остальные вещества, кроме WC, имеют полиморфные модификации со структурой алмаза.

2. Ответ: Ca

При сгорании на воздухе $K \rightarrow KO_2$, $Mn \rightarrow MnO_2$, $Fe \rightarrow Fe_3O_4$, $Cr \rightarrow Cr_2O_3$, а серебро на воздухе не окисляется.

3. Ответ: фуллерены, для того чтобы предотвратить окисление масел кислородом воздуха

Фуллерены – антиоксиданты. Они присоединяют свободные радикалы, препятствуют окислению масел по цепным механизмам.

4. Ответ: Al₂O₃

Все остальные вещества (даже если они не образуют наночастиц) реагируют с кислородом.

5. Ответ: медь

Среди вариантов ответа – 4 металла, из них медь легче всего образуется при восстановлении ионов металла. Окраска вызвана наночастицами Cu, на поверхности которых находятся частицы оксида Cu₂O.

6. Ответ: 1,38·10¹⁷

$$\frac{F_{\text{кул}}}{F_{\text{грав}}} = \frac{k_e q^2}{Gm^2} = \frac{8.988 \cdot 10^9 \cdot (1.6 \cdot 10^{-19})^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot (5 \cdot 10^{-18})^2} = 1.38 \cdot 10^{17}$$

7. Ответ: 6,5·10³ км/с

$$\frac{mV^2}{2} = eU, V = \left(\frac{2eU}{m} \right)^{1/2} = \left(\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 120}{9.1 \cdot 10^{-31}} \right)^{1/2} = 6.5 \cdot 10^6 \frac{M}{c} = 6.5 \cdot 10^3 \frac{KM}{c}$$

8. Ответ: уменьшить на 20%

$$PV = P_{\text{насыщ}} V_{\text{насыщ}}$$

$$P = 0.8P_{\text{насыщ}}$$

следовательно, $V_{\text{насыщ}} = 0.8V$,

т.е. объём надо уменьшить на 20%.

9. **Ответ: 200 мкВ**

$$\mathcal{E} = vBl = 10 \text{ м/с} \cdot 0.02 \text{ м} \cdot 10^{(-3)} \text{ Тл} = 0.2 \text{ мВ} = 200 \text{ мкВ}$$

10. **Ответ: 30 дптр**

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{3}{d} = \frac{3}{0.1 \text{ м}} = 30 \text{ диоптрий}$$

11. **Ответ: а) нет, б) да, в) нет**

- а) Любой фуллерен имеет четное число атомов, следовательно, фуллереновый многогранник не может иметь 2023 вершин.
- б) Фуллереновый многогранник может иметь любое число шестиугольников, кроме одного, в том числе, 2023.
- в) Число ребер в фуллереновом многограннике ровно в 1,5 раза превышает число вершин (так как в каждой его вершине сходятся ровно три ребра, а каждое ребро принадлежит двум граням), следовательно, эта величина должна делиться на 3. Поскольку 2023 на три не делится, данное утверждение неверно.

12. **Ответ: 34000 часов**

На одну пару нуклеотидов приходится $3,4 \text{ нм}/10 = 0,34 \text{ нм}$.

Тогда весь геном имеет длину $L = 3 \cdot 10^9 \cdot 0,34 \cdot 10^{-9} = 1,02 \text{ метра}$.

На полную его репликацию потребуется время, равное

$t = 1,02 / (0,5 \cdot 10^{-6}) = 2040000 \text{ минут} = 34000 \text{ часов} = 3,88 \text{ года}$. Именно поэтому копирование в живой клетке ведется в несколько потоков одновременно.

13. **Ответ: 21**

2 этап: к трем звеньям типа **В** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **В** и три звена **С**.

3 этап: к трем звеньям типа **В** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **В** и три звена **С**, к трем звеньям **С** присоединяются три звена **С**. Всего $3\mathbf{В} + 6\mathbf{С}$.

n этап: к трем звеньям типа **В** присоединяется 6 новых звеньев, 3 звена **В** и три звена **С**, к $3(n-2)$ звеньям **С** присоединяются $3(n-2)$ звена **С**. Всего $3\mathbf{В} + 3(n-1)\mathbf{С}$.

В этом случае доля звеньев **В** среди всех присоединяемых на n -м этапе синтеза равна

$$\omega = \frac{3}{3 + 3(n-1)} = \frac{1}{n}$$

Составим неравенство:

$$1/n < 0,05,$$

$$n > 20,$$

$$n = 21.$$

14. Ответ: $a_2 > a_3 > a_1$

Запишем формулы для расчета удельной площади поверхности для наночастиц каждой формы:

- шар
$$S_{уд.шар} = \frac{S_{шар}}{m} = \frac{S_{шар}}{V_{шар}\rho} = \frac{4\pi a_1^2}{(4/3)\pi a_1^3 \rho} = \frac{3}{a_1 \rho}$$

- куб
$$S_{уд.куб} = \frac{S_{куб}}{m} = \frac{S_{куб}}{V_{куб}\rho} = \frac{6a_2^2}{a_2^3 \rho} = \frac{6}{a_2 \rho}$$

- цилиндр
$$S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi a_3^2 + 2\pi a_3 a_3}{\pi a_3^2 a_3 \rho} = \frac{2a_3^2 + 2a_3^2}{a_3^3 \rho} = \frac{4}{a_3 \rho}$$

Выражая из этих формул линейные размеры, получаем:

$$S_{уд,шар} = S_{уд,куб} = S_{уд,цил}$$

$$\frac{3}{a_1 \rho} = \frac{6}{a_2 \rho} = \frac{4}{a_3 \rho}$$

$$4a_1 = 2a_2 = 3a_3$$

$$2a_1 = a_2 = 1,5a_3$$

Таким образом, $a_2 > a_3 > a_1$.

15. Ответ: 5

Запишем квадратное уравнение, отвечающее условию

$$2x^2 - 4x + 4 + 2(2x)^2 - 4(2x) + 4 = 4(2x - 2)^2 - 8(2x - 2) + 6$$

$$2x^2 - 4x + 4 + 8x^2 - 8x + 4 = 16x^2 - 32x + 16 - 16x + 16 + 6$$

$$6x^2 - 36x + 30 = 0$$

$$D = 1296 - 720 = 576 = 24^2$$

$$x = (36 \pm 24)/12$$

$$x = 1 \text{ или } x = 5$$

Поскольку при $x = 1$ на ребро октаэдрического ПМК приходится 0 атомов, что не имеет смысла, то ответ $x = 5$.

16. Ответ: 16%

Если у 30% людей в популяции есть проблемы с усвоением молока, то у $(100 - 30) 70\%$ его нет. Воспользуемся уравнением Харди-Вайнберга:

$$CC^2 + 2CT + TT^2 = 1$$

При наличии генотипа TT проблемы с усвоением лактозы отсутствуют, то есть $TT^2 = 0,7$, а частота встречаемости T равна $0,837$, тогда частота встречаемости C равна $(1 - 0,837) = 0,163 = 16\%$.

17. Ответ: 2,3

Утверждение 1 неверно, так как вода – хороший изолятор (рассматривается очищенная вода без примесей).

Утверждение 2 верно, так как вода играет важную роль в структуре и функционировании белков и других биомолекул, потому что образует вокруг них специальную оболочку из молекул воды – «шубу».

Утверждение 3 верно. Клеточные мембраны состоят из двойного слоя фосфолипидов, такая структура образуется в результате гидрофобных взаимодействий. В водном окружении молекулы фосфолипидов ориентируются так, чтобы гидрофобные «хвосты» были расположены внутри мембраны, где нет молекул воды, а полярные головки – снаружи. Именно гидрофобные взаимодействия являются основными, определяющими бислойную структуру мембран, поэтому можно считать, что вода – один из важных «строителей» клеточных мембран.

Утверждение 4 неверно. Для работы большинства ферментов, особенно, водорастворимых белков (цитоплазматических) вода необходима, так как входит в активные центры и/или располагается между разными частями молекулы, обеспечивая их взаимодействие и движение друг относительно друга.

Утверждение 5 неверно. Если воду заморозить, её объем увеличится.

Утверждение 6 неверно. Существуют различные данные о свойствах «серебряной воды». Наиболее вероятное негативное действие ионов серебра на бактерии заключается в том, что ионы серебра ингибируют работу ряда ферментов бактерий, замедляя или полностью останавливая деление клеток. Однако при этом ионы серебра не вызывают образование кластеров воды, влияющих на подвижность жгутиков.

18. Ответ: 1cIII, 2aV, 3eIV, 4dII, 5bI

В задании три колонки пронумерованные сверху вниз арабскими цифрами (левая), латинскими буквами (центральная) и римскими цифрами (левая). В левой колонке изображены схемы кровеносной системы: 1 – рептилий (крокодилов); 2 – рыб; 3 – амфибий; 4 – млекопитающих; 5 – птиц (от млекопитающих принципиально отличается формой эритроцитов). В центральной – силуэты различных животных: а – рыбы (кто-то из тресковых); б – птицы (казуара); с – рептилии (крокодила); d – млекопитающего (кашалота); е – амфибии (тритона). В правой – схематически обобщенно описаны различные типы выделительных систем: I – птиц; II –

млекопитающих; III – рептилий (не крокодилов!); IV – амфибий; V – рыб. Для получения 4 баллов необходимо правильно указать схему кровеносной системы, силуэт и схему выделительной системы (арабская цифра, латинская буква и римская цифра) для каждого таксона. Правильным является третий вариант сверху.

19. Ответ: 7994

У нас есть пищевая цепь зерно-мышь-кошка. Согласно правилу экологической пирамиды, на следующий уровень переходит только 10%, то есть было съедено мышей общим весом 1050 грамм или $(1050/15)$ 70 мышей за неделю. Итого, включая пойманных, но не съеденных мышей – 105 мышей за неделю или 15 мышей в день. То есть, такими темпами кошка способна уничтожить $(105/7 = 15 \times 365)$ 5475 мышей в год, которые за свою жизнь (365 дней) способны съесть $(4 \times 365 \times 5475/1000)$ 7994 кг зерна.

20. Ответ: амниот, аконит, тиамин, стланик

Органическое соединение – аминокислота. Из букв, составляющих это слово, можно составить: название класса четвероногих – амниот; род лютиковых – аконит; вещество, недостаток которого вызывает авитаминоз – тиамин; стелющая форма деревьев – стланик.