

Тест ЗНТШ (заочный тур)
Решение

1. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 1 – все три утверждения верны.

Бакибол – это усеченный икосаэдр. Он также является архимедовым телом, поскольку его грани – это правильные многоугольники двух типов. Первое утверждение также справедливо.

2. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 2 – правильная треугольная бипирамида.

Правильная треугольная пирамида – это правильный тетраэдр, правильная треугольная антипризма и правильная четырехугольная бипирамида – это октаэдр, скручено удлиненная правильная пятиугольная бипирамида – это икосаэдр, правильная четырехугольная призма – это куб.

3. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 3 – грифон.

Графан – двумерный материал, в котором один атом углерода связан с одним атомом водорода и тремя атомами углерода, результат взаимодействия графена с водородом.

Графен – двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом.

Грифон – мифическое существо с головой, когтями и крыльями орла и телом льва.

4. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 4 – в 1000 раз.

По определению удельной площади поверхности,

$$S_{уд} = \frac{S}{m} = \frac{S}{V\rho} = \frac{S_1 \cdot n}{V_1 \cdot n \cdot \rho} = \frac{S_1}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho} = \frac{6a^2}{a^3} \cdot \frac{1}{\rho} = \frac{6}{a} \cdot \frac{1}{\rho},$$

где **S**, **V** – площадь поверхности и объем всего материала, соответственно,

S₁, **V₁** – площадь поверхности и объем одной наночастицы,

n – число наночастиц в материале, **ρ** – плотность материала,

a – длина ребра кубической частицы.

Следовательно,

$$S_{уд2}/S_{уд1} = a_1/a_2:$$

при уменьшении **a** в 1000 раз величина **S_{уд}** увеличится также в 1000 раз.

5. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 5 – 125 нм².

Поскольку число транзисторов удваивается раз в два года, то к 2030-му году удваивание произойдет

$$(2030 - 2020)/2 = 5 \text{ раз}$$

и общее число транзисторов, приходящееся на $1 \text{ мм}^2 = 1 \cdot 10^{12} \text{ нм}^2$, будет равно

$$250 \cdot 10^6 \cdot 2^5 = 8 \cdot 10^9.$$

Тогда на один транзистор будет приходиться площадь, равная

$$1 \cdot 10^{12} / 8 \cdot 10^9 = 125 \text{ нм}^2.$$

6. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 6 – лимфоциты.

Лимфоциты являются разновидностью лейкоцитов и содержат несколько разных групп клеток. Они обеспечивают гуморальный иммунитет (образование антител), клеточный иммунитет и регулируют функционирование других иммунных клеток.

7. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 7 – ехидна.

Все перечисленные животные, кроме ехидны, относятся к сумчатым животным, они рождаются недоразвитыми и затем растут в сумке у матери, питаются молоком, выделяющимся из сосков. Ехидна относится к другой таксономической группе — к однопроходным млекопитающим, откладывающим яйца и вскармливающим детенышей молоком, выделяющимся на молочных полях (сосков ехидны не имеют).

8. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 8 – лилейные (*Liliaceae*).

Рисунок соответствует схеме цветка семейства лилейные.

9. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 9 – плоские черви.

Из всех перечисленных животных только у плоских червей отсутствуют кровеносная и дыхательная системы.

10. СОВСЕМ ПРОСТОЙ ВОПРОС 10 – ракообразных.

Из всех перечисленных животных только у ракообразных есть жабры, незамкнутая система кровообращения и отсутствуют почки, у остальных животных или вообще отсутствуют все перечисленные системы, или присутствуют другие типы дыхательной, кровеносной и выделительной систем.

11. ПРОСТОЙ ВОПРОС 11 – белые адипоциты.

Белые адипоциты содержат меньше всего митохондрий по сравнению с остальными перечисленными клетками, поскольку у них нет большой потребности в АТФ и основная их функция — запасание жиров.

12. ПРОСТОЙ ВОПРОС 12 – пили.

Пили — это специфические белковые нитевидные структуры, расположенные на поверхности многих бактерий. Пили существуют только у бактерий, у эукариот никогда не встречаются.

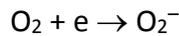
13. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 13** – процесс расщепления глюкозы на две молекулы пировиноградной кислоты.

Остальные варианты являются неполными или неверными.

14. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 14** – хемилюминесценция.

Хемилюминесценция — это люминесценция (свечение) тел или веществ, вызванная протеканием определенных химических реакций. На сухой или высыхающей рыбе размножались бактерии, химические реакции в которых приводили к появлению свечения.

15. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 15** – супероксид-анион радикал.



16. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 16** – это связано с более интенсивным накоплением электрического заряда на рёбрах и вершинах по сравнению с плоской поверхностью граней.

Интенсивность сигнала пропорциональна числу электронов.

17. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 17** – порами одной мембраны.

Для атомов размер великоват (десятки нанометров), для контактов – маловат. Мембрана – это единый объект с порами в своем составе. А интерференционные рефлексии здесь вообще ни при чем.

18. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 18** – наноалмаз.

В отличие от остальных перечисленных форм углерода, в наноалмазе все атомы, кроме поверхностных, связаны с 4 другими атомами.

19. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 19** – в отличие от истинного раствора, коллоидный раствор сильно рассеивает свет.

Коллоидный раствор может флуоресцировать, а может и нет, в зависимости от типа вещества, образующего раствор. Истинные растворы пропускают свет во всем или в части видимого диапазона. Коллоидные частицы в растворе могут быть видны или нет, в зависимости от размера. Общее свойство коллоидных растворов, в отличие от истинных, - сильное рассеяние света.

20. **ПРОСТОЙ ВОПРОС 20** – высокая электропроводность.

Здесь важны только механические свойства, к которым электропроводность не относится.

21. **ВОПРОС 21** – 6,5.

Указание: используйте формулу

$$\frac{P_{Al}}{P_{Cu}} = \frac{I_{Al}^2 \cdot \rho_{Al}}{I_{Cu}^2 \cdot \rho_{Cu}}$$

22. **ВОПРОС 22** – у частиц второго сорта в 3 раза больше радиус.

Указание: используйте формулу

$$R = \frac{mv}{qB}$$

23. **ВОПРОС 23** – $6,5 \cdot 10^3$ км/с.

Указание: используйте формулу

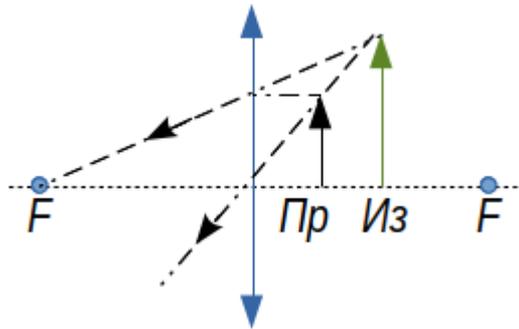
$$V = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

24. **ВОПРОС 24** – увеличится в 3 раза.

Даже при новой длине волны $\frac{hc}{\lambda} > A_{\text{вых}}$, тогда фотоэффект все ещё имеет место. А число выбитых электронов равно числу фотонов.

25. **ВОПРОС 25** – собирающей линзой, если предмет находится между фокусом и линзой.

Построение изображения приведено на рисунке, где F — фокус линзы, Pr -предмет, $Из$ — изображение. Такое изображение можно получить увеличительным стеклом.



26. **ВОПРОС 26** – 180.

Если внимательно проанализировать схему каркаса, приведенную на рисунке, то можно увидеть, что вершины, в которых сходится по 5 малых треугольников (обозначим их как А), образуют большой треугольник (В), составленный из девяти А.

«Достроенный» каркас, согласно условию, имеет симметрию икосаэдра и, следовательно, составлен из двадцати треугольников В. Таким образом, всего в нем

$$9 \cdot 20 = 180 \text{ треугольников А.}$$

При размещении атомов углерода в центре каждого треугольника А получается многогранник, имеющий только пяти- и шестиугольные грани, в каждой вершине которого сходится по три ребра, то есть, фуллерен C_{180} .

27. ВОПРОС 27 – 7474.

Однобитная ячейка может принимать только два значения, 0 либо 1. То есть, чтобы закодировать один нуклеотид, который может иметь одно из четырех значений, потребуется две однобитных ячейки памяти. Значит, для записи всего генома штамма вируса понадобится

$$29896 \cdot 2 = 59792 \text{ бит памяти,}$$

что составляет $59792/8 = 7474$ байта (в одном байте содержится 8 бит).

28. ВОПРОС 28 – в 1,4 раза меньше.

Масса фотонного кристалла равна произведению его объема на кажущуюся плотность:

$$m_a = V_a \rho_a \text{ и } m_b = V_b \rho_b,$$

тогда при равенстве объемов кристалла

$$m_b/m_a = \rho_b/\rho_a.$$

Обозначим плотность SiO₂ (материала, из которого сделаны микросферы) как ρ , а радиус микросфер – как r . Тогда кажущаяся плотность равна отношению массы микросфер, приходящихся на ячейку, к объему этой ячейки V_{1i} :

$$\rho_i = \frac{m_{1i}}{V_{1i}} = \frac{n_i V_{SiO_2}}{V_{1i}} \rho = \frac{n_i V_{SiO_2}}{x_i^3} \rho,$$

где n_i – число микросфер, приходящееся на одну ячейку, $V_{SiO_2} = 4/3 \pi r^3$ – объем одной микросферы, а x_i – длина ребра кубической ячейки.

Рассчитаем n_i .

$$n_a = 8(\text{вершин куба}) \cdot 1/8(\text{доля сферы}) = 1,$$

$$n_b = 8(\text{вершин куба}) \cdot 1/8(\text{доля сферы}) + 6(\text{граней куба}) \cdot 1/2(\text{доля сферы}) = 4.$$

Найдем x_i . Поскольку в случае (а) касание микросфер происходит на ребре кубической ячейки, то его длина равна $x_a = 2r$. В случае (б) касание микросфер происходит вдоль диагонали грани кубической ячейки. Следовательно, длина диагонали квадрата составляет $4r$, а длина его стороны – $x_b = 4r/\sqrt{2}$.

Тогда

$$\rho_a = \frac{1 \cdot 4/3 \pi r^3}{(2r)^3} \rho = \frac{\pi}{6} \rho \text{ и } \rho_b = \frac{4 \cdot 4/3 \pi r^3}{(4r/\sqrt{2})^3} \rho = \frac{\sqrt{2}\pi}{6} \rho.$$

Следовательно, масса кристалла (а) в $\rho_b/\rho_a = \sqrt{2} \approx 1,4$ раза меньше кристалла (б).

29. ВОПРОС 29 – 4.

Для начала найдем, как зависит число атомов, находящееся на поверхности кубического нанокластера, от числа атомов, приходящегося на его ребро. Если мы «снимем» этот слой, то у нас останется нанокластер в форму куба, на ребро которого приходится $n - 2$ атома металла (это легко проиллюстрировать, нарисовав атомы кубического кластера в виде последовательности слоев-квадратов и закрасив на них только атомы поверхностного слоя).

Тогда в поверхностном слое

$$SC(n) = n^2 - (n - 2)^2 = 6n^2 - 12n + 8 \text{ атомов.}$$

В тоже время, в тетраэдрическом нанокластере, на ребро которого приходится $n - 2$ атома металла, будет

$$Td(n - 2) = \frac{n^3 + 9n^2 + 26n + 24}{6} \text{ атомов.}$$

Приравнивая полученные выражения друг к другу, получаем следующее кубическое уравнение:

$$n^3 - 27n^2 + 98n - 24 = 0.$$

Любое целочисленное решение данного уравнения должно быть делителем его свободного члена. Проверяя все делители 24, видим, что только $n = 4$ удовлетворяет полученному уравнению.

30. ВОПРОС 30 – куб.

По определению удельной площади поверхности,

$$S_{уд} = \frac{S}{m} = \frac{S}{V\rho} = \frac{S_1 \cdot n}{V_1 \cdot n \cdot \rho} = \frac{S_1}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho},$$

где S, V – площадь и объем всего материала, соответственно,

S_1, V_1 – площадь поверхности и объем одной наночастицы,

n – число наночастиц в материале, ρ – плотность материала.

Найдем величину соотношения $\frac{S_1}{V_1}$ для каждой из форм.

$$\text{Шар } \frac{S_1}{V_1} = \frac{\pi d^2}{\pi d^3/6} = \frac{6}{d},$$

$$\text{куб } \frac{S_1}{V_1} = \frac{6a^2}{a^3} = \frac{6}{a},$$

$$\text{цилиндр } \frac{S_1}{V_1} = \frac{\pi d^2/2 + \pi d \cdot h}{\pi d^2/4 \cdot h} = \frac{\pi d^2/2 + \pi d^2}{\pi d^3/4} = \frac{6}{d},$$

То есть, при равенстве величины удельной площади поверхности диаметр шара равен диаметру и высоте цилиндра и равен ребру куба (обозначим такую величину как a).

Найдем размеры этих фигур как диаметр описанной сферы:

$$\text{шар: } D = a,$$

$$\text{куб: } D = a\sqrt{3} (\text{объемная диагональ}),$$

$$\text{цилиндр: } D = a\sqrt{2} (\text{диагональ квадратного сечения цилиндра}).$$

В порядке возрастания:

$$a < a\sqrt{2} < a\sqrt{3}.$$

Наибольший размер имеет куб.