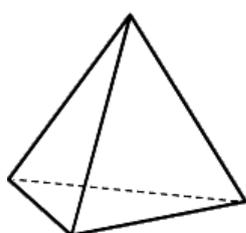


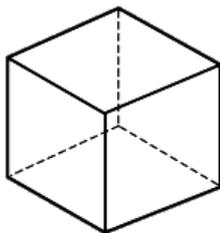
**Задания заключительного этапа  
Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2016/2017  
7-9 классы**

**Задача 1 (25 баллов).**

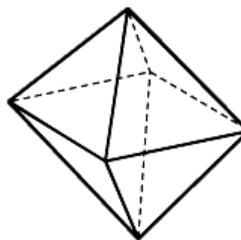
В диалоге «Тимей», написанном в середине 4 века до н.э., Платон изложил своё учение об атомно-молекулярном строении вещества. В основе учения Платона лежит представление о четырех видах материи: земле, огне, воздухе и воде. Каждому из четырех видов материи он сопоставил свой правильный многогранник, будучи убежденным, что для столь важной цели боги должны выбрать наиболее совершенные в эстетическом отношении фигуры. «Молекуле» огня он сопоставил тетраэдр, земли – куб, воздуха – октаэдр, воды – икосаэдр. В учении Платона излагался механизм их превращения друг в друга. При переходах «молекула» материи распадается на «атомы» - треугольники. Так, например, тетраэдр огня состоит из четырех равносторонних треугольников; куб земли состоит из шести квадратов, каждый из которых можно поделить на два равных треугольника. Треугольники, полученные после распада многогранников, могут соединяться в многогранники, соответствующие другим видам материи. Запишите все возможные «молекулы» (и их количество), которые могут получиться в результате распада одной «молекулы» воды. Длина ребер у всех многогранников одинакова.



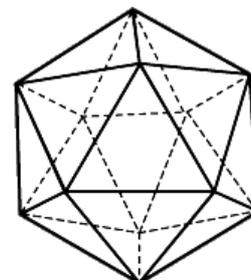
Тетраэдр



Куб



Октаэдр



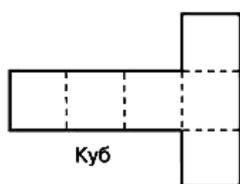
Икосаэдр

**Решение:**

На рисунке представлены развертки четырех правильных многогранников, о которых шла речь в задаче.



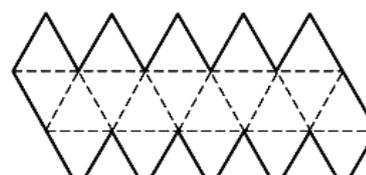
Тетраэдр



Куб



Октаэдр



Икосаэдр

Из рисунка видно, что «огонь» состоит из 4 равносторонних треугольников, воздух из 8, вода из 20.

Земля, которой соответствует куб, состоит из 6 квадратов. Каждый из квадратов можно поделить на два треугольника, но они не будут равносторонними. Таким образом, земля по теории Платона не могла участвовать в переходах между видами материи, т.к. состоит из других «атомов».

Возможность того или иного перехода определяется балансом количества треугольников, составляющих вещество.

Так, если у нас есть 1 молекула воды, т.е. 20 равносторонних треугольников, то ее можно представить в виде следующих комбинаций чисел 4 и 8:

$$20 = 5 \cdot 4$$

$$20 = 3 \cdot 4 + 8$$

$$20 = 2 \cdot 8 + 4$$

Записав эти соотношения в терминах «видов материи», получим, что

1 «молекула» воды = 5 «молекул» огня;

1 «молекула» воды = 3 «молекулы» огня и одна «молекула» воздуха;

1 «молекула» воды = 2 «молекулы» воздуха и одна «молекула» огня.

### Задача 2 (25 баллов).

Служба безопасности решила установить в здании банка световую сигнализацию. Она работает следующим образом. Есть источник света, из которого выходит тоненький луч. Множество раз отражаясь от нескольких зеркал, луч попадает на датчик света. Если в комнату кто-то незаконно проник, то, встав на пути луча, грабитель преграждает лучу путь, и на датчик не приходит достаточное количество света. В этом случае срабатывает сигнализация. В распоряжении сотрудников службы безопасности есть источник, который может испускать  $10^{20}$  частиц света в секунду, и датчик, в котором срабатывает сигнал тревоги, если на него поступает менее  $4 \cdot 10^{19}$  частиц света в секунду. Инженер предложил составить систему из обычных и полупрозрачных зеркал, расположив все элементы так, как показано на рисунке 1. Полупрозрачным зеркалом называется такое зеркало, которое половину падающих на него частиц отражает так же, как обычное зеркало, а вторая половина проходит его насквозь, не меняя направление своего движения (см. рисунок 2). Проверьте, не будет ли срабатывать сигнал тревоги, даже когда в комнате никого нет? На схеме обычное зеркало обозначается отрезком со штриховкой, а полупрозрачное - простым отрезком. Естественными потерями светового пучка пренебречь.

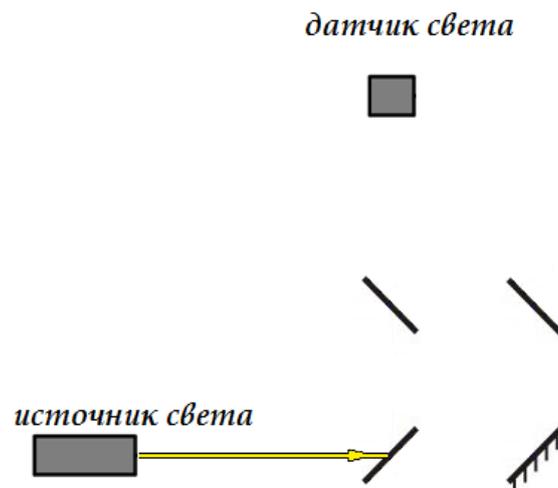


Рисунок 1. Схема, предложенная инженером для установки сигнализации в банке.

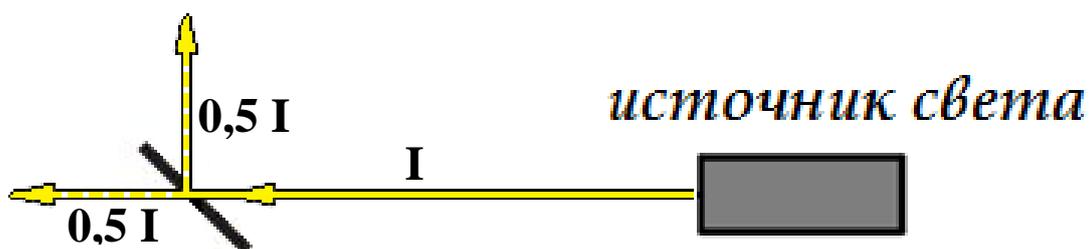
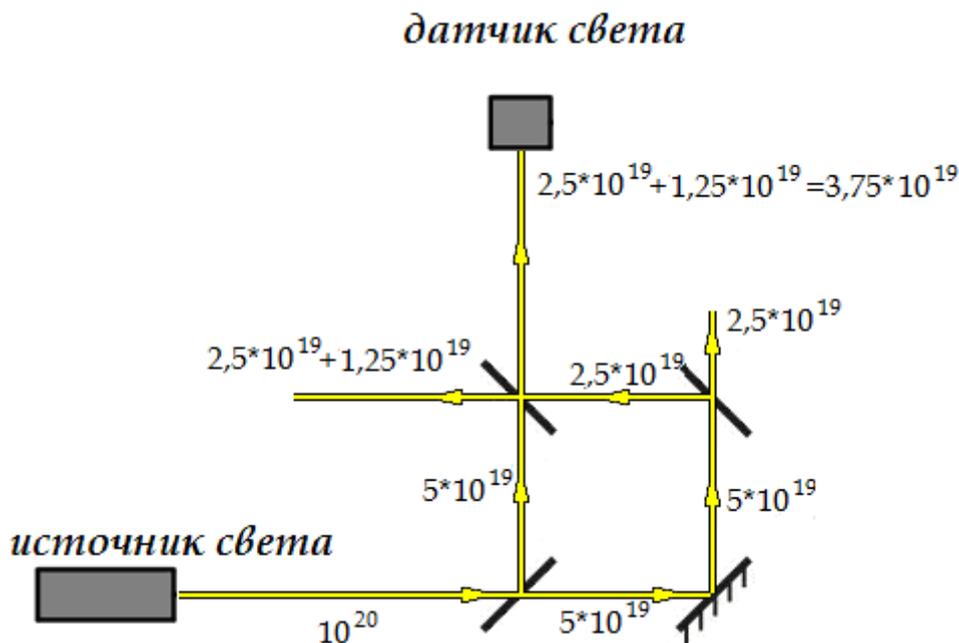


Рисунок 2. Прохождение луча света через полупрозрачное зеркало.

$I$  – интенсивность светового пучка

**Решение:**

На рисунке представлена схема движения лучей. Как видно, на датчик света будет поступать  $3,75 \cdot 10^{19}$  частиц света в секунду. Значит, в такой схеме будет срабатывать сигнал тревоги, даже когда в комнате никого нет. Использовать такую схему не стоит.



**Ответ: будет.**

**Задача 3 (25 баллов).**

Алексей Петрович сидит в гостях у друга и наблюдает в окно следующую картину: шпили Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова и Шуховской (Шаболовской) башни находятся на одном уровне. Определите, на каком этаже находится Алексей Петрович, если его друг живет по адресу: г. Москва, Крутицкая набережная (дом отмечен на карте флажком).



Для решения данной задачи вам понадобятся нижеследующие величины.

Высота Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова со шпилем — 240 м, высота основания Главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова над уровнем моря — 194 метра.

Высота Шуховской башни (Шаболовской телевизионной башни) — 160 метров. Высота основания Шуховской башни (Шаболовской телевизионной башни) над уровнем моря — 131 метр.

Высота основания дома, расположенного по адресу: г. Москва, Крутицкая набережная — 138 метров над уровнем моря.

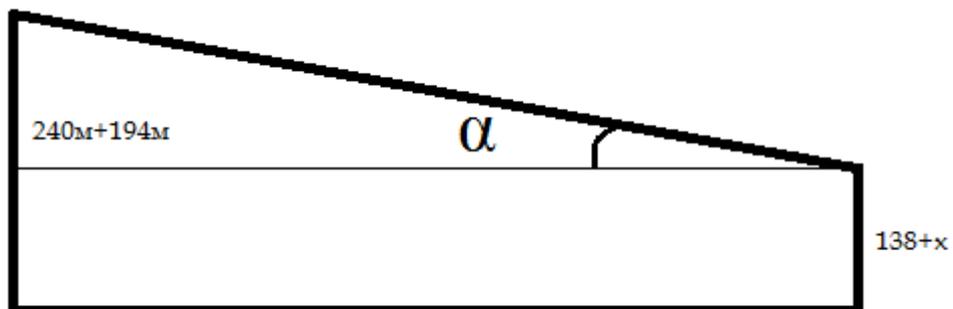
Высота каждого этажа — 3 метра.



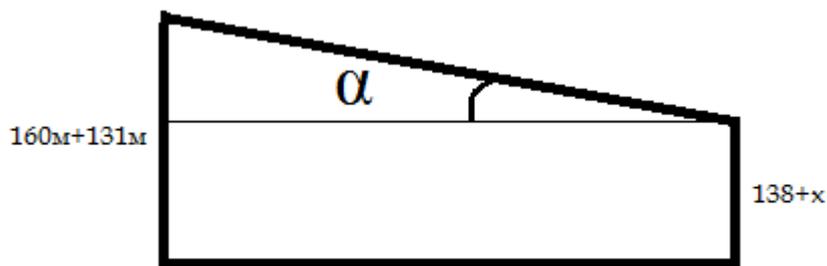
**Решение:**

Пусть  $h_1$  – высота (со шпилем) главного здания МГУ,  $H_1$  – высота основания главного здания МГУ над уровнем моря,  $h_2$  и  $H_2$  – соответствующие величины для Шуховской башни,  $H_0$  – высота основания здания на Крутицкой набережной над уровнем моря,  $x$  – высота над основанием дома, на которой находится Алексей Петрович,  $L_1$  – расстояние от дома на Крутицкой набережной до здания МГУ,  $L_2$  – расстояние от дома на Крутицкой набережной до Шуховской башни. Измеренное линейкой по карте расстояние  $L_1$  составляет 11,9 см,  $L_2$  – 4,3 см, а длина масштабной линейки, показывающей 800 м, равна 1,2 см. Поэтому действительные расстояния  $L_1$  и  $L_2$  составляют  $L_1 = (11,9/1,2) \cdot 800 \approx 7933 \approx 8000$  м и  $L_2 = (4,3/1,2) \cdot 800 \approx 2867 \approx 2900$  м.

То обстоятельство, что шпили главного здания МГУ имени М.В. Ломоносова и Шуховской башни кажутся расположенными на одном уровне, означает, что в точке наблюдения они имеют одну и ту же угловую высоту  $\alpha$  над горизонтом. Угловая высота шпиля ГЗ МГУ определяется соотношением  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_1 + H_1 - x - H_0}{L_1}$ , а угловая высота шпиля Шуховской башни – соотношением  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_2 + H_2 - x - H_0}{L_2}$ . Приравнивая эти две величины, получаем линейное уравнение на  $x$ , решением которого является  $x = \left( \frac{h_1 + H_1 - H_0}{L_1} - \frac{h_2 + H_2 - H_0}{L_2} \right) \frac{L_1 L_2}{L_2 - L_1} \approx 72$  м.



расстояние от ГЗ МГУ имени М.В. Ломоносова до Крутицкой набережной, 19



расстояние от Крутицкой набережной, 19 до Шуховской башни

Принимая, что высота одного этажа составляет 3 м, получаем, что Алексей Петрович находится на  $72/3 + 1 = 25$  этаже.

Ответ: на 25 этаже.

#### Задача 4 (25 баллов).

При нагревании азотной кислоты выделяется токсичный газ. Опасность этого газа для человека определяется числом выделившихся частиц. Вычислите, сколько молекул токсичного газа получится при разложении 17,01 г высококонцентрированной азотной кислоты. Предложите, как уменьшить число выделяемых молекул токсичного газа при перегонке азотной кислоты.

Для справки.

**Перегонка, или дистилляция** – процесс разделения жидких смесей на отличающиеся по составу фракции путём испарения жидкости с последующим охлаждением и конденсацией паров.

Разделение перегонкой основано на различной летучести компонентов смеси при одной и той же температуре.

Отогнанная фракция (дистиллят) обогащена относительно более летучим (кипящим при более низкой температуре) компонентом, а остаток неотогнанной жидкости – менее летучим (кипящим при более высокой температуре) компонентом.

#### Решение:

1. Реакция разложения азотной кислоты:



Токсичный газ –  $\text{NO}_2$ .

Рассчитаем, сколько моль азотной кислоты разложилось в ходе реакции:

$$n(\text{HNO}_3) = m(\text{HNO}_3) / \mu(\text{HNO}_3) = 0,27 \text{ моль}$$

Из уравнения реакции следует:

$$n(\text{NO}_2): n(\text{HNO}_3) = 4:4 = 1:1 \Rightarrow n(\text{NO}_2) = 0,27 \text{ моль}$$

Следовательно, число молекул  $\text{NO}_2$ , выделившихся в ходе реакции, равно:

$$N(\text{NO}_2) = n(\text{NO}_2) \cdot N_A \approx 1,63 \cdot 10^{23} \text{ молекул}$$

2. Добиться уменьшения числа выделяемых молекул токсичного газа при перегонке азотной кислоты можно, например, понижением давления в системе.

Ответ:  $1,63 \cdot 10^{23}$  молекул.