



Комплекс предметов «химия, физика, математика, биология»
11 класс (отборочный этап)
Решения

Химия. Решение задачи 1. Прокаливание

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

$4\text{AgCl} + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 = 4\text{Ag} + 4\text{NaCl} + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$. Масса твердого остатка меньше суммы масс исходных веществ на величину, равную сумме масс улетевших газов. $\nu(\text{AgCl}) = 5,17 / 143,5 = 0,036$ моль, $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,91 / 106 = 0,018$ моль, исходные вещества взяты в стехиометрическом соотношении. $\nu(\text{CO}_2) = 0,018$ моль, $\nu(\text{O}_2) = 0,009$ моль. $m(\text{остатка}) = 5,17 + 1,91 - 0,018 \cdot 44 - 0,009 \cdot 32 = 6,00$ г.

Химия. Решение задачи 2

Правильный ответ: $\text{Cs}_3[\text{V}_2\text{Cl}_9]$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, вариант записи ответа без квадратных скобок $\text{Cs}_3\text{V}_2\text{Cl}_9$ также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Металл X – V, второй металл – цезий. Представим формулу комплекса в виде: $x\text{VCl}_3 \cdot y\text{CsCl}$, тогда уравнение для массовой доли ванадия имеет вид: $51x / (157,5x + 168,5y) = 0,1243$, откуда $y = 1,5x$, т.е. $x = 2$, $y = 3$, формула комплекса – $\text{Cs}_3[\text{V}_2\text{Cl}_9]$.

Химия. Решение задачи 3

Правильный ответ: 33,55.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,168$.

Зеленый оксид – Cr_2O_3 , желтая соль – Na_2CrO_4 , темно-красная жидкость – CrO_2Cl_2 . $\omega(\text{Cr}) = 52,0 / (52,0 + 2 \cdot 16,0 + 2 \cdot 35,5) = 0,3355 = 33,55\%$.

Химия. Решение задачи 4

Правильный ответ: NaTcO_4 .

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Элемент X – технеций, Tc (высшая с.о. +7), соль Y – NaTcO_4 . $\omega(\text{Tc}) = 99 / (23 + 99 + 64) = 0,532 = 53,2\%$.

Химия. Решение задачи 5

Правильный ответ: Fe₃C, H₂, C.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида Fe₃C, H₂, C; X - Fe₃C, Y - H₂, Z - C; X-Fe₃C, Y-H₂, Z-C; X = Fe₃C, Y = H₂, Z = C; X=Fe₃C, Y=H₂, Z=C также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Уравнение реакции: Fe₃C + 6HCl = 3FeCl₂ + 3H₂↑ + C↓. $\nu(\text{Fe}_3\text{C}) = 18 / 180 = 0,1$ моль, $\nu(\text{C}) = 0,1$ моль, $m(\text{C}) = 0,1 \cdot 12 = 1,2$ г, что полностью соответствует условию.

Химия. Решение задачи 6

Правильный ответ: (NH₄)₂PtCl₆, NH₃, Pt.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида (NH₄)₂PtCl₆, NH₃, Pt; X - (NH₄)₂PtCl₆, Y - NH₃, Z - Pt; X-(NH₄)₂PtCl₆, Y-NH₃, Z-Pt; X=(NH₄)₂PtCl₆, Y=NH₃, Z=Pt; X = (NH₄)₂PtCl₆, Y = NH₃, Z = Pt; (NH₄)₂[PtCl₆], NH₃, Pt; (NH₄)₂[PtCl₆], NH₃, Pt; X - (NH₄)₂[PtCl₆], Y - NH₃, Z - Pt; X=(NH₄)₂[PtCl₆], Y=NH₃, Z=Pt; X = (NH₄)₂[PtCl₆], Y = NH₃, Z = Pt; X-(NH₄)₂[PtCl₆], Y-NH₃, Z-Pt также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Очевидно, что газ Y – NH₃, тогда X – соль аммония. $\nu(\text{NH}_3) = 0,101 / 22,4 = 0,00451$ моль. На n моль ионов NH₄⁺ приходится $1,00 / (0,00451/n) = 222n$ г соли X, а при прокаливании образца X такой массы образуется $222n / 2,28 = 97,5n$ г простого вещества Z. При $n = 2$, $M(\text{Z}) = 195$ г/моль, Z – Pt, исходное вещество X – (NH₄)₂PtCl₆.

Химия. Решение задачи 7

Правильный ответ: Cu₂O.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

В 4 раза отличаются атомные массы Cu и O. В элементарной ячейке содержится 8 черных шариков и $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ белых шарика. Соотношение 8 : 4, или 2 : 1 соответствует формуле оксида Cu₂O.

Химия. Решение задачи 8

Правильные ответы: кремний, нитрид бора.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

В структуре алмаза каждый атом связан четырьмя ковалентными связями с соседними атомами. Это точно не реализуется у фуллерена и углекислого газа, которые имеют молекулярные решетки, а также у меди (ГЦК решетка, КЧ = 12) и графита (слоистая структура, КЧ = 3). Остаются кремний и нитрид бора, которые имеют алмазоподобные модификации.

Химия. Решение задачи 9

Правильный ответ: SiS₂, SiCl₄, HCl.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, варианты записи ответа вида SiS₂, SiCl₄, HCl; X - SiS₂, Y - SiCl₄, Z - HCl; X-SiS₂, Y-SiCl₄, Z-HCl; X = SiS₂, Y = SiCl₄, Z = HCl; X=SiS₂, Y=SiCl₄, Z=HCl также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

Желтые атомы в структуре – сера, использование оксида при производстве стекла намекает на кремний. Летучая жидкость Y – SiCl₄, реакция с H₂S: SiCl₄ + 2H₂S = SiS₂ + 4HCl. X – SiS₂, бесцветный газ Z – HCl.

Химия. Решение задачи 10

Правильный ответ: вычисляется по формуле 483,48/x.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

Удельная поверхность кубической частицы вычисляется по формуле:

$$s = S / m = 6x^2 / (\rho x^3) = 6 / (\rho x) = 6 / (12,41 \cdot 10^6 \text{ г/м}^3 \cdot x \cdot 10^{-9} \text{ м}) = 483,48/x \text{ м}^2/\text{г}.$$

Химия. Решение задачи 11

Правильный ответ: вычисляется по формуле 2,4776·ln(n).

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

Из уравнения Аррениуса следует, что при выигрыше в энергии активации ΔE (кДж/моль) и неизменном предэкспоненциальном множителе константа скорости реакции увеличится в

$$n = \exp(\Delta E \cdot 1000 / (8,314 \cdot 298)) = \exp(\Delta E / 2,4776) \text{ раз},$$

откуда

$$\Delta E (\text{кДж/моль}) = 2,4776 \cdot \ln(n).$$

Химия. Решение задачи 12

Правильный ответ: вычисляется по формуле $1,051 \cdot y$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 5%.

$$m(\text{H}_2\text{PtCl}_6) = y / 195,1 \cdot 410,1 = 2,102y \text{ мг} = 2,102 \cdot 10^{-3}y \text{ г}, m(\text{p-ра}) = 2,102 \cdot 10^{-3}y / 0,002 = 1,051y \text{ (г)}.$$

Химия. Решение задачи 13

Правильный ответ: Cu_3Se_2 .

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, вариант записи ответа Se_2Cu_3 также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Из мольных долей следует формула X_3Y_2 . $m(\text{X}) / m(\text{Y}) = 1,5M(\text{X}) / M(\text{Y}) = 1,21$, откуда $M(\text{Y}) = 1,24M(\text{X})$. Из элементов 4-го периода такому соотношению удовлетворяют $\text{X} = \text{Cu}$ и $\text{Y} = \text{Se}$. Формула вещества – Cu_3Se_2 .

Химия. Решение задачи 14

Правильный ответ: 0,2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,002$.

Очевидно, что $\varepsilon = \frac{S_{\text{всех пор}}}{S_{\text{пов-ти АОА}}} \cong \frac{S_{\text{поры}}}{S_{\text{гексагона}}}$.

Также $b = 2h$, где h – высота равностороннего треугольника (см. рисунок), $h = a \frac{\sqrt{3}}{2}$, $S_{\Delta} = a^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{4}$,
 $S(\text{гексагона}) = 6S_{\Delta} = a^2 \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} = \left(\frac{2}{\sqrt{3}}h\right)^2 \cdot \frac{3\sqrt{3}}{2} = b^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$. $S_{\text{поры}} = \pi r^2 \Rightarrow \varepsilon = \frac{2\pi r^2}{b^2 \cdot \sqrt{3}}$.

Оценим r и b : $U = 40 \text{ В} \Rightarrow r = 0,645U = 25,8 \text{ нм}$; $b = -1,7 + 2,8U = 110,3 \text{ нм} \Rightarrow \varepsilon \approx \mathbf{0,2}$.

Химия. Решение задачи 15

Правильный ответ: 0,04.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,0004$.

В процессе электроосаждения происходит электролиз сульфата меди (II), значит, по закону Фарадея

$$m(\text{Cu}) = \frac{QM(\text{Cu})}{zF}$$

$$m(\text{Cu}) = \rho V = \rho h_{\text{нити}} S_{\text{пор}} = \rho h_{\text{нити}} \epsilon S_{\text{АОА}}$$

Так как заполняются не все поры и по условию $S_{\text{активных пор}} = \gamma \epsilon S_{\text{АОА}}$, то $m(\text{Cu}) = \rho h_{\text{нити}} \gamma \epsilon S_{\text{АОА}} =$

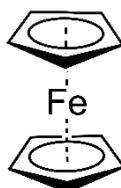
$$\frac{QM(\text{Cu})}{zF} \Rightarrow \gamma = \frac{0,05635 \text{ Кл} \cdot 63,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{2 \cdot 96485 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \cdot 8,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ см} \cdot 0,3 \cdot 0,2827 \text{ см}^2} = \mathbf{0,04}$$

Химия. Решение задачи 16. Химия бутербродов – 1

Правильный ответ: ферроцен.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Реакция NaN и цикlopentadiена приводит к образованию цикlopentadiенил-иона (Cp^-), являющегося ароматической частицей. Добавление к цикlopentadiенилу натрия (NaCp) хлорида железа (II) ведёт к образованию **ферроцена** (FeCp_2). Американские учёные назвали такой тип соединений «сэндвичевыми» из-за схожести их структуры с бутербродом (см. рисунок).

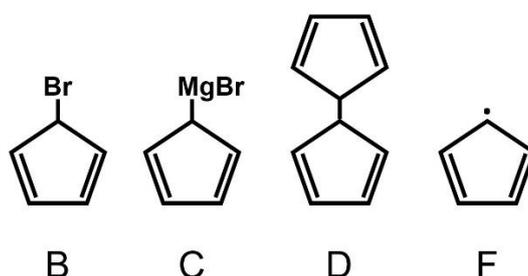


Химия. Решение задачи 17. Химия бутербродов – 2

Правильный ответ: C₁₀H₁₀.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

NBS – реагент, приводящий к радикальному галогенированию алкенов. В молекуле цикlopentadiена только один атом углерода в sp^3 гибридизации \Rightarrow **В** – 5-бромциклопентадиен-1,3 (см. рисунок). Добавление магния в диэтиловом эфире приводит к образованию реактива Гриньяра: “**С**” = $\text{C}_5\text{H}_5\text{MgBr}$. Реакция с FeCl_3 приводит к образованию ферроцена, смешанная соль **Е**, очевидно, MgClBr . Так как в задаче говорится о радикальной реакции, ясно, что вещество **Д** – продукт радикального присоединения частицы **Ф** (см. рисунок), и, следовательно, **Д** = $\text{C}_{10}\text{H}_{10}$, что подтверждается расчётом массовой доли углерода.



Химия. Решение задачи 18. Перспективный материал

Правильный ответ: YBa₂Cu₃O₇.

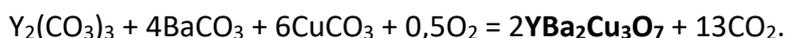
Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Для нахождения атомной массы металла А представим молекулу карбоната в виде A₂(CO₃)_n, где n – степень окисления металла А. Зная массовую долю кислорода в карбонате, получим выражение для атомной массы А: $M(A) = 0,5 \cdot \left(\frac{16 \cdot 3n}{0,4025} - (16 \cdot 3 + 12)n \right)$. При n = 3 получим M(A) = 88,88 г/моль, что соответствует иттрию (Y).

Бинарное соединение металла Б с кислородом необязательно должно быть оксидом. Представим его в виде B_nO_m. Тогда $M(B) = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{16m}{0,189} - 16m \right)$. При m = 2, n = 1 получаем BaO₂, Б = Ва.

Получение карбоната бария: 2BaO₂ + 2CO₂ = 2BaCO₃ + O₂.

Очевидно, что карбонат Г, получаемый из голубого купороса – карбонат меди (II). Из условия следует, что ν(Y) : ν(Ba) : ν(Cu) = 1 : 2 : 3. Тогда ν(Y₂(CO₃)₃) : ν(BaCO₃) : ν(CuCO₃) = 1 : 4 : 6. Также из условия: V(CO₂) = 26V(O₂) ⇒ ν(CO₂) = 26ν(O₂). В итоге получим:



Химия. Решение задачи 19. Нестехиометричный сверхпроводник

Правильный ответ: 6,36.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 0,0636.

M(YBa₂Cu₃O₇) = 666 г/моль, однако в кристаллической решётке имеется 1% вакансий. Тогда в молекуле ΣM(O) = 0,99 · 7 · 16 г/моль = 110,88 г/моль ⇒ M*(YBa₂Cu₃O_{7-x}) = 664,88 г/моль.

Плотность $\rho = \frac{M \cdot Z}{N_A \cdot V_{кр}}$, V_{кр} = abc, Z = 1 (из рисунка).

$$\rho = \frac{664,84 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot (3,82 \cdot 3,89 \cdot 11,68) \cdot 10^{-24} \text{ см}^3} = 6,36 \text{ г/см}^3.$$

Химия. Решение задачи 20

Правильный ответ: U₃O₈.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Металл X = U (уран). Массовая доля кислорода в оксиде 100 % – 84,8 % = 15,2 %. Найдём соотношение атомов элементов в оксиде: 0,848/238 : 0,152/16 = 0,00356 : 0,0095 = 1 : 2,669 = 3 : 8. Формула оксида – U₃O₈.

Физика. Решение задачи 21. Губка для маркерной доски

Правильный ответ: 0,3.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,09$.

Когда доска вертикальна $\mu F_1 = mg$, когда доска под углом 45°

$$mg(\sin 45^\circ - \mu \cos 45^\circ) = \mu F_2.$$

Физика. Решение задачи 22. Осушение воздуха

Правильный ответ: 46.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,38$.

Относительная влажность воздуха определяется выражением

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%,$$

где p – парциальное давление паров воды, p_0 – давление насыщенных водяных паров.

По уравнению Клапейрона-Менделеева

$$p = \frac{mRT}{MV},$$

где m – масса газа, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, M – молярная масса газа, V – объём газа.

Следовательно,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{m_1 RT}{MV p_0} \cdot 100\% - \frac{m_2 RT}{MV p_0} \cdot 100\% = \frac{(m_1 - m_2) RT}{MV p_0} \cdot 100\%$$

Масса осушителя увеличилась из-за поглощённой воды. По условию увеличение составило 30% от исходной массы, то есть $30 \text{ г} \cdot 0,3 = 9 \text{ г} = 0,009 \text{ кг}$. Значит, 0,009 кг воды сконденсировалось, поэтому $m_1 - m_2 = 0,009 \text{ кг}$.

Таким образом,

$$\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{(m_1 - m_2) RT}{MV p_0} \cdot 100\% = 70\% - \frac{0,009 \cdot 8,314 \cdot 298}{0,018 \cdot 1,631 \cdot 3166} \cdot 100\% = 46\%.$$

Физика. Решение задачи 23. Гелиевый шар

Правильный ответ: 2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 .

По закону Архимеда шарик может взлететь, если

$$\rho_{\text{ш}} gV < \rho_{\text{SF}_6} gV$$

$$\rho_{\text{ш}} < \rho_{\text{SF}_6}$$

$$\frac{m_{\text{ш}} + m_{\text{He}}}{V_{\text{ш}}} < \frac{pM_{\text{SF}_6}}{RT}$$

$$\frac{m_{\text{ш}}}{V_{\text{ш}}} + \frac{pM_{\text{He}}}{RT} < \frac{pM_{\text{SF}_6}}{RT}$$

$$\frac{S_{\text{ш}}n}{V_{\text{ш}}} < \frac{p}{RT} (M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})$$

$$\frac{4\pi r^2 n}{\frac{4}{3}\pi r^3} < \frac{p}{RT} (M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})$$

$$r < \frac{3nRT}{p(M_{\text{SF}_6} - M_{\text{He}})}$$

Таким образом, наименьший радиус шарик должен быть равен 2 см.

Физика. Решение задачи 24. Два газа

Правильный ответ: 8.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,2$.

Согласно первому закону термодинамики

$$Q = \Delta U + p\Delta V$$

Для аргона (одноатомного газа)

$$Q = \Delta U + p\Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5 pV \Delta T}{2 T_1} = \frac{5 pV (T_{\text{Ar}} - T_1)}{2 T_1}$$

Значит,

$$T_{\text{Ar}} = \frac{2QT_1}{5pV} + T_1$$

Для азота (двухатомного газа)

$$Q = \Delta U + p\Delta V = \frac{5}{2}vR\Delta T + vR\Delta T = \frac{7}{2}vR\Delta T = \frac{7pV\Delta T}{2T_1} = \frac{7pV(T_{N_2} - T_1)}{2T_1}$$

Значит,

$$T_{N_2} = \frac{2QT_1}{7pV} + T_1$$

Следовательно,

$$t_{Ar} - t_{N_2} = T_{Ar} - T_{N_2} = \frac{2QT_1}{5pV} + T_1 - \frac{2QT_1}{7pV} - T_1 = \frac{4QT_1}{35pV} = 8.$$

Физика. Решение задачи 25. Радиотерапия

Правильный ответ: 200.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 2 .

Зависимость концентрации от времени описывается законом радиоактивного распада

$$C(t) = C_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

где $C(t)$ – концентрация в момент времени t , C_0 – начальная концентрация, T – период полураспада.

Таким образом, через 45 суток концентрация ^{131}Cs составит

$$C = 5 \frac{\text{МКГ}}{\text{Л}} \cdot 2^{-\frac{45 \text{ сут}}{9,69 \text{ сут}}} = 0,2 \frac{\text{МКГ}}{\text{Л}} = 200 \frac{\text{НГ}}{\text{Л}}.$$

Физика. Решение задачи 26. Скорость электрона

Правильные ответы: $4,5 \cdot 10^5$ м/с, $4,0 \cdot 10^5$ м/с, $3,5 \cdot 10^5$ м/с.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Скорость фотоэлектронов можно вычислить по формуле Эйнштейна для фотоэффекта

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$$

где h – постоянная Планка, c – скорость света, λ – длина волны фотона, A – работа выхода электрона, m – масса электрона, v – скорость электрона.

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

Следовательно, минимальная скорость фотоэлектронов соответствует максимальной длине волны фотонов и равна $3,25 \cdot 10^5 \frac{m}{c}$, а максимальная скорость соответствует минимальной длине волны и равна $4,82 \cdot 10^5 \frac{m}{c}$. Таким образом, из предложенных величин скорость фотоэлектронов может принимать значения $3,5 \cdot 10^5 \frac{m}{c}$, $4,0 \cdot 10^5 \frac{m}{c}$ и $4,5 \cdot 10^5 \frac{m}{c}$.

Физика. Решение задачи 27. Спектр атома водорода

Правильный ответ: красный.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Энергия n-го энергетического уровня описывается выражением

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

где m_e – масса электрона, e – элементарный заряд, h – постоянная Планка, ε_0 – диэлектрическая постоянная, n – главное квантовое число.

При переходе электрона с 3-го на 2-ой энергетический уровень выделяется фотон с энергией

$$\Delta E = E_3 - E_2 = -\frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{3^2} + \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{2^2} = \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Его длина волны равна

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 656 \text{ нм}$$

Такой длине волны соответствует красный цвет.

Физика. Решение задачи 28. Электродвигатель

Правильный ответ: 4.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 .

Момент силы тяжести должен быть скомпенсирован моментом силы Ампера, действующей на прямоугольную рамку:

$$mgR = IalB \sin(90^\circ - 60^\circ), \quad I = \frac{mgR}{alB \sin 30^\circ}$$

Физика. Решение задачи 29. Столкновение шаров

Правильный ответ: 0,3 с.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

В результате абсолютно упругого соударения шариков одинаковой массы налетающий остановится, а шарик на пружине начнет колебания с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Повторное соударение произойдет через половину периода.

Физика. Решение задачи 30. Мостовая схема

Правильный ответ: 4,2.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 1,05$.

Условие баланса моста Уитстона:

$$R_1 R_x = R_2 R_3. R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}; R_x = \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{5 \text{ Ом}} = \mathbf{4,2 \text{ Ом}}.$$

Физика. Решение задачи 31. Синхротронный анализ

Правильный ответ: 2,25.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,0225$.

По закону Брэгга-Вульфа $2d \sin \theta = n\lambda$. $\lambda = c/v$; $n = 1$.

Тогда

$$d = \frac{nc}{2v \sin \theta}; d = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 1,95 \cdot 10^{18} \text{ Гц} \cdot \sin 20^\circ} = 2,25 \cdot 10^{-10} \text{ м} = \mathbf{2,25 \text{ \AA}}.$$

Физика. Решение задачи 32. Идеальный газ

Правильный ответ: Давление и внутренняя энергия максимальны в точке С.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Исходя из уравнения идеального газа $pV = \nu RT$, давление растет с ростом температуры и с уменьшением объема. Отсюда, давление максимально в точке С. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна температуре, максимум также в точке С.

Физика. Решение задачи 33. Линза

Правильный ответ: (-4, 1).

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Воспользуемся формулой тонкой линзы для рассеивающей линзы.

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$$

Отсюда получаем, что абсцисса изображения $x = -4$. Исходя из подобия, находим ординату: $y = \frac{-4}{-12} * 3 = 1$.

Физика. Решение задачи 34. Выключатель

Правильный ответ: 100 Ом.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах ± 1 . Ответ, выраженный в других единицах измерения – 0,1 кОм, также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Запишем закон Ома для двух конфигураций: с выключенными ключами и без.

1. Ключи разомкнуты.

$$50\Gamma + 20\Gamma + 10\Gamma = 6$$

Отсюда ток, протекающий через резистор 20 Ом $\Gamma = \frac{3}{40}$ А.

2. Ключи замкнуты.

$$50 * I + 20 * \Gamma = 6$$

Отсюда $I = 9/100$ А.

Для напряжения и тока на резисторах 20 Ом и R справедливо: $\Gamma R = 20\Gamma$ и $\Gamma R + \Gamma = I$.

Решая систему уравнений, находим R.

Физика. Решение задачи 35. Камера Вильсона

Правильный ответ: альфа-частица.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Запишем второй закон Ньютона в общем виде для всех частиц: $F_l = ma_{ц}$.

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

$$F_l = qvB,$$

однако, на частицы действует одинаковое магнитное поле, и они имеют одинаковую скорость при вылете. Тогда получим

$$mv = RqB \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{|q_1|m_2}{|q_2|m_1}.$$

Также известно, что $|q_2| = 2|q_1| \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2}{2m_1} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = 7302$.

Так как первая частица всегда выделяется при бета-распаде, очевидно, частица 1 – это электрон, 3 – позитрон. Частица 2 имеет в два раза больше заряд, значит, это либо ${}^3_2\text{He}$, либо ${}^4_2\text{He}$.

$m_2 = 7302m_e = 7302 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} = 6,6 \cdot 10^{-27}$ кг – масса альфа-частицы.

Значит, 2 – это **альфа-частица**.

Физика. Решение задачи 36. От Земли до Луны

Правильный ответ: 124.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Угловая скорость вращения Земли может быть найдена из периода обращения вокруг оси: $T = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$, $\omega = 2\pi/T \approx 7.272 \cdot 10^{-5} \text{ рад/с}$.

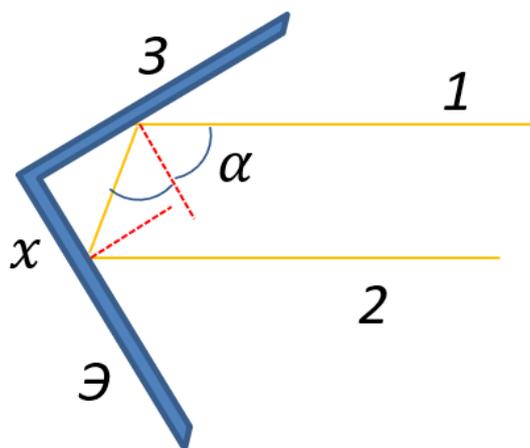
Угловой размер Луны: $31'05'' \approx 0.518^\circ \approx 0.009 \text{ рад}$.

Искомое время: $t = 0.009/\omega \approx 124 \text{ с}$.

Физика. Решение задачи 37. Интерференционное зеркало

Правильный ответ: 640.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.



Как следует из построения, разность хода лучей 1 (падающий на экран после отражения от зеркала) и 2 (непосредственно падающий на экран) равна: $\Delta = 2x \cos \alpha$, где x – расстояние от угла зеркала до точки падения лучей на экране. Условие конструктивной интерференции для двух лучей с разностью хода Δ :

$$\Delta = m\lambda \quad (m - \text{порядок максимума}).$$

Период интерференционной картины определяется разностью между положениями x_2 и x_1 на экране двух соседних максимумов с соответствующими порядками $(m + 1)$ и m :

$$P = x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{2 \cos \alpha} = 640 \text{ нм.}$$

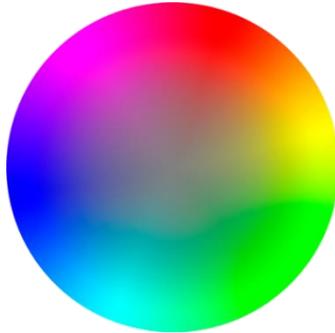
Физика. Решение задачи 38. Цветные пленки

Правильный ответ: синий.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются, вариант ответа «голубой» также считается правильным и оценивается на максимальный балл.

Из представленного спектра можно сделать вывод, что пленка характеризуется минимумом коэффициента отражения около 630 нм. Эта длина волны соответствует переходу от оранжевого к красному цвету (по диаграмме). Для определения цвета пленки необходимо воспользоваться понятием взаимно-дополнительных (комплементарных) цветов: такие пары цветов располагаются диаметрально противоположно на цветовом круге (см. рис.). Известно, что при смешении взаимно-дополнительных цветов образуется белый (т.е. естественный) свет. Верно и обратное: при «вычитании» из естественного света одного из пары взаимно-дополнительных цветов (а минимум в спектре отражения соответствует именно такому случаю) цвет объекта в отраженном естественном свете будет

восприниматься как дополнительный к «вычитаемому». Дополнительным к красно-оранжевому цвету является синий или сине-зеленый (голубой): оба варианта ответа оцениваются как верные.



Физика. Решение задачи 39. Капиллярный эффект

Правильный ответ: 58.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

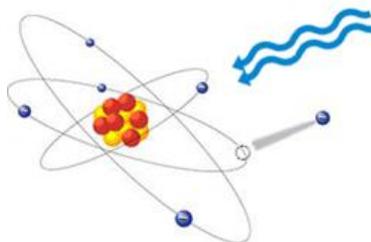
После открытия нижнего отверстия на столб воды в капилляре будут действовать две силы поверхностного натяжения (в верхней и нижней частях трубки), которые будут уравновешивать силу тяжести, действующую на столб, откуда высота столба:

$$H = \frac{8\sigma}{\rho g D} \approx 58 \text{ мм.}$$

Физика. Решение задачи 40. Энергия связи

Правильный ответ: 280.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.



Кинетическую энергию $E_{кин}$ вырванных электронов можно найти, исходя из закона сохранения импульса. При эмиссии электрона атом С получает импульс отдачи $p_{отд}$, равный по величине импульсу вырванного электрона. Используем связь между кинетической энергией отдачи и импульсом $p_{отд}$:

$$E_{\text{отд}} = \frac{p_{\text{отд}}^2}{2M_C}$$

где $M_C = 12.011$ а.е.м. – масса атома С. Тогда кинетическая энергия вырванных электронов:

$$E_{\text{кин}} = \frac{p_{\text{отд}}^2}{2m_e} = E_{\text{отд}} \frac{M_C}{m_e} \approx 1351.2 \text{ эВ}$$

Закон сохранения энергии для случая поглощения атомом С энергии квантов рентгеновского излучения ($E_{\text{кв}} = \frac{hc}{\lambda}$) с последующим испусканием электрона с учетом затраты энергии на разрыв связи электрона в атоме $E_{\text{св}}$ и кинетической энергии отдачи, которую получил атом С:

$$E_{\text{кв}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{отд}} + E_{\text{св}}$$

Откуда искомая энергия связи:

$$E_{\text{св}} = E_{\text{кв}} - E_{\text{кин}} - E_{\text{отд}} = \frac{hc}{\lambda} - E_{\text{отд}} \frac{M_C}{m_e} - E_{\text{отд}} \approx 1634.7 - 1351.2 - 0.0617 \approx 280 \text{ эВ}$$

Как можно заметить, при расчете энергии связи электронов кинетической энергией отдачи атомов можно пренебречь.

Математика. Решение задачи 41

Правильные ответы: 2024 вершины, 2024 шестиугольных грани.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1 балл. Максимальный балл – 1.

Любой фуллерен имеет четное число атомов, следовательно, фуллереновый многогранник может иметь 2024 вершины.

Фуллереновый многогранник может иметь любое число шестиугольных граней, превышающее 1, в том числе, 2024.

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 2024 не делится на три без остатка, данное утверждение неверно.

Математика. Решение задачи 42

Правильный ответ: 12.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Запишем уравнение

$$4(x^2 + x(x + 2) + (x + 2)^2) - 8 = 2024$$

$$x^2 + x(x + 2) + (x + 2)^2 = 508$$

$$x^2 + x^2 + 2x + x^2 + 4x + 4 = 508$$

$$3x^2 + 6x - 504 = 0$$

$$x^2 + 2x - 168 = 0$$

$$D = 4 + 4 \cdot 168 = 676$$

$$x = (-2 + 26)/2 = 12$$

Математика. Решение задачи 43

Правильные ответы: тетраэдра, треугольной призмы, квадратной призмы.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Разложим 2024 на множители: $2024 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 23$. Поскольку данное число нельзя представить ни как квадрат, ни как куб какого либо числа, то из 2024 атомов нельзя получить такие нанокластеры. В свою очередь, 2024 можно представить как $2^2 \cdot 506$, то есть, из этих атомов можно также сложить правильную квадратную призму.

Из 2024 атомов нельзя сложить треугольный нанокластер, так как это число нельзя представить в виде $x(x + 1)/2$ (треугольное число), зато можно представить как произведение треугольного числа — $22 \cdot 23/2$ — на 8, то есть, из 2024 атомов можно сложить нанокластер в форме треугольной призмы.

Также из 2024 атомов можно сложить треугольный кластер, так как это число представляется в виде $(x^3 + 3x^2 + 2x)/6 = x(x + 1)(x + 2)/6 = 22 \cdot 23 \cdot 24/6$ (тетраэдрическое число).

Математика. Решение задачи 44

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

1 ПБ = 1024 ТБ, тогда необходимый объем памяти равен $4 \cdot 1024 = 4096$ ТБ.

Это в $4096/256 = 16$ раз больше, чем текущая емкость SSD-диска. Поскольку емкость SSD-диска каждые три года увеличивается в четыре раза, то увеличение в 16 раз произойдет через $t = 3 \cdot \log_4(16) = 3 \cdot 2 = 6$ лет.

Математика. Решение задачи 45

Правильный ответ: 35.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

$$C_{4+3}^3 = \frac{7!}{3!4!} = 35.$$

Математика. Решение задачи 46

Правильный ответ: 0,001364.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,000068$.

Общее число вариантов сополимера **A₁₀B₁₀** составляет

$$N_{all} = C_{20}^{10} = \frac{20!}{10!10!} = 184756.$$

Для $n = 2$ находим $x = 5$, то есть, **NP-(A₅B₅)₂**, тогда число способов расположить 5 **A** в цепочке из десяти мономеров равно

$$N = C_{10}^5 = \frac{10!}{5!5!} = 252$$

и вероятность встретить регулярную структуру равна $P = 252/184756 \approx 0,001364$.

Математика. Решение задачи 47

Правильные ответы:

шар с диаметром 5 нм

куб с ребром 5 нм

цилиндр с диаметром 5 нм и высотой, равной диаметру

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Запишем формулы для расчета удельной площади поверхности наночастиц каждой формы:

- шар

$$S_{уд.шар} = \frac{S_{шар}}{m} = \frac{S_{шар}}{V_{шар}\rho} = \frac{4\pi r^2}{(4/3)\pi r^3\rho} = \frac{3}{r\rho} = \frac{6}{d\rho}$$

- куб

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

- цилиндр, $h = r$

$$S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi r^2 + 2\pi rh}{\pi r^2 h \rho} = \frac{4}{r\rho}$$

- цилиндр, $h = d$

$$S_{уд.цил} = \frac{S_{цил}}{m} = \frac{S_{цил}}{V_{цил}\rho} = \frac{2\pi(d/2)^2 + 2\pi(d/2)h}{\pi(d/2)^2 h \rho} = \frac{6}{d\rho}$$

Найдем коэффициент, отвечающий линейному размеру 5 нм:

$$S_{уд} \cdot a \cdot \rho = 400 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^6 = 6.$$

Такому значению коэффициента отвечают три варианта.

Математика. Решение задачи 48

Правильный ответ: 3.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 0,15$.

Пусть $D/d = x$, тогда площадь сечения нанорулона составляет $S = \pi(D^2 - d^2)/4 = \frac{\pi(x^2 - 1)}{4x^2} D^2$. Она равна площади сечения исходного слоя $S_2 = Lh$. По условию, $L/D = 10$, тогда получаем уравнение

$$\frac{\pi(x^2 - 1)}{4x^2} D^2 = 10Dh$$

$$\pi(x^2 - 1)D = 40hx^2$$

$$(\pi D - 40h)x^2 = \pi D$$

$$x^2 = \pi D / (\pi D - 40h)$$

$$x = \sqrt{\pi D / (\pi D - 40h)}$$

$$x \approx 3.$$

Математика. Решение задачи 49

Правильный ответ: 45.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Объем сферической частицы гидрогеля равен $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, ее масса $m = V\rho$.

Как следует из условия, масса поглотившей воду частицы равна сумме масс воды и исходной частицы гидрогеля: $m_2 = m_1 + m_v$.

Нам требуется найти отношение m_v/m_1 , обозначим его как x .

Тогда $V_2 = V_1 + V_v = V_1 + m_v/\rho_v = V_1 + xm_1/\rho_v = V_1 + xV_1\rho_1/\rho_v = V_1(1 + x\rho_1/\rho_v)$ и

$$\frac{4}{3}\pi r_2^3 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \left(1 + \frac{x\rho_1}{\rho_v}\right)$$

$$\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 = 1 + \frac{x\rho_1}{\rho_v}$$

$$x = \left(\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 - 1\right) \frac{\rho_v}{\rho_1} = (4^3 - 1) \frac{1}{1,4} = 45$$

Математика. Решение задачи 50

Правильный ответ: 47 нм.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 2,35$. Ответы, выраженные в других единицах измерения – 0,000047 мм; 0,0000047 см; 0,000000047 м, также считаются правильными и оцениваются на максимальный балл.

В сферической мицелле радиуса R объемом $V_M = \frac{4}{3}\pi R^3$ содержатся ионы палладия массой $m = cV = c \frac{4}{3}\pi R^3$.

Объем этого палладия в виде металла составляет $V = \frac{m}{\rho} = \frac{4\pi R^3 c}{3\rho}$.

В то же время, $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Следовательно,

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V\rho}{4\pi c}} = \sqrt[3]{\frac{4\pi r^3}{3} \cdot \frac{3\rho}{4\pi c}} = \sqrt[3]{\frac{\rho}{c}} \cdot r = \sqrt[3]{\frac{12}{25 \cdot 10^{-3}}} \cdot 3 = 23,5 \text{ нм}$$

и $D = 2R = 47 \text{ нм}$.

Математика. Решение задачи 51

Правильный ответ: 645.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Объемная доля масла равна отношению объема масла к суммарному объему масла и воды

$$\omega = \frac{V}{V_w + V_o} \cdot 100\% = \frac{V_o}{V} \cdot 100\%.$$

На куб со стороной d приходится $(1/8 \cdot 8 = 1)$ одна капля объемом $V_o = 4/3 \pi r^3$, что отвечает

$\omega = 0,1\%$. Тогда расстояние между центрами капель составляет

$$d = \sqrt[3]{\frac{V_o \cdot 100\%}{\omega}} = \sqrt[3]{\frac{4/3 \pi r^3 \cdot 100\%}{\omega}} = \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 100\%}{3 \cdot \omega}} r,$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4\pi \cdot 100\%}{3 \cdot 0,1}} r = 40 = 645 \text{ нм.}$$

Математика. Решение задачи 52

Правильный ответ: 58.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах $\pm 2,9$.

По определению, объемная доля металла \mathbf{B} равна $\omega = \mathbf{V}_B / (\mathbf{V}_A + \mathbf{V}_B) = \mathbf{V}_B / \mathbf{V}_{AB}$, где \mathbf{V}_A , \mathbf{V}_B , и \mathbf{V}_{AB} — это объемы металлов \mathbf{A} , \mathbf{B} и объем наночастицы целиком.

$$\text{Здесь } V_{AB} = \frac{4}{3} \pi r^3, V_A = \frac{4}{3} \pi r_A^3 = \frac{4}{3} \pi (r - d_B)^3 \text{ и}$$

$$V_B = V_{AB} - V_A = \frac{4}{3} \pi (r^3 - r_A^3) = \frac{4}{3} \pi (r^3 - (r - d_B)^3).$$

В то же время, $V_B = \omega V_{AB}$

$$\frac{4}{3} \pi (r^3 - (r - d_B)^3) = \omega \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r^3(1 - \omega) = (r - d_B)^3$$

$$r \sqrt[3]{1 - \omega} = r - d_B$$

$$r = \frac{d_B}{1 - \sqrt[3]{1 - \omega}}$$

Подставляя известные значения, получаем

$$r = \frac{2}{1 - \sqrt[3]{1 - 0,1}} = 57,95 \text{ нм} \approx 58 \text{ нм.}$$

Математика. Решение задачи 53

Правильный ответ: вычисляется по формуле $(a - 1)/2$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

По условию, нам необходимо вычислить число последовательных процедур удаления поверхностного слоя, которое приведет к тому, что вместо треугольной грани, на ребро которой приходится a атомов металла, мы получим всего один атом металла — вершину тетраэдра.

Рассмотрим нанокластер **A** как результат усечения тетраэдрического нанокластера **B**. Нанокластер **A** имеет форму правильного усеченного тетраэдра, на ребро которого приходится a атомов металла. Тогда на ребро нанокластера **B** будет приходиться $3a - 2$ атомов металла (из них a атомов металла приходится на ребро, принадлежащее двум шестиугольникам **A**, плюс по $a - 1$ атомов металла приходится на ребро каждого малого тетраэдра, отсекаемого от **B** при формировании **A**). При удалении поверхностного слоя длина ребра нанокластера **B** уменьшится на 4 атома металла, и для нанокластера **B'**, получившегося после этого удаления, она станет равной $3a - 2 - 4 = 3a - 6$ атомов металла.

Найдем, сколько атомов металла должно приходиться на ребра малых тетраэдров, которые необходимо отсечь от **B'**, чтобы получить **A'** — нанокластер, получающийся при полном удалении поверхностных атомов нанокластера **A**. Для этого сначала удалим в **A** только те атомы металла, которые принадлежат одной его треугольной грани. Это приведет к образованию нового треугольника, на ребро которого приходится $a + 1$ атомов металла, при чем те из них, что составляют периметр этого треугольника, также принадлежат поверхностному слою **A** и, следовательно, будут удалены. Значит, на ребро треугольной грани нанокластера **A'** после удаления всех поверхностных атомов придется $a + 1 - 3 = a - 2$ атомов металла. Таким образом, **A'** можно получить из **B'** отсечением малых тетраэдров, на ребро которых приходится $a - 3$ атомов металла. Отсекая их, получаем, что на ребро, принадлежащее двум шестиугольникам **A'**, будет приходиться ровно $3a - 6 - 2(a - 3) = a$ атомов металла.

Легко доказать, что полученная нами закономерность — сохранение длины ребра, принадлежащего двум шестиугольникам, но уменьшение числа атомов металла, приходящихся на ребро треугольной грани, при удалении поверхностного слоя атомов металла — справедлива для любых нанокластеров в форме усеченного тетраэдра.

Тогда, обобщая все написанное выше в виде таблицы, получаем:

Шаг	Ребро шестиугольник-треугольник, нанокластер A	Ребро нанокластера B	Ребро шестиугольник-шестиугольник, нанокластер A
0	a	$3a - 2$	a
1	$a - 2$	$3a - 6$	a
x	(1) вырождение A в B	$3a - 4x - 2 = a$	(a) вырождение A в B

Решая уравнение относительно x , получаем $x = (a - 1)/2$.

Математика. Решение задачи 54

Правильный ответ: вычисляется по формуле $b/4$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Каждое удаление поверхностных атомов уменьшает длину ребра основания на 3 атома, а высоту — на 2 атома. Обозначим число повторений удаления поверхностных атомов как x , тогда $\frac{b-2x}{b-3x} = 2$ и

$$x = \frac{b(2-1)}{b \cdot 2 - 2} = \frac{b}{4}.$$

Математика. Решение задачи 55

Правильный ответ: 10.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Запишем квадратное уравнение, отвечающее условию

$$4x^2 - 8x + 6 + 4(x+2)^2 - 8(x+2) + 6 = 10x^2 - 20x + 12$$

$$4(x+2)^2 - 8(x+2) = 6x^2 - 12x$$

$$4x^2 + 16x + 16 - 8x - 16 = 6x^2 - 12x$$

$$2x^2 - 20x = 0$$

$$x = 0 \text{ и } x = 10.$$

Математика. Решение задачи 56

Правильные ответы: куб, октаэдр.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Икосаэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 1$.

Квадратная пирамида — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 3$.

Куб — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 2$.

Октаэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 2$.

Тетраэдр — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 4$.

Треугольная бипирамида — при удалении поверхностных атомов получаем кластер с ребром $n - 3$.

Математика. Решение задачи 57

Правильные ответы: куб, равносторонняя шестиугольная призма, усеченный октаэдр.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/7 балла. Максимальный балл – 1.

При заполнении трехмерного пространства многогранниками без промежутков сумма двугранных углов многогранников, прилегающих к одному ребру, должна составлять 360° .

В правильном тетраэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 70^\circ 31' 44''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких тетраэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $5\varphi < 360^\circ < 6\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими тетраэдрами.

В кубе все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 90^\circ$, таким образом, размещая эти многогранники так, чтобы к любому ребру прилегало по 4 куба, мы заполним трехмерное пространство без зазоров ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$).

В правильном октаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 109^\circ 28' 16''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких октаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $3\varphi < 360^\circ < 4\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими октаэдрами.

В икосаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 138^\circ 11' 23''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких икосаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство икосаэдрами.

В додекаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 116^\circ 33' 54''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких додекаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство додекаэдрами.

В кубооктаэдре все двугранные углы при всех ребрах одинаковы и равны $\varphi = 125^\circ 15' 52''$, что ни в одной комбинации размещения нескольких кубооктаэдров вокруг одного ребра не позволяет получить ровно 360° : $2\varphi < 360^\circ < 3\varphi$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство кубооктаэдрами.

В равносторонней пятиугольной призме существует два типа двугранных углов: двугранные углы между квадратной и пятиугольной гранями равны $\varphi = 90^\circ$, а между двумя квадратными составляют $\gamma = 108^\circ$. Первые могут локально заполнить пространство вокруг ребра пятиугольного основания, для этого надо соединить 4 призмы попарно, сначала по квадратным граням, а затем по пятиугольным ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$). В свою очередь, величина угла γ не позволяет ни в одной комбинации размещения нескольких равносторонних пятиугольных призм вокруг их боковых ребер, ни самостоятельно, ни в комбинации с углами φ , получить ровно 360° : $3\gamma < 360^\circ < 4\gamma$. Следовательно, нельзя заполнить трехмерное пространство такими призмами.

В равносторонней шестиугольной призме существует два типа двугранных углов: двугранные углы между квадратной и шестиугольной гранями равны $\varphi = 90^\circ$, а между двумя

квадратными составляют $\gamma = 120^\circ$. Первые могут локально заполнить пространство вокруг ребра шестиугольного основания, для этого надо соединить 4 призмы попарно, сначала по квадратным граням, а затем по шестиугольным ($4 \cdot 90^\circ = 360^\circ$). Вторые углы, в свою очередь, могут локально заполнить пространство вокруг бокового ребра призмы, подобно тому, как на плоскости три равносторонних шестиугольника без зазоров соединяются в одной вершине ($3 \cdot 120^\circ = 360^\circ$). Комбинируя описанные способы заполнения, например, собирая равносторонние шестиугольные примы в бесконечные слои, помещаемые затем друг на друга, можно заполнить пространство без зазоров.

В равностороннем усеченном тетраэдре существует два типа двугранных углов: двугранные углы между двумя шестиугольными гранями равны $\varphi = 70^\circ 31' 44''$ (как в правильном тетраэдре), а между шестиугольной и треугольной гранями составляют $\gamma = 109^\circ 28' 16''$ (как в октаэдре). Как легко увидеть, эти углы дополняют друг друга до 180° : $\varphi + \gamma = 70^\circ 31' 44'' + 109^\circ 28' 16'' = 180^\circ$. Для наглядности этот факт можно проиллюстрировать, соединив шестиугольные грани двух равносторонних усеченных тетраэдров так, что ребро шестиугольник-шестиугольник одного из них будет соприкасаться с ребром шестиугольник-треугольник второго (см. рис. 1а, желтый и фиолетовый). Полученный при этом многогранник представляет собой ромбоэдр, у которого отсечены две вершины по большой диагонали. Попробуем продолжить сборку, можно заметить, что после «присоединения» к одному из первоначальных многогранников равносторонних усеченных тетраэдров по каждой из его шестиугольных граней, на стыке трех многогранников образуются двугранные углы, равные φ , но сформированные двумя треугольниками (рис. 1а), а не двумя шестиугольниками, как в равносторонних усеченных тетраэдрах. Этот факт не позволит продолжить единообразно присоединять следующие многогранники. Если же на время «забыть» про двугранный угол между двумя треугольниками и продолжить соединять равносторонние усеченные тетраэдры по шестиугольным граням, то окажется, что «забытые» треугольные грани в итоге ни с чем не соприкасаются и формируют в полученном заполнении пространства тетраэдрические полости. Также возможны иные варианты взаимного расположения усеченных ромбоэдров в пространстве (см. рис 1б), но ни один из них не позволяет заполнить трехмерное пространство без промежутков.

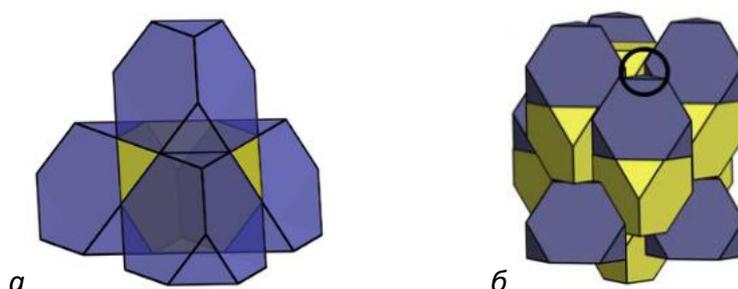


Рис. 1. а) Плотное объединение пяти равносторонних усеченных тетраэдров.
 б) Один из вариантов взаимного размещения усеченных ромбоэдров в пространстве.

В усеченном октаэдре существует два типа двугранных углов: двугранные углы между шестиугольными гранями равны $\varphi = 109^\circ 28' 16''$ (как в октаэдре), а между шестиугольной и квадратной гранями составляют $\gamma = 125^\circ 15' 52''$ (как в кубооктаэдре). Эти углы можно скомбинировать так, чтобы в сумме получилось 360° :

$$\varphi + 2\gamma = 109^\circ 28' 16'' + 2 \cdot 125^\circ 15' 52'' = 360^\circ.$$

Складывая два равносторонних усеченных октаэдра так, чтобы соединились их квадратные грани (оранжевые, см. рис. 2), мы возле всех четырех ребер этих граней получаем 2γ

заполненного пространства, в свою очередь, оставшееся возле них место заполняется еще четырьмя равносторонними усеченными октаэдрами, по одному на каждое ребро (синие, на рис. 2 для наглядности один из них отсутствует, а место для его размещения подсвечено зеленым). Продолжая размещать равносторонние усеченные октаэдры в рамках данной логики, мы заполним трехмерное пространство без зазоров.

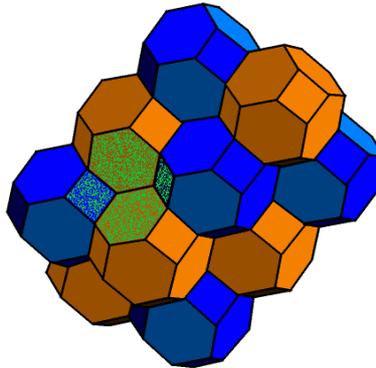


Рис. 2. Упаковка усеченных октаэдров в трехмерном пространстве.

Математика. Решение задачи 58

Правильный ответ: 60.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Изолированные пятиугольники, по определению, не имеют общих вершин. То есть, общее число вершин в таком фуллерене не может быть меньше $V \geq 5F_5 = 60$ (в любом многограннике, отвечающем фуллерену, ровно 12 пятиугольных граней).

Математика. Решение задачи 59

Правильный ответ: 6.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл.

Вариант текста программы на языке Pascal:

```
var
  a, b, c, calc: integer;
  d, d1, d2: real;
  name: string;
  txt: text;

begin
  d := 0;
  d1 := 0;
  d2 := 0;
  calc := 0;
  name := '4-cube.txt';
  // создаем файл name.txt
```

```
Assign(txt, name);
Rewrite(txt);
for a := 2 to 20 do
begin
  for b := 2 to 20 do
  begin
    for c := 2 to 20 do
    begin
      d := power(a, 3) + power(b, 3) + power(c, 3);
      d1 := power(d, 1 / 3);
      if power(round(d1), 3) = d then
      begin
        calc := calc + 1;
        writeln(txt, calc, ') ', d1, '^3 = ', a, '^3 + ', b, '^3 + ', c,
'^3');
        if d2 = 0 then
          d2 := d1
        else
          if d1 < d2 then
            d2 := d1;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;
writeln(txt);
writeln(txt, 'min: ', d2);
Close(txt); // закрываем файл
end.
```

Математика. Решение задачи 60

Правильный ответ: вычисляется по формуле $X \cdot 0,213 + 0,071$.

Критерии оценивания: за правильный ответ – 1 балл, допускается погрешность в расчетах 1%.

Длина нанотрубки, которая задается парой чисел $(n, 0)$, определяется числом «поясов» из шестиугольников, X , на которые ее можно мысленно разделить. На каждый такой пояс, кроме последнего, приходится $3/4$ большей диагонали углеродного шестиугольника, равной $2a = 2 \cdot 0,142$ нм.

Следовательно, длина УНТ составляет

$$L = (X - 1) \cdot 3/4 \cdot 2a + 2a = 1,5Xa + 0,5a = 1,5 \cdot X \cdot 0,142 + 0,5 \cdot 0,142 = 0,213X + 0,071 \text{ нм.}$$

Биология. Решение задачи 61. Вирусы

Правильные ответы:

вирусы поражают все типы организмов
есть вирусы, паразитирующие на вирусах
существуют вирусные частицы, которые содержат в своем составе РНК
некоторые штаммы особенных вирусов используют в антибактериальной терапии

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/4 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Вирусы всегда состоят из белков и нуклеиновых кислот – ДНК или РНК (поэтому правильный вариант – существуют вирусы, которые содержат в своем составе РНК). Не бывает вирусов, которые состояли бы только из белка или только из нуклеиновой кислоты. В настоящее время известны вирусы, которые поражают все живые организмы. В антибактериальной терапии используют особенные вирусы – бактериофаги, которые поражают определенные штаммы бактерий. В 2008 году впервые были открыты и описаны вирофаги – вирусы, паразитирующие на других вирусах. Так, есть вирус-вируфаг Спутник, который для своей мультипликации («размножения») использует геном другого вируса (гигантского мамавируса), оба вируса поражают амёб, причем размножение вирофага замедляет мультипликацию своего вируса-«хозяина».

Биология. Решение задачи 62. Как боролись с гемофилией

Правильные ответы:

Переливание крови
Введение в рану яичного белка

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/2 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Переливание крови. Переливание крови в то время уже практиковали, хотя группы крови и не были до конца открыты. Но уже существовали универсальные доноры, которые приезжали по запросу в больницу и сдавали свою кровь. Некоторые врачи того времени рекомендовали переливание крови как средство, облегчающее гемофилию.

Инъекция хлорида кальция. Кальций крайне необходим для нормального свертывания крови, но у гемофиликов проблема не в его недостатке.

Внутривенное введение физиологического раствора. Введение физраствора прекрасно показало себя для пациентов с большими кровопотерями, но для лечения гемофилии не подходит.

Введение в рану яичного белка. При введении в рану яичного белка, иммунная система пациента начинает его атаковать и спекает его в плотный комок, который закупоривает сосуды как тромб. Очень жестко, в качестве срочной меры подходит.

Просто подождать. Если бы проблема решалась тем, что надо просто подождать, то она не была бы проблемой.

Введение в кровь пациента выделенного из крови здоровых людей недостающего белка. В 1910 году – без шансов.

Биология. Решение задачи 63. Кислородная катастрофа

Правильный ответ:



Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Именно появление фотосинтезирующих организмов послужило причиной увеличения содержания в атмосфере кислорода.

Биология. Решение задачи 64. Кровеносная система

Правильные ответы: легочная артерия, правое предсердие, правый желудочек.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Венозная кровь находится в правой половине сердца: в правом предсердии, куда кровь поступает от всех органов, кроме легких, после газообмена и выделения в тканях кислорода; в правом желудочке, куда кровь поступает из правого предсердия перед тем, как попасть в легочную артерию, несущую венозную кровь – кровь с низким содержанием кислорода – в легкие для последующей оксигенации.

Биология. Решение задачи 65. Необычная окраска

Правильные ответы:



Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/5 балла. Максимальный балл – 1.

Именно в данных случаях цвет обусловлен не пигментами, а особыми наноструктурными элементами на крыльях бабочки, раковине и крыльях сороки, на которых происходит дифракция света.

Биология. Решение задачи 66. Необычные митохондрии

Правильные ответы:

Фиксация углекислого газа
Фоторецепция
Образование веретена деления

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/7 балла. Максимальный балл – 1.

В митохондриях нет фиксации углекислого газа. Фиксация CO₂ происходит только в так называемой темновой фазе фотосинтеза – при синтезе углеводов.

Митохондрии не обладают фоторецепцией. Фоторецепция – это особое уникальное свойство светочувствительных клеток, реализуемое при помощи специальных мембранных комплексов с белком родопсином.

Митохондрии напрямую не участвуют в образовании веретена деления.

Все остальные функции присущи митохондриям.

Биология. Решение задачи 67. Особенности метаболизма

Правильный ответ:



Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Ответ – эритроцит. Только у эритроцитов нет митохондрий, и они получают АТФ только за счет гликолиза.

Биология. Решение задачи 68. Полимеры в организме

Правильные ответы: гликоген, кератин, рибонуклеиновая кислота.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/4 балла. Максимальный балл – 1.

Полимерами из всех перечисленных веществ являются те молекулы, которые состоят из «мономерных» звеньев – более простых молекул, соединенных между собой ковалентными связями. Из всех перечисленных веществ это гликоген (полимер глюкозы), кератин (полимер аминокислот) и рибонуклеиновая кислота – сложный полимер, представляющий собой нуклеозидфосфатные звенья, соединенные фосфодиэфирной связью. Остальные перечисленные молекулы являются «простыми».

Биология. Решение задачи 69. Раковые клетки

Правильные ответы:

Активируется гликолиз

Усиливаются процессы транскрипции и трансляции

Ингибируется окислительное фосфорилирование

Клетки более активно делятся

Подавляется распознавание и уничтожение раковых клеток иммунными клетками

Изменяется морфология клеток

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/6 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Действительно, в клетках основным источником АТФ становится гликолиз, при этом процессы окислительного фосфорилирования (образования АТФ в митохондриях) подавляются. В клетках идут активная транскрипция генов и трансляция мРНК, необходимые для поддержания активного деления и роста раковых клеток. Раковые клетки подавляют иммунный ответ на них от клеток иммунной системы. Опухолевые клетки всегда имеют другую морфологию по сравнению с нормальными клетками, что связано с их быстрым делением и потерей обычных функций.

В раковых клетках синтез белков не замедляется, а, наоборот, усиливается. Продолжается синтез липидов, так как они необходимы для построения мембран. В раковых клетках существенно снижено количество активных форм кислорода, в частности, из-за ингибирования работы дыхательной цепи митохондрий.

Биология. Решение задачи 70. Растяжение паутины

Правильный ответ: за прочность – вторичная, за эластичность – третичная.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

За прочность отвечают бета-складчатые структуры. Бета-складки – это элемент вторичной структуры белка. Вторичная структура образована водородными связями между атомами белкового остова. За растяжимость отвечают неструктурированные петли, которые образуют различные связи с участием радикалов аминокислот. Третичная структура образуется между радикалами аминокислот в белке.

Биология. Решение задачи 71. Кислотность воды в водоеме

Правильные ответы:

Только на 10 день эксперимента рН среды стал изменяться

Вася был прав

Для того, чтобы в воде поселилось много водорослей, должно пройти больше времени, а также требуются фосфатные удобрения.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/6 балла. Максимальный балл – 1.

У воды, которую взяли для эксперимента, кислотность изначально не была нейтральной. *Неверно.* У воды, которую взяли для эксперимента, кислотность изначально не была нейтральной. Дело в том, что повторы в измерениях нужны, чтобы снизить ошибку прибора (все измерительные приборы имеют ошибку измерения, даже термометр (обратите внимание, что сзади на градуснике указана точность измерения $\pm 0,х$, где $х$ – величина ошибки). Поэтому, для корректных измерений величин необходимо проводить измерения несколько раз, усреднять и учитывать доверительный интервал (критерий Стьюдента, метод наименьших квадратов).

Значение рН в водоеме со временем повысилось, и вода стала кислой. *Неверно.* рН в водоеме со временем ~~повысился~~ СНИЗИЛСЯ и стал кислым. Кроме того, ученики сделали неправильный вывод о значении рН (участники молодцы, если заметили нестыковку в рассуждениях героев задачи и значений рН, занесенных в таблицу).

Правильный ответ в данном случае — «Снижение рН → кислая среда». Вывод: ученики в условии задачи сделали неправильный вывод о изменении рН. Через месяц, вода в водоеме стала более кислой. Для правильного решения задачи необходимо воспользоваться шкалой рН, где 1-7 – кислая среда, 7-12 – щелочная среда, 7 – нейтральная среда.

Только на 10 день эксперимента рН среды стал изменяться. *Верно.* Для этого, надо посчитать среднее значение по всем измерениям в один из дней измерений и сравнить их. Получится, что только на 10 день величина рН будет составлять $5,68 \pm 0,17$. В дни 0-8 величина рН находится в пределах нейтрального рН.

Вася был прав. *Верно.* Азотная кислота может приводить к снижению рН в водоеме. Для более полного понимания вопроса рекомендуется ознакомиться с азотным циклом. Так, при попадании соединений азота в воду, происходит их разложение до аммиака, нитратов и нитритов, которые придают воде желтоватый (бурый) оттенок и вызывают ожог жабр у рыб. Именно поэтому, рыбы и предпочитали высовываться на поверхность, чтобы подышать (это заметил Петя, но не понял причины).

Для точности надо делать больше измерений pH. *Неверно*. Для точности достаточно делать 6 измерений pH.

После 8 дня эксперимента среда в водоеме стала сильнощелочной. *Неверно*. После 8 дня эксперимента среда в водоеме стала кислой.

Наташа была права. *Неверно*. Наташа не была права – pH в водоеме не зависит от минеральных примесей, которые могло принести с загрязнениями.

Для того, чтобы в воде поселилось много водорослей, должно пройти больше времени, а также требуются фосфатные удобрения. *Верно*

Рыбы глотали воздух с поверхности воды, потому что после льда на поверхности водоема в воде было низкое содержание кислорода. *Неверно*. Несмотря на отсутствие доступа воздуха к поверхности воды, растворенного кислорода достаточно для дыхания рыб.

Биология. Решение задачи 72. Скаффолд-технологии

Правильные ответы:

Жесткость (упругость) материала, из которого изготовлен скаффолд

Размер пор (пористость) трехмерного скаффолда

Прочность скаффолда

Химический состав поверхности скаффолда

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/4 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Жесткость (упругость) материала, из которого изготовлен скаффолд, и размер пор (пористость) трехмерного скаффолда – клетки обладают механочувствительностью и успешно растут на субстратах, подходящих им по жесткости и форме поверхности, для разных клеток эти требования могут быть разными. Для успешного создания трехмерной ткани клетки должны проникать в поры трехмерного каркаса, форма (кривизна) поверхности также может иметь значение.

Прочность скаффолда – прочность важна для замещения костной ткани.

Химический состав поверхности скаффолда – клетки чувствительны к химическому составу поверхности и наличию определенных функциональных групп.

Неправильные ответы: Цвет не важен, ультрафиолет и высокие температуры не встречаются внутри организма животных.

Биология. Решение задачи 73. Цветовое зрение

Правильные ответы: волк, морской гребешок, кубомедуза.

Критерии оценивания: за каждый правильный вариант ответа добавляется 1/3 балла, за каждый неправильный – вычитается 1/3 балла. Максимальный балл – 1.

Это вопрос про планирование эксперимента. Доктор Айболит ограничен в возможностях своим веком и своим статусом – доступа в современные лаборатории у него не было, поэтому эксперимент спланирован так, что результаты могут быть далеки от истины.

Волк – многие хищные видят мир черно-белым.

Жираф – травоядные видят мир цветным, им это нужно для оценки качества растений. Растения меняют цвет, когда высохли, плоды краснеют, когда созрели и т.д.

Морской гребешок видит свет и тень, но проблема тут другая. Гребешок – фильтратор, поэтому если ему показать его любимую еду – мутную воду с большим количеством мелких органических частиц, он не сделает ничего, чтобы выразить свои чувства к ней, как бы хорошо он ни видел. Но в нашем случае видит он плохо, поэтому результат эксперимента неожиданно совпал с правильным.

Пчела – насекомые, конечно, видят ещё и в ультрафиолетовом спектре, но можно подобрать такой цветок, который для нас и для пчелы выглядит одинаково. И по условию задачи, такой цветок доктор подобрал.

Щука, как и многие рыбы, имеет цветовое зрение и хорошо опознает блесну.

Кубомедуза известна своими сложными глазами, имеющими несколько разных светочувствительных белков. Одна беда, еду она опознает в основном химическими детекторами на щупальцах, а реагирует на нее только, когда еда уже коснулась щупальца. То есть, может быть, кубомедуза и видит картины Гогена во всей их полноте, но сообщить нам об этом не может. Поэтому в этом случае Айболит неизбежно получит неверный результат.

Биология. Решение задачи 74. Эластичность паутины

Правильный ответ: Ловчая нить втягивается в капельки клея, внутри капли спирально располагается длинный фрагмент нити, поэтому нить укорачивается.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Нить ловчей сети перекручена, поэтому при ослаблении натяжения она скручивается в маленькие спиральки, а когда натяжение восстанавливается, спиральки раскручиваются – в спиральки паутина не скручивается, она покрыта клейкими капечками, если она скрутится, назад ее будет очень трудно развернуть.

Ловчая нить втягивается в капельки клея, внутри капли спирально располагается длинный фрагмент нити, поэтому нить укорачивается – да, есть такие исследования. Этот механизм добавляет эластичности паутине, хотя и собственная эластичность у нее очень неплохая.

Паук должен в таких случаях обслуживать паутину и подтягивать радиальные нити так, чтобы она висела ровно – очень нереалистичный вариант. Веточки качаются, паук как сумасшедший бегаёт и подтягивает, и подтягивает. Но скорости паука не хватит, чтобы реагировать на качание веточек.

Нет никакого дополнительного механизма, провисла и провисла, не беда, потом натянется – механизм есть, в варианте ответа 2 он описан. Если уж и это не помогло, проще сделать новую паутину, вдруг получится более удачно.

Биология. Решение задачи 75. Мутация в популяции

Правильный ответ: 0,55.

Критерии оценивания: за правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Если с мангустами после мутации ничего не произошло, а сократилась только их численность, то можно предположить, что энергия, необходимая для развития популяции мангустов, пропорционально сократилась на 20%.

В свою очередь, на других уровнях пирамиды, между которыми передается 10% энергии, также изменения после мутации будут составлять 20%. Если изменения в злаках проявились только как изменения вкуса, т.е. не сказались на урожайности и численности злаков, то можно предположить, что уменьшение полезной энергии после мутации обусловлено появлением неупотребляемых злаков с горьким вкусом, доля которых пропорциональна количеству энергии. Было 100% съедобных злаков, их количество сократилось на 20%, т.е. стало 80% от исходного, а 20% злаков по-прежнему растут, но не употребляются в пищу. Значит 20% злаков в популяции несъедобные.

Воспользуемся правилом Харди-Вайнберга

$$p + q = 1, p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

p – частота встречаемости аллеля **A**; q – частота встречаемости аллеля **a**.

q^2 – доля злаков с горьким вкусом $q^2=0,2$, тогда $q=0,45$, а $p= 0,55$

Таким образом, частота встречаемости немутированного аллеля (**A**) в популяции злаков составляет 0,55.

Биология. Решение задачи 76. Угадай семейство

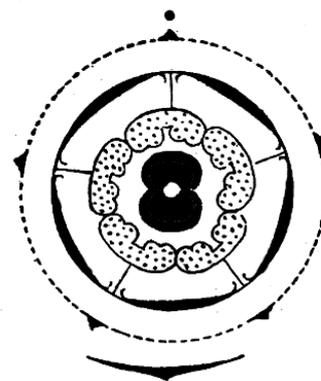
Правильные ответы:



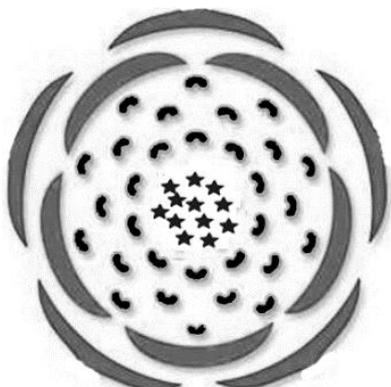
Крестоцветные (*Brassicaceae*)



Лилейные (*Liliaceae*)



Астровые (*Asteraceae*)



Розовые (*Rosaceae*)



Злаковые (*Poaceae*)



Пасленовые (*Solanaceae*)

Критерии оценивания: за каждое правильно найденное соответствие добавляется 1/6 балла, неправильные варианты не оцениваются. Максимальный балл – 1.

При выборе правильного решения необходимо было ориентироваться на приведенное изображение цветка (расположение лепестков, пестиков и тычинок и их количества) и известную из программы по биологии формулу цветка для каждого из перечисленных семейств.

Биология. Решение задачи 77. Аварийный рацион

Правильный ответ: 1,8.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

21 000 кДж – это 5000 ккал. То есть астронавту в сутки необходимо для поддержания работы организма и капсулы 6900 ккал в сутки, или 13 800 ккал за двое суток. Гликоген даст $0,6 \cdot 4200 = 2520$ ккал, остается $13800 - 2520 = 11280$ ккал. Это составляет 1,2 кг жировой массы. Итого: 0,6 кг гликогена + 1,2 кг жира = 1,8 кг. Это составляет немногим более 2%. Однако это изменение происходит в течение 2-х суток, кроме того эти изменения сопровождаются значительным уменьшением количества воды в организме, что может вызвать катастрофические последствия.

Биология. Решение задачи 78. Эры Земли

Правильный ответ: 2d; 3b; 3e; 4a; 4c.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

В задаче проверялись знания на деление эр по периодам и названия этих периодов. Необходимо было правильно указать, в какой эре был тот или иной период. Так, правильным ответом является вариант «Кайнозой – третичный период; Мезозой – Меловой период; Мезозой – Юрский период; Палеозой – Кембрийский период; Палеозой – Пермский период».

Биология. Решение задачи 79. Непереносимость лактозы в популяции

Правильный ответ: 0,5.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы составляет 0,5.

Для оценки воспользуемся формулой Харди-Вайнберга:

$$a^2+2ab+b^2=1$$

где a – частота встречаемости «нормального» аллеля, b – частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы. $a+b=1$ (мутация либо есть, либо нет). Процент популяции с непереносимостью лактозы определяется компонентом b^2 .

$$2ab + b^2=0,75$$

Доля здоровых людей составляет $1-0,75=0,25$ и определяется компонентом a^2

$$a^2=0,25$$

$$\text{тогда } a=0,5$$

Следовательно, частота встречаемости аллеля непереносимости лактозы составляет 0,5.

Биология. Решение задачи 80. Определи пептид

Правильный ответ: MATNDIS.

Критерии оценивания: правильный вариант ответа – 1 балл, неправильные не оцениваются.

Найдем иницирующий кодон:

CGAUA GCC ACA AAC GAU AUC UCG UGAUA

Иницирующим кодоном в данном случае является AUA. Поскольку он выступает в роли старт-кодона, то кодирует аминокислоту метионин (выделен желтым), как и «обычный» старт-кодон. После чего разделим последующие нуклеотиды на тройки и определим последовательность полипептидов до обнаружения стоп-кодона:

Метионин-аланин-треонин-аспарагин-аспарагиновая кислота-изолейцин-серин

Таким образом, искомое слово: **MATNDIS**