



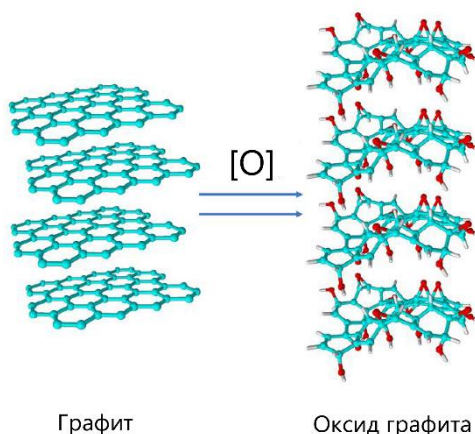
**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
 Химия. Вариант II**

Задача 1. Сверхпроводник (5 баллов)

Одним из самых известных высокотемпературных сверхпроводящих материалов является соединение $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$, которое впервые было синтезировано взаимодействием карбонатов иттрия, бария и меди при нагревании в присутствии кислорода.

1. Рассчитайте молярную массу $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$. **(2 балла)**
2. Определите массу m сверхпроводящей плёнки из $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$, если её площадь $S = 15 \text{ см}^2$ и толщина $h = 400 \text{ нм}$. Плотность $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.8}$ $\rho = 6.3 \text{ г/см}^3$. **(3 балла)**

Задача 2. Оксид графита (5 баллов)



Оксид графита – материал, который получают окислением графита, например, концентрированной азотной кислотой. В отличие от графита, состоящего только из атомов углерода, оксид графита содержит некоторое число атомов кислорода, которое зависит от условий синтеза. Формулу оксида графита условно записывают как C_xO , где x – не обязательно целое число. В одном из образцов оксида графита, по данным анализа, отношение масс $m(\text{C}) / m(\text{O}) = 1.86$.

1. Найдите x с точностью до сотых. Приведите расчёт. **(3 балла)**
2. Считая, что кислород входит только в состав групп , рассчитайте, сколько процентов атомов углерода связаны с атомами кислорода. **(2 балла)**

Задача 3. Наночастицы золота (5 баллов)

Наночастицы золота имеют множество потенциальных медицинских приложений, от доставки лекарств до фотодинамической и радиационной терапии. Нанопорошок золота состоит из одинаковых сферических наночастиц радиусом 4.5 нм и имеет массу 5.91 г. Найдите число наночастиц в порошке. Радиус атома золота примите равным 0.15 нм.

Объем шара: $V = \frac{4}{3} \pi r^3$.

Задача 4. Регенерация кислорода (10 баллов)

Один из способов регенерации кислорода в замкнутых пространствах состоит в применении твёрдого бинарного соединения X, связывающего углекислый газ в результате химического взаимодействия. Известно, что соединение X содержит 45 масс.% кислорода.

1. Определите формулу соединения X. Ответ подтвердите расчётом. **(3 балла)**
2. Предложите метод синтеза соединения X. Напишите уравнение реакции. **(1 балл)**
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия соединения X с углекислым газом, в результате которого происходит регенерация кислорода. **(2 балла)**
4. Определите минимальную массу соединения X, которую надо взять на борт космической станции для работы пятерых космонавтов в течение трёх суток. Один космонавт в течение суток выдыхает 500 л CO₂, температура на борту станции 25°C, давление 1 атм. **(4 балла)**



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Химия. Вариант II. Решения**

Решение задачи 1. Сверхпроводник (5 баллов)

1. Молярная масса $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,8}$ равна

$$M = 88.906 + 2 \cdot 137.33 + 3 \cdot 63.546 + 6.8 \cdot 15.999 = 662.9972 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \approx 663.0 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

2. С одной стороны, объём плёнки равен

$$V = \frac{m}{\rho}$$

С другой стороны, он равен

$$V = Sh$$

Следовательно,

$$Sh = \frac{m}{\rho}$$

$$m = \rho Sh$$

$$m = 6.3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 15 \text{ см}^2 \cdot 400 \cdot 10^{-7} \text{ см} = 3.78 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 3.78 \text{ мг}$$

Решение задачи 2. Оксид графита (5 баллов)

1. Для вещества C_xO

$$m(\text{C}) / m(\text{O}) = 12x / 16 = 1.86, \text{ отсюда } x = 16 \cdot 1.86 / 12 = 2.48.$$

2. Возьмем 1 моль $\text{C}_{2.48}\text{O}$. 1 моль атомов O связан с 2 молями атомов C, а всего атомов C – 2.48 моль. Процент связанных атомов C = $2 / 2.48 \cdot 100\% = 80.6\%$.

Решение задачи 3. Наночастицы золота (5 баллов)

Общее количество атомов золота:

$$N(\text{Au}) = \nu(\text{Au})N_A = m(\text{Au}) / M(\text{Au}) \cdot N_A = 5.91 / 197 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.806 \cdot 10^{22}. \quad (2 \text{ балла})$$

Число атомов золота в одной наночастице:

$$N_1(\text{Au}) = \frac{V(\text{наночастицы})}{V(\text{Au})} = \frac{\frac{4}{3}\pi \cdot 4.5^3}{\frac{4}{3}\pi \cdot 0.15^3} = 27000 \quad (2 \text{ балла})$$

Число наночастиц:

$$N(\text{наночастиц}) = N(\text{Au}) / N_1(\text{Au}) = 1.806 \cdot 10^{22} / 27000 = 6.9 \cdot 10^{17}. \quad (1 \text{ балл})$$

Решение задачи 4. Регенерация кислорода (10 баллов)

1. Пусть общая формула соединения $X - A_nO_m$, где A – неизвестный элемент, входящий в состав этого соединения. Содержание кислорода в нём можно выразить формулой

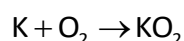
$$\begin{aligned} \omega(O) &= \frac{mM(O)}{nM(A) + mM(O)} \cdot 100\% \\ mM(O) \cdot 100\% - \omega(O)mM(O) &= \omega(O)nM(A) \\ M(A) &= \frac{(100\% - \omega(O)) \cdot m \cdot M(O)}{n \cdot \omega(O)} \\ M(A) &= \frac{(100 - 45) \cdot m \cdot 16}{n \cdot 45} = \frac{176m}{9n} \end{aligned}$$

Составим таблицу для возможных значений n и m :

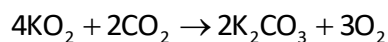
Значение n	Значение m	Молярная масса A	Элемент A	Соединение X
1	1	19.6	-	
1	2	39.1	К (калий)	KO_2
1	3	58.7	Ni (никель)	NiO_3
2	1	9.8	-	
2	2	19.6	-	
2	3	29.3	-	
3	4	26.1	-	

Поскольку соединения NiO_3 не существует, можно сделать вывод, что A – калий, а X – надпероксид калия KO_2 .

2. Надпероксид калия образуется при окислении (сгорании) металлического калия на воздухе или в кислороде:



3. Уравнение реакции:



4. Определим количество углекислого газа v_1 , которое выдыхает один космонавт за сутки:

$$pV = v_1RT$$

$$v_1 = \frac{pV}{RT}$$

Значит, пятеро космонавтов за трое суток выдыхают в $5 \cdot 3 = 15$ раз больше:

$$v = \frac{15pV}{RT}$$

По уравнению реакции взаимодействия углекислого газа и надпероксида калия

$$v(\text{KO}_2) = 2v(\text{CO}_2)$$

Следовательно,

$$v(\text{KO}_2) = \frac{30pV}{RT}$$

Масса надпероксида калия равна

$$m = vM$$

$$m(\text{KO}_2) = \frac{30pVM}{RT}$$

$$m(\text{KO}_2) = \frac{30 \cdot 101325 \text{ Па} \cdot 0.5 \text{ м}^3 \cdot 71.1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 43.64 \text{ кг}$$



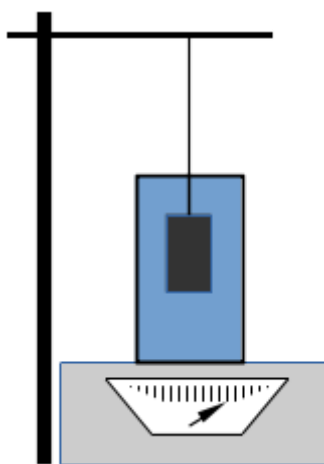
**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV**

Задача 1. Новый сплав (5 баллов)

В результате исследований был получен новый сплав и определена его удельная теплоёмкость $c = 700 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Далее берут кусочек сплава массой $m_{\text{в}} = 0.1 \text{ кг}$ и опускают в горячую воду, которую предварительно нагревали на электроплитке мощностью $P = 700 \text{ Вт}$ в течение $\tau = 5 \text{ мин}$. До эксперимента вода и сплав находятся при комнатной температуре $t_{\text{к}} = 25^\circ\text{C}$. КПД электроплитки $\eta = 20\%$. Удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Масса воды $m_{\text{в}} = 0.2 \text{ кг}$.

1. До какой температуры $t_{\text{в}}$ нагреется вода? **(2 балла)**
2. Найти температуру t_0 , до которой нагреется кусочек сплава. **(3 балла)**

Задача 2. Весы (5 баллов)



Сосуд с водой стоит на стрелочных весах. Под воду целиком погружен брусок, подвешенный на резинке. Её перерезают, и брусок опускается на дно. Объем бруска $V_1 = 0.1 \text{ дм}^3$, плотность бруска $\rho_{\text{бр}} = 5 \text{ г/см}^3$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1 \text{ г/см}^3$. Объем воды в сосуде $V_2 = 1.0 \text{ дм}^3$

1. Что покажут весы до перерезания резинки? **(2 балла)**
2. На сколько изменятся показания весов после того, как брусок опустится на дно и стрелка весов придет в равновесие? **(3 балла)**

Задача 3. Многожильный провод (5 баллов)

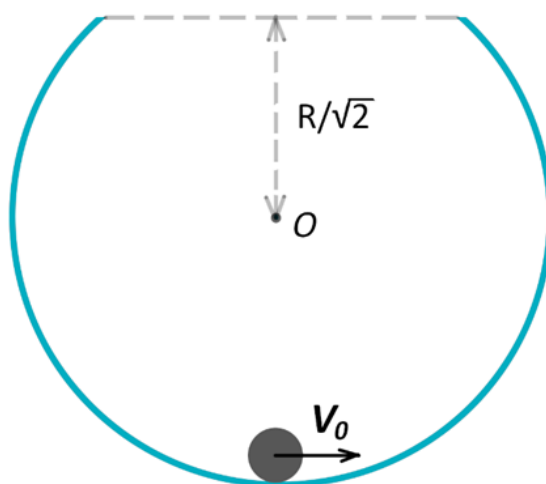
Юный экспериментатор Петр разрезал медный многожильный провод с сопротивлением $R = 12$ Ом на две равные по длине части. Потом одну из частей распустил на две одинаковые по числу медных жил. Одну тонкую часть Петр спаял параллельно с более толстой, а оставшуюся припаял последовательно.

1. Нарисуйте электрическую схему нового соединения частей провода. (1 балл)
2. Какое сопротивление получилось у нового провода? (3 балла)
3. Можно ли было добиться такого изменения сопротивления, взяв золотой провод той же толщины? Удельное сопротивление золота $\rho_{Au} = 2.4 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, удельное сопротивление меди $\rho_{Cu} = 1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. (1 балл)

Задача 4. Шарик в сосуде (10 баллов)

Сосуд сферической формы радиусом $R = 1$ м обрезали сверху, как показано на рисунке. Расстояние от центра сферы до плоскости среза равно $R/\sqrt{2}$. На дно сосуда поместили небольшой шарик. Внутренняя поверхность сосуда обработана таким образом, что трение между шариком и стенками сосуда пренебрежимо мало.

1. Под каким углом к горизонту шарик вылетит из сосуда, если ему сообщить достаточную начальную скорость V_0 (см. рисунок)? (2 балла)
2. Найдите минимальное значение начальной скорости V_0 в нижней точке (см. рисунок), при которой шарик достигнет плоскости среза. (3 балла)
3. При какой максимальной начальной скорости V_0 в нижней точке шарик, вылетев из верхней части сосуда, приземлится в него обратно? (5 баллов)





**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Физика. Вариант IV. Решения**

Решение задачи 1. Новый сплав (5 баллов)

1. При нагревании на плитке:

$$Q = \eta P \tau = c_B m_B (t_B - t_K)$$

Температура

$$t_B = \frac{\eta P \tau}{c_B m_B} + t_K = \frac{0.2 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot 0.2} + 25 \text{ C} = 75 \text{ C}$$

2. После погружения кусочка сплава в воду:

$$c_B m_B (t_B - t_0) = c_{\text{сплав}} m_{\text{сплав}} (t_0 - t_K)$$

Отсюда выражаем:

$$t_0 = \frac{\eta P \tau}{c_B m_B + c_{\text{сплав}} m_{\text{сплав}}} + t_K = \frac{0.2 \cdot 700 \cdot 5 \cdot 60}{4200 \cdot 0.2 + 700 \cdot 0.1} + 25 \text{ C} = 71 \text{ C}$$

Решение задачи 2. Весы (5 баллов)

1. Показания весов до перерезания нити:

$$P_1 = Mg + F_A = (V_1 + V_2) \rho_B g = 11 \text{ Н}$$

2. Показания весов после:

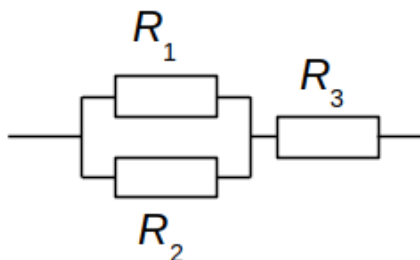
$$P_2 = Mg + mg$$

Разность:

$$\Delta P = mg - F_A = (\rho_T - \rho_{\text{ж}}) V g = 4 \text{ Н}$$

Решение задачи 3. Многожильный провод (5 баллов)

1.



Полное сопротивление связано с удельным:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Таким образом:

$$R_2 = \frac{R}{2}, R_1 = R_3 = R$$

Для параллельного соединения:

$$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R} + \frac{2}{R} \Rightarrow R_{12} = \frac{R}{3}$$

2. Для последовательного:

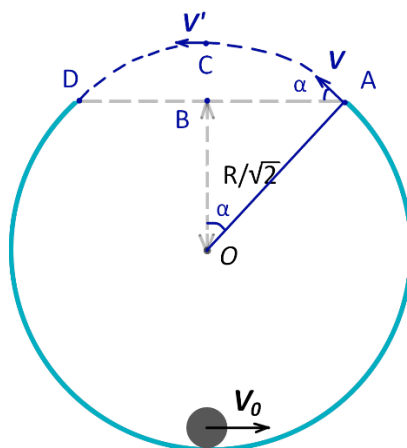
$$R_{\text{общ}} = R + \frac{R}{3} = \frac{4R}{3} = 160 \text{ м}$$

$$3. \frac{R_{\text{после}}}{R_{\text{до}}} = \frac{16}{12} = \frac{\rho_{\text{Au}} l_{\text{Au}}}{\rho_{\text{Cu}} l_{\text{Cu}}} \Rightarrow \frac{l_{\text{Al}}}{l_{\text{Cu}}} = \frac{4\rho_{\text{Cu}}}{3\rho_{\text{Au}}} \approx 0,94$$

Почти в 1,05 раза короче.

Решение задачи 4. Шарик в сосуде (10 баллов)

После вылета из сосуда в точке А шарик будет двигаться как тело, брошенное под углом к горизонту. Он попадет обратно в сосуд при условии, что «точка приземления» D будет внутри сферы. Предельный случай – это попадание шарика на противоположную стенку сосуда, т.е. случай, когда точка D лежит на сфере. Тогда точка наибольшей высоты подъема С находится на прямой OB, где точка В – середина отрезка AD. В точке С вертикальная составляющая скорости равна нулю.



Горизонтальное перемещение шарика из точки A в точку C:

$$AB = V_x t$$

Вертикальная составляющая скорости в точке C:

$$0 = V_y - gt$$

Выразим из второго уравнения время пролета из точки A в точку C и подставим в первое:

$$AB = V_x V_y / g$$

Угол α , под которым вылетает шарик, равен углу AOB. Косинус угла α :

$$\cos \alpha = \frac{OB}{OA} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \alpha = 45^\circ.$$

Отсюда $AB = OB = R/\sqrt{2}$, $V_x = V_y = V/\sqrt{2}$. Тогда можем выразить скорость V :

$$V = \sqrt{\sqrt{2}Rg}$$

Поскольку трением можно пренебречь, запишем закон сохранения энергии, и подставим в него скорость V :

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + mgh = \frac{m\sqrt{2}Rg}{2} + mgR \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = mgR(1 + \sqrt{2})$$

Отсюда, искомая скорость:

$$V_0 = \sqrt{2gR(1 + \sqrt{2})} \approx 6,9 \text{ м/с}$$



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Математика. Вариант I**

Задача 1. Двумерный нитрид бора (5 баллов)

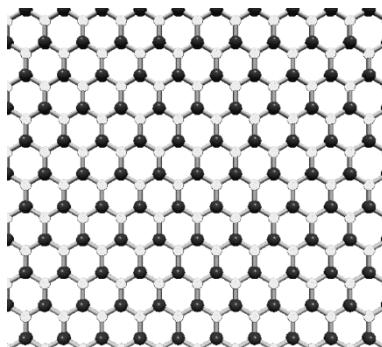


Рис. 1. Структура BN. Темными кругами отмечены атомы бора B, светлыми – азота N.

Оцените, сколько всего атомов бора содержит лист нитрида бора BN (рис. 1) в виде прямоугольника со сторонами $a = 0,9$ мкм и $b = 1,8$ мкм.

Длину связи B-N считать равной $c = 0,14$ нм.

Задача 2. Магнитная память (5 баллов)



Оцените размер однобитного домена (в нм^2) на поверхности устройства хранения информации («жесткого диска»), если

- емкость устройства равна $200 \cdot 10^{12}$ бит,
- устройство состоит из 10 одинаковых магнитных дисков,
- запись производится с двух сторон магнитного диска,
- внешний диаметр области записи данных на магнитном диске составляет 9 см, внутренний – 3 см.

Задача 3. Слоистый поглотитель (5 баллов)

Чему равна поглотительная емкость слоистого материала, ω (то есть, количество грамм фенола которое поглотит один грамм поглощающего материала), если один квадратный метр площади его поверхности способен поглотить $m_t = 280$ мг фенола, плотность вещества, составляющего отдельный слой материала, равна $\rho = 2,8$ г/см³, а толщина этого слоя – $h = 25$ нм? Считать, что отдельные слои в структуре материала не соприкасаются между собой, и в поглощении участвуют обе стороны каждого слоя.

Задача 4. В поисках кубических кластеров (10 баллов)

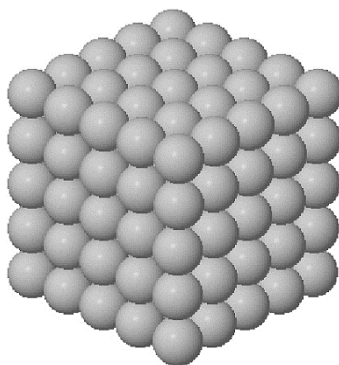


Рис. 1. Пример нанокластера в форме куба.

В этом примере на ребро нанокластера приходится пять атомов металла.

1. Найдите минимальное число атомов металла, которое должно приходиться на ребро нанокластера в форме куба (рис. 1), если общее число атомов, составляющих такой нанокластер, можно разделить нацело без остатка
 - а) на 1575 равных частей, **(2 балла)**
 - б) на 4032 равных частей, **(2 балла)**
 - в) как на 1575, так и на 4032 равных частей. **(2 балла)**

Решение обоснуйте.

2. Для самого маленького и самого большого из нанокластеров (а) – (в), найденных ранее, рассчитайте радиусы описанных вокруг них сфер (в нм). **(4 балла)** Атомы металла считать шарами радиусом 0,13 нм.

Дополнительные материалы

$$\sqrt{2} \approx 1,4, \sqrt{3} \approx 1,7, \sqrt{5} \approx 2,2, \sqrt{7} \approx 2,7.$$

$$\pi = 3,1$$



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Математика. Вариант I. Решения**

Решение задачи 1. Двумерный нитрид бора (5 баллов)

Лист нитрида бора представляет собой плоскость, замощенную правильными шестиугольниками со стороной 0,14 нм.

Площадь такого шестиугольника равна площади равностороннего треугольника со стороной 0,14 нм, взятой 6 раз, и составляет $S_6 = 6S_3 = 6\sqrt{3} \cdot 0,14^2/4 = 0,04998 \approx 0,05 \text{ нм}^2$.

На один такой шестиугольник приходится 3 атома бора и 3 атома азота, каждый из которых, в свою очередь, принадлежит трем соседним шестиугольникам. Следовательно, на один атом бора приходится площадь, равная площади шестиугольника

$$S_B = S_6 = 0,05 \text{ нм}^2 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ мкм}^2.$$

Тогда число атомов в листе нитрида бора равно отношению площади листа к площади, приходящейся на один атом бора:

$$N_B = \frac{S}{S_B} = \frac{a \cdot b}{5 \cdot 10^{-8}} = \frac{0,9 \cdot 1,8}{5 \cdot 10^{-8}} = 3,24 \cdot 10^7.$$

Решение задачи 2. Магнитная память (5 баллов)

Каждый бит информации занимает один домен, то есть, число доменов, приходящихся на устройство хранения информации, равно $N = 200 \cdot 10^{12}$.

При этом на одну сторону каждой из пластин “жесткого диска” приходится

$$N_1 = N/(2 \cdot 10) = 10 \cdot 10^{12} \text{ доменов.}$$

Площадь области записи данных на одной из сторон пластины составляет

$$S = S_{\text{внеш}} - S_{\text{внутр}} = \pi R_{\text{внеш}}^2 - \pi R_{\text{внутр}}^2 = 3,1 \cdot ((9/2)^2 - (3/2)^2) = 55,8 \text{ см}^2 = 55,8 \cdot 10^{14} \text{ нм}^2.$$

Тогда на один домен приходится площадь, равная

$$S_d = S/N_1 = 55,8 \cdot 10^{14} / (10 \cdot 10^{12}) = 558.$$

Решение задачи 3. Слоистый поглотитель (5 баллов)

Рассмотрим отдельный слой материала в виде квадрата со стороной D , такой, что $D \gg h$.

Его масса равна $m = \rho D^2 h$, а площадь составляет $S = 2D^2$ (так как у каждого слоя две стороны).

Тогда на один грамм материала приходится $S/m = 2D^2/(\rho D^2 h) = 2/(\rho h)$ м² поглощающей поверхности.

Эта поверхность, в свою очередь, способна адсорбировать

$$\omega = S/m \cdot m_t = 2 \cdot 0,28 / (2,8 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-9}) = 8 \text{ г/г фенола.}$$

Решение задачи 4. В поисках кубических кластеров (10 баллов)

1.

а) Разложим 1575 на множители:

1575 оканчивается на 5, следовательно, оно кратно 5:

$$1575/5 = 315$$

$$315/5 = 63,$$

$$\text{здесь } 63 = 3 \cdot 3 \cdot 7,$$

$$\text{то есть, } 1575 = 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7.$$

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 1575, будет

$$3^3 \cdot 5^3 \cdot 7^3 = (3 \cdot 5 \cdot 7)^3 = 105^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходиться 105 атомов металла.

б) Разложим 4032 на множители:

4032 – четное число, и при делении его на 2 тоже получается четное.

Поделив его 6 раз на 2:

$$4032/2 = 2016$$

$$2016/2 = 1008$$

$$1008/2 = 504$$

$$504/2 = 252$$

$$252/2 = 126$$

$$126/2 = 63,$$

$$\text{здесь } 63 = 3 \cdot 3 \cdot 7,$$

$$\text{то есть, } 4032 = 2^6 \cdot 3^2 \cdot 7.$$

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 4032, будет

$$2^6 \cdot 3^3 \cdot 7^3 = (2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 7)^3 = 84^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходиться 84 атома металла.

в) Найдем НОК (наименьшее общее кратное) для чисел 1575 и 4032:

$$1575 = 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7$$

$$4032 = 2^6 \cdot 3^2 \cdot 7$$

$$\text{НОК}(1575, 4032) = 2^6 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7 = 100800.$$

Ближайшим кубом натурального числа, кратного 100800, будет

$$2^6 \cdot 3^3 \cdot 5^3 \cdot 7^3 = (2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7)^3 = 420^3.$$

Таким образом, на ребро искомого нанокластера должно приходиться 420 атомов металла.

2. Из трех полученных ранее чисел – 105, 84 и 420 – минимальным является 84, а максимальным – 420.

Найдем длину ребра для каждого из случаев:

$$a_{\min} = 84 \cdot 2r = 84 \cdot 2 \cdot 0,13 = 21,8 \text{ нм.}$$

$$a_{\max} = 420 \cdot 2r = 420 \cdot 2 \cdot 0,13 = 109,2 \text{ нм.}$$

Найдем радиус сферы, описанной вокруг кубического нанокластера, на ребро которого приходится n атомов. Для этого сначала рассмотрим куб, вершины которого лежат в центрах атомов, являющихся вершинами кубического нанокластера. Радиус сферы, описанной вокруг такого куба, отличается от радиуса искомой сферы на величину радиуса атома и может быть рассчитан как половина объемной диагонали куба. Следовательно, радиус сферы, описанной вокруг кубического нанокластера, равен

$$R = (n - 1)2r \cdot \sqrt{3}/2 + r$$

Тогда:

$$R_{\min} = (n_{\min} - 1)2r \cdot \sqrt{3}/2 + r = (84 - 1) \cdot 2 \cdot 0,13 \cdot 1,7/2 + 0,13 = 18,5 \text{ нм.}$$

$$R_{\max} = (n_{\max} - 1)2r \cdot \sqrt{3}/2 + r = (420 - 1) \cdot 2 \cdot 0,13 \cdot 1,7/2 + 0,13 = 92,7 \text{ нм.}$$



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
 для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
 Биология. Вариант II**

Задача 1. Школа юного вампира (5 баллов)

Кровь, как известно, состоит из плазмы и форменных элементов: эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов. Ответьте на следующие вопросы. Выберите один или несколько правильных ответов.

1. Какой или какие компоненты крови человека не содержат в норме митохондрии?
 - a) плазма
 - b) эритроциты
 - c) нейтрофилы
 - d) лимфоциты
2. В митохондриях осуществляется:
 - a) синтез белка
 - b) синтез углеводов
 - c) синтез АТФ
 - d) синтез липидов
3. В какой из органелл кислая среда?
 - a) эндоплазматический ретикулум
 - b) лизосомы
 - c) митохондрии
 - d) комплекс Гольджи

Задача 2. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

В первом столбце описаны процессы, часть которых происходит при фотосинтезе, а часть – при дыхании растений. Соотнесите процессы из первого столбца со вторым.

- | | |
|--|---------------|
| А. Поглощается кислород | 1. Дыхание |
| Б. Выделяется кислород | 2. Фотосинтез |
| В. Синтез глюкозы | |
| Г. Происходит во всех органах растения | |
| Д. Распад органических веществ | |

А	Б	В	Г	Д

Задача 3. Накормите самурая (5 баллов)



В средневековой Японии существовала единица измерения «коку». Вес 1 коку риса приблизительно равен 150 кг и определяется, как количество риса, потребляемое одним взрослым человеком в течение года (365 дней). Как вы думаете, достаточно ли 1 коку риса для питания современного человека в год?

1. Для этого рассчитайте, какую энергию (в кДж) в среднем можно получить в день, если употреблять только коку риса в год. **(4 балла)**
2. Рассчитайте минимальное количество коку риса, которое соответствует современным нормам. **(1 балл)**

Калорийность риса 330 ккал на 100 грамм. Среднюю норму энергии, необходимой для жизни в день, определим, как 9 200 кДж. 1 ккал = 4,2 кДж.

Результаты расчетов округлите до десятых.

Задача 4. Муравьи-зомби (10 баллов)

Вы, наверное, слышали или читали про паразитический гриб кордицепс, который поселяется в телах насекомых, разрастается за счет их ресурсов и в конце прорастает коробочкой со спорами над уже мертвым телом насекомого. Пока жертва жива, гриб подчиняет себе ее тело – заставляет делать то, что нужно грибу, вести себя так, как нужно грибу, прямо как зомби.

Но как он это делает? Разные грибы находят разные подходы к своим жертвам. Давайте рассмотрим один – гриб кордицепс однобокий (лат. *Ophiocordyceps unilateralis*), который поселяется в телах азиатского пробкоголового муравья *Camponotus leonardi*.

Кордицепсу надо расположить тело захваченного муравья недалеко от муравейника на травинке повыше, чтобы, когда созреют споры, они сыпались из плодового тела на других муравьев. Новыми жертвами станут муравьи-фуражиры, которые приносят в муравейник еду. Кто-нибудь из фуражиров заразится, в них начнет развиваться кордицепс, и они, в свою очередь, окажутся на травинке рядом с муравейником и будут распространять споры.

I. *Как заставить муравья подняться на травинку около муравейника?* Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

- 1) Гифы кордицепса прорастают в нервную систему муравья и напрямую управляют его поведением с помощью электрических импульсов.
- 2) Кордицепс просто ждет, когда муравей сам поднимется на эту травинку, после этого приказывает муравью там и оставаться.
- 3) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья-фуражира думать, что он не фуражир, а солдат и должен занять наблюдательный пост.
- 4) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые заставляют муравья думать, что сейчас утро и надо подняться повыше и оценить погоду.
- 5) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья думать, что очень жарко и надо покинуть муравейник.
- 6) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые включают в мозге муравья сигналы голода, и муравей начинает отчаянно искать еду.

II. *Что потом?* Потом зараженный муравей челюстями вцепляется в лист и больше никогда не разжимает челюстей. До смерти и после смерти.

Как гриб это делает? Инстинкта мертвой хватки у муравья-фуражира нет. Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

- 1) Гифы гриба обрастают мышцы муравья и сами выделяют нейромедиаторы, заставляющие мышцы челюстей сжаться.
- 2) Кордицепс выделяет в мозг муравья нейромедиаторы, которые заставляют муравья-фуражира думать, что он муравей-солдат.
- 3) Кордицепс воздействует на мозг электрическими импульсами, которые заставляют муравья думать, что лист - это что-то очень вкусное.
- 4) Муравей вцепляется во что-нибудь сам, когда плохо себя чувствует.
- 5) Кордицепс выделяет в мозг муравья токсины, которые вводят его в состояние неуправляемой агрессии, и муравей яростно кусает всё вокруг.
- 6) Кордицепс не делает ничего, муравей сам пробует на вкус все предметы вокруг себя.

III. *И наконец, почему после гибели муравей продолжает удерживать челюстями травинку?* Выберите правильный ответ и обоснуйте его. Объясните, почему другие версии неправильные.

- 1) Гифы гриба продолжают выделять нейромедиаторы, приказывающие мышцам челюстей сокращаться.
- 2) Для этого подходят только те виды муравьев, у которых челюсть может заклинить в закрытом состоянии, как у бульдогов, а другие муравьи не подходят для кордицепса.

- 3) Челюсти на самом деле со временем разжимаются, но это происходит медленно и гриб успевает отплодоносить.
- 4) На голове пораженного кордицепсом муравья выделяется клейкое вещество, которое приклеивает его к травинке.
- 5) Кордицепс "отключает" мышцы – размыкатели челюстей.
- 6) Муравей сидит на листе довольно долго, так что гриб успевает прорасти гифами в лист и "пришить" муравья к листу.

IV. Предположим, что часть муравьев устойчива к заражению кордицепсом, и эта устойчивость генетически обусловлена. Могут ли в одном муравейнике жить устойчивые и подверженные заражению муравьи? Обоснуйте ваш ответ.

V. Не все муравьи в муравейнике заражаются кордицепсом. Это не всегда связано с генетической устойчивостью. С чем ещё это может быть связано?



**Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
для школьников 5 – 9 классов (заключительный этап)
Биология. Вариант II. Решения**

Решение задачи 1. Школа юного вампира (5 баллов)

1. а, b.
2. а, с.
3. b.

Решение задачи 2. Зеленая викторина: свет и тьма (5 баллов)

А	Б	В	Г	Д
1	2	2	1	1

Решение задачи 3. Накормите самурая (5 баллов)

1. Пересчитываем калории в джоули ($1 \text{ ккал} = 4,2 \text{ кДж}$). В 1 коку риса будет ($4,2 \times 340 \times 10 \times 150$) 2 142 000 кДж (на год), что составляет 5 868,5 кДж в день. Как мы видим эта величина значительно меньше чем рекомендуемое потребление для среднего человека в день.
2. Для того чтобы оценить сколько коку риса согласно современным нормам нужно употреблять в год просто разделите 9 200 на 5 868,5 (в столько раз больше риса в день нужно согласно современным нормам) и получим ~1,6 коку риса. Можно рассчитать и по-другому, например, так:

В одном килограмме риса ($4,2 \times 340 \times 10$) 14 280 кДж, следовательно, согласно современным нормам, в день нужно употреблять ($9\,200 / 14\,280$) 0,6 кг риса или ~235,2 кг риса в год, что составляет, приблизительно ($235,2 / 150$), ~1,6 коку риса.

Решение задачи 4. Муравьи-зомби (10 баллов)

- I. 4.
- II. 1.
- III. 2.
- IV. Очевидный ответ – нет, потому что муравьи в одном муравейнике генетически идентичны.

Но верен и ответ да.

Пенетрантность – признак может проявляться не со 100% вероятностью. Как шизофрения или анорексия. Есть гены, повышающие вероятность заболеть, но можно и не заболеть. И наоборот – определенный генотип может повысить устойчивость к кордицепсу, а может и не повысить.

Экспрессивность – определенный генотип может проявляться в разной силой. И кто-то из муравьев умрет до того, как заползет на травинку, а кто-то будет болеть долго.

Мутации – делают муравьев из одной семьи генетически неидентичными.

В муравейнике может поменяться матка. Старая погибла, ее место заняла молодая, она генетически неидентична рабочим муравьям старого поколения. Она рождает новых муравьев с новым генотипом.

- V. Вероятность быть обсыпанным спорами кордицепса у каждого муравья не 100%. Кому-то повезло, кому-то нет.

Иммунитет муравьев борется с патогенами, и у разных особей, даже генетически идентичных, он может быть неодинаковый.

Заражаются только муравьи-фуражиры. Муравьи-няньки и солдаты не покидают муравейник, поэтому не бывают обсыпаны спорами.