

## Олимпиада школьников «Ломоносов» по ГЕОЛОГИИ

## Заключительный этап (5-8 классы)

## Задание 1 (15 баллов).

Сигнал со спутника на принимающее устройство представляет из себя трехзначное число, в записи которого содержатся только 1 и 0. Алгоритм обработки сигнала работает по следующему правилу:

- 1) Вычисляет всевозможные попарные произведения поступивших сигналов.
- 2) Если произведение двух трехзначных сигналов есть пятизначный сигнал, то он расшифровывается, остальные варианты не запоминаются.

Приведите пример обработанного сигнала  $S = S_1 \times S_2$  сумма цифр которого равна произведению сумм цифр сигналов  $S_1$  и  $S_2$ .

**Решение:**  $11110 = 110 \times 101$

**Ответ:** 11110

## Задание 2 (20 баллов).

Далёкая звёздная система состоит из двух звёзд, которые под действием сил гравитационного притяжения друг к другу совершают равномерное движение по окружности радиусом  $R = 1530$  млн км, оставаясь всё время на концах её диаметра (см. рисунок 1). Для астрономов на Земле видимое движение каждой из звёзд представляет периодическое движение по отрезку  $AB$  на небосводе из одного крайнего положения в другое и обратно (см. рисунок 2). Наблюдения проводились ежегодно в одно и то же время в один и тот же день года, чтобы исключить влияние движения Земли вокруг Солнца на результаты наблюдений. На основе этих результатов было установлено, что время видимого движения одной из звёзд от точки  $A$  до точки  $C$  посередине отрезка  $AB$  составляет  $\tau_1 = 12$  лет 15 сут 13 ч 20 мин, а от точки  $C$  до точки  $B$  составляет  $\tau_2 = 12$  лет 15 сут 16 ч 10 мин. С какой скоростью свет от звёзд изучаемой звёздной системы распространяется в космосе?

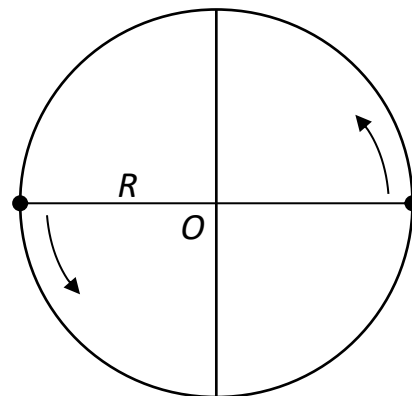


Рис. 1

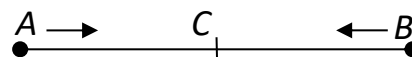


Рис. 2

## Решение

Обозначим через  $L$  расстояние от центра звёздной системы до Земли.

Пусть звезда находится в точке  $M$  в момент  $t_0$ . Свет от неё проходит до наблюдателя на Земле расстояние  $L$  за время, равное  $L/c$ , где  $c$  – скорость света. В момент  $t_1 = t_0 + L/c$  наблюдатель на Земле увидит звезду в точке  $A$ .

Пусть  $T$  – период обращения каждой из звёзд. Тогда в момент  $t_0 + T/4$  звезда окажется в точке  $N$ . Свет от неё пройдёт до наблюдателя на Земле расстояние  $L - R$  за время  $(L - R)/c$ . В момент  $t_2 = t_0 + T/4 + (L - R)/c$  наблюдатель на Земле увидит звезду в точке  $C$ .

Наконец, в момент  $t_0 + T/2$  звезда окажется в точке  $P$ . Свет от неё пройдёт до наблюдателя на Земле расстояние  $L$  за время  $L/c$ . В момент  $t_3 = t_0 + T/2 + L/c$  наблюдатель на Земле увидит звезду в точке  $B$ .

По условию задачи

$$\tau_1 = t_2 - t_1 = t_0 + T/4 + (L - R)/c - (t_0 + L/c) = T/4 - R/c,$$

$$\tau_2 = t_3 - t_2 = t_0 + T/2 + L/c - (t_0 + T/4 + (L - R)/c) = T/4 + R/c.$$

Тогда

$$\tau_2 - \tau_1 = 2R/c,$$

откуда

$$c = \frac{2R}{\tau_2 - \tau_1} = \frac{2 \cdot 1,53 \cdot 10^9 \text{ км}}{170 \cdot 60 \text{ с}} = 300 \text{ тыс. } \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

**Ответ:**  $c = 300$  тыс. км/с

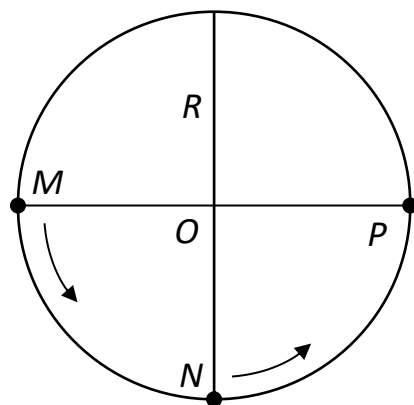


Рис. 1

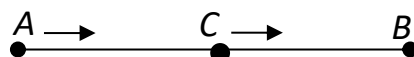


Рис. 2

## Задание 3 (15 баллов).

Расстояние между пристанями населенных пунктов Абакан и Саяногорск на реке Обь составляет 125,5 км. От этих пристаней отправляются навстречу друг другу катер и моторная лодка. Катер из Саяногорска выходит на 2 часа раньше моторной лодки из Абакана и идет против течения, скорость которого в 10 раз меньше его скорости. Собственная скорость моторной лодки 20 км в час, а катера - на 2,5 км в час больше. Когда и на каком расстоянии от пристаней моторная лодка встретится с катером?

### Решение:

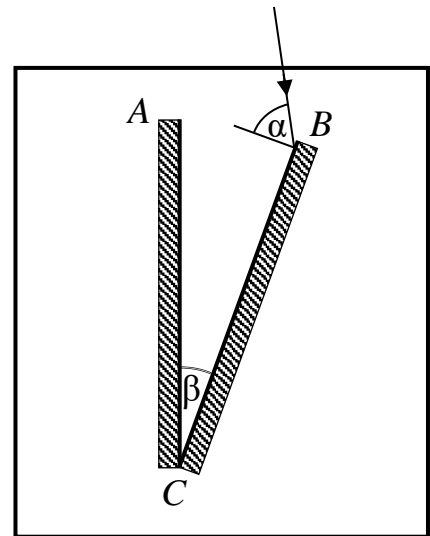
1.  $20 + 2,5 = 22,5$  (км/ч) – скорость катера.
2.  $22,5 : 10 = 2,25$  (км/ч) - скорость течения реки.
3.  $22,5 - 2,25 = 20,25$  (км/ч) - скорость катера против течения реки.

4.  $20,25 \cdot 2 = 40,5$ (км) - расстояние, который прошел катер к моменту начала движения моторной лодки.
5.  $125,5 - 40,5 = 85$ (км) - расстояние между катером и моторной лодкой к моменту начала движения теплохода.
6.  $20 + 2,25 = 22,25$ (км/ч) - скорость движения моторной лодки по течению реки.
7.  $20,25 + 22,25 = 42,5$ (км/ч) - скорость сближения.
8.  $85 : 42,5 = 2$ (ч) - время, через которое произойдет встреча.
9.  $22,25 \cdot 2 = 44,5$ (км) - прошла моторная лодка до встречи.
10.  $125,5 - 44,5 = 81$ (км) – прошел до встречи катер.

**Ответ:** Встреча произойдет через 2 часа. Моторная лодка прошла до встречи 44,5 км, катер- 81 км.

#### Задание 4 (20 баллов).

Два одинаковых квадратных плоских зеркала  $AC$  и  $BC$  установлены вертикально на горизонтальной поверхности стола. Угол между зеркалами  $\beta = 20^\circ$ . На зеркало  $BC$  у самого края падает горизонтальный узкий луч света (см. рисунок, вид сверху). Угол падения  $\alpha = 68^\circ$ . Сколько раз луч отразится от зеркал, прежде чем он выйдет из пространства между зеркалами?



#### Решение:

На рисунке 1 видно, что распространение луча  $DB$  между зеркалами  $AC$  и  $BC$  равносильно распространению воображаемого луча  $BE$ , лежащего на прямой  $DE$ .

Построим в горизонтальной плоскости окружность радиусом  $R = BC$  с центром в точке  $C$ . Луч  $BE$  пересечёт эту окружность в точке  $F$  (см. рисунок 2). Проведём в секторе  $BCF$  из точки  $C$  отрезки длиной  $R$  так, чтобы любые два соседних отрезка образовали угол  $\beta = 20^\circ$ . Тогда пересечение лучом  $BE$  очередного из этих отрезков означает очередное отражение исходного луча  $DB$  от зеркал в секторе  $ACB$ , а выход луча  $BE$  в точке  $F$  из круга радиусом  $R$  означает, что исходный луч  $DB$  вышел из сектора между зеркалами.

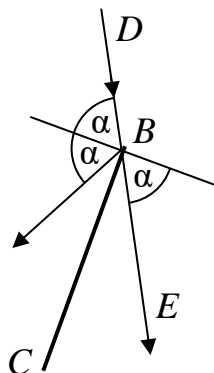


Рис. 1

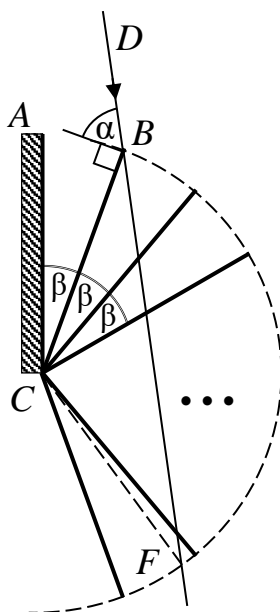


Рис. 2

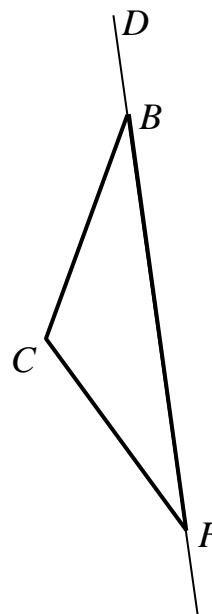


Рис. 3

Рассмотрим  $\triangle BCF$  (см. рисунок 3). Из условия следует, что  $\angle CBD = 90^\circ + \alpha$ . Из построения следует, что  $BC = CF = R$ . Тогда  $\angle CBF = \angle CFB = 90^\circ - \alpha$ . Следовательно,

$$\angle BCF = 180^\circ - 2(90^\circ - \alpha) = 2\alpha.$$

Тогда число пересечений лучом  $BE$  отрезков внутри  $\triangle BCF$  равно  $\left[ \frac{2\alpha}{\beta} \right]$ , где  $[x]$  — целая часть  $x$ . Добавим пересечение лучом  $BE$  отрезка  $BC$  в точке  $B$ . Тогда число отражений

$$N = \left[ \frac{2\alpha}{\beta} \right] + 1 = \left[ \frac{2 \cdot 68}{20} \right] + 1 = 7.$$

**Ответ:**  $N = 7$

### Задание 5 (15 баллов).

Какие полезные ископаемые используются в сельском хозяйстве и для чего?

**Ответ:** Важнейшим полезным ископаемым для сельского хозяйства является вода, которая необходима как для растений, так и для животных, особенно в условиях засушливого климата. В качестве удобрений и источников микроэлементов используют апатит (фосфорное удобрение), калийные и магниевые соли.

Некоторые полезные ископаемые используют для улучшения почв: песок и торф улучшают структуру почвы, доломит уменьшает кислотность, вермикулит регулирует влажность почвы. Реже минералы могут быть использованы для уничтожения вредителей и болезней — соединения бора, медный купорос и т.д.

### Задание 6 (15 баллов).

Перед Вами репродукция картины Льва Феликсовича Лагорио «У моря». Опишите геологические процессы, формирующие это побережье. Какие береговые формы рельефа изобразил художник?



**Ответ:** На картине изображено морское побережье. В его формировании участвовали такие экзогенные процессы, как: геологическая работа моря (преимущественно), ветра, выветривание и гравитационные явления. Для полного ответа на вопрос необходимо описать вклад всех четырех процессов.

Работа моря выражается в разрушении берега (абразии) и накоплении (аккумуляции) разрушенного материала. Сильные волны размывают берег, формируя отвесный уступ – клиф, который периодически обрушается. Одновременно море аккумулирует разрушенный материал и формирует широкий пляж, сложенный песчаным и галечным материалом.

Разрушение пород берегового уступа усиливается работой ветра (выдувание, механическое обтачивание переносимыми частицами), а также выветриванием. Ослабление прочности береговых уступов приводит к гравитационным явлениям – осыпям, обвалам.

## Олимпиада школьников «Ломоносов» по ГЕОЛОГИИ

## Заключительный этап (9-10 классы)

## Задание 1 (15 баллов).

Дренажный насос №1 осушает заболоченный участок заброшенного торфяного карьера за 4 часа. Через три часа после начала работы дренажного насоса №1, включили дренажный насос №2, который может осушить весь участок за 6 часов. За сколько часов был осушен весь участок торфяного карьера?

## Решение:

Примем весь объем участка за 1.

$$1) 1 : 4 = \frac{1}{4} \text{ (участка в час) скорость осушения участка Помпой1.}$$

$$2) 1 : 6 = \frac{1}{6} \text{ (участка в час) скорость осушения участка Помпой2.}$$

$$3) \frac{1}{4} \cdot 3 = \frac{3}{4} \text{ (участка) осушено Помпой1.}$$

$$4) 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4} \text{ (участка) осушено Помпой1 и Помпой2.}$$

$$5) \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{5}{12} \text{ (участка в час) скорость осушения участка Помпой1 и Помпой2 при одновременной работе.}$$

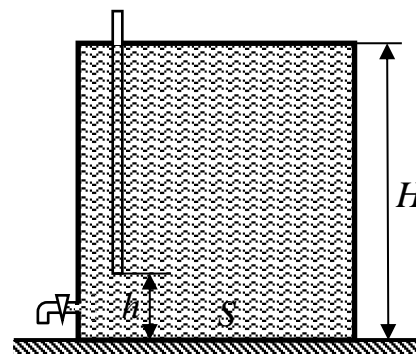
$$6) \frac{1}{4} : \frac{5}{12} = \frac{3}{5} \text{ (часа) потребовалось для заполнения } \frac{1}{4} \text{ участка через обе трубы.}$$

$$7) 3 + \frac{3}{5} = 3\frac{3}{5} \text{ (часа).}$$

**Ответ:** Весь участок был осушен за 3 часа 36 минут.

## Задание 2 (20 баллов).

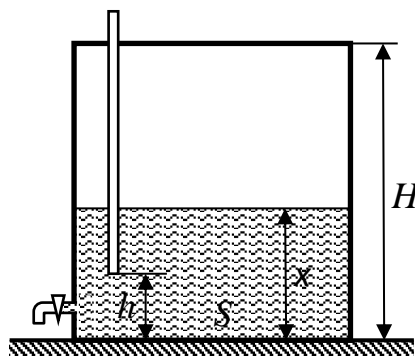
Нефть хранится на открытой площадке в герметически закрытой ёмкости цилиндрической формы высотой  $H = 10$  м и площадью основания  $S = 50 \text{ м}^2$ , в которую опущена труба небольшого диаметра, соединяющая ёмкость с атмосферой. Нижний конец трубы находится на высоте  $h = 1$  м над основанием ёмкости. В нижней части сосуда имеется кран, через который жидкость отбирается из ёмкости. Считая, что в исходном состоянии ёмкость была целиком заполнена нефтью (см. рисунок), определить количество воздуха, которое будет находиться в ёмкости к моменту, когда уровень нефти в ней за счёт отбора из крана опустится до высоты  $x = 3$  м. Плотность нефти  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ , температура воздуха



$t = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , атмосферное давление  $p_0 = 10^5\text{ Па}$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,31\text{ Дж/(К}\cdot\text{моль)}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10\text{ м/с}^2$ .

### Решение

Когда кран откроют, нефть из ёмкости сначала будет вытекать за счёт того, что будет понижаться уровень нефти в трубе. При этом основной объём ёмкости останется полностью заполненным нефтью, но давление нефти в ёмкости будет понижаться. Когда уровень нефти в трубе опустится до высоты  $h$  над основанием ёмкости, в ёмкость через трубу начнёт поступать атмосферный воздух, а нефть начнёт вытекать уже из объёма ёмкости.



С этого момента давление в нефти на высоте  $h$  над основанием ёмкости сохраняется равным атмосферному давлению  $p_0$ .

Давление воздуха в ёмкости равно давлению в нефти на высоте  $x$  над основанием ёмкости:

$$p_1 = p_0 - \rho g(x - h).$$

Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева,

$$pV = \nu RT,$$

количество воздуха в ёмкости над нефтью

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{p_1 V}{RT} = \frac{[p_0 - \rho g(x - h)] \cdot [S(H - x)]}{RT} = \\ &= \frac{[10^5 - 800 \cdot 10 \cdot (3 - 1)] \cdot [50 \cdot (10 - 3)]}{8,31 \cdot 300} \approx 11,8 \text{ кмоль}. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $\nu \approx 11,8\text{ кмоль}$

### Задание 3 (15 баллов).

При геологоразведке золоторудного месторождения три золотоискателя брали пробы грунта на местности. Первый отобрал  $1/4$  общего количества проб и еще 2 пробы; второй -  $1/4$  часть остатка и еще 5 проб; третий -  $1/4$  часть второго остатка и последние - 12 проб. Сколько всего проб грунта отобрали золотоискатели?

### Решение:

Обозначим за 1 сначала второй остаток, затем первый остаток, а потом общее количество проб.

$$1) \quad 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4} - \text{составляют последние 12 проб.}$$

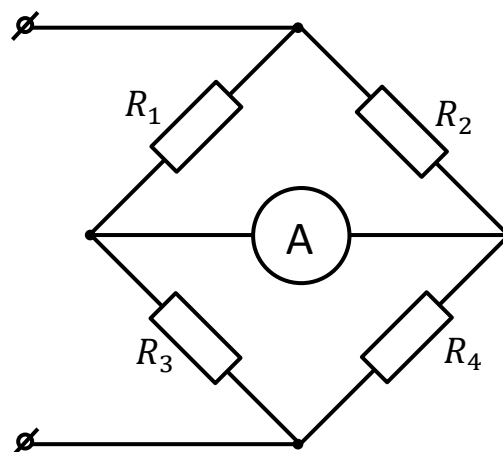
$$2) \quad 12 : \frac{3}{4} = 16 \text{ проб} - \text{составляет второй остаток (третий золотоискатель).}$$

- 3)  $1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$  - часть первого остатка.
- 4)  $16 + 5 = 21$  проб - составляют  $\frac{3}{4}$  первого остатка.
- 5)  $21 : \frac{3}{4} = 28$  проб - составляет первый остаток.
- 6)  $1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$  - часть всех проб.
- 7)  $28 + 2 = 30$  проб - составляют  $\frac{3}{4}$  всех проб.
- 8)  $30 : \frac{3}{4} = 40$  проб.

**Ответ:** Всего золотоискатели взяли 40 проб.

#### Задание 4 (20 баллов).

В цепи постоянного тока, показанной на рисунке, сопротивления резисторов:  $R_1 = 30 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 15 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 16 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 20 \text{ Ом}$ . По резистору  $R_1$  течёт ток  $I_1 = 0,3 \text{ А}$ . Какой ток протекает по амперметру А? Сопротивлением амперметра и проводов пренебречь.



#### Решение

Сопротивление амперметра считаем равным нулю. Поэтому на эквивалентной схеме заменим амперметр отрезком провода (см. рисунок).

Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  оказываются соединёнными параллельно, поэтому

$$U_{AB} = I_1 R_1 = I_2 R_2,$$

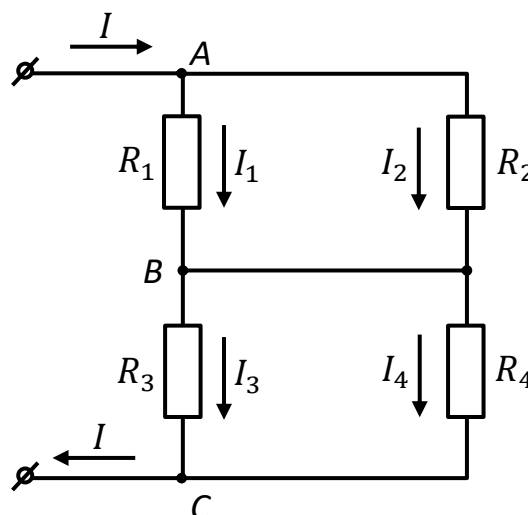
откуда

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}.$$

Аналогично

$$U_{BC} = I_3 R_3 = I_4 R_4,$$

откуда





$$I_4 = I_3 \cdot \frac{R_3}{R_4}.$$

Тогда общий ток

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 = I_1 \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = \\ &= I_3 + I_4 = I_3 \left( 1 + \frac{R_3}{R_4} \right). \end{aligned}$$

Отсюда

$$I_3 = I_1 \cdot \frac{1 + \frac{R_1}{R_2}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} = I_1 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_2}.$$

По амперметру протекает ток

$$\begin{aligned} I_A &= I_3 - I_1 = I_1 \left( \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_2} - 1 \right) = I_1 \cdot \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_2 (R_3 + R_4)} = \\ &= 0,3 \cdot \frac{30 \cdot 20 - 15 \cdot 16}{15 \cdot (16 + 20)} = 0,2 \text{ A}. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $I_A = 0,2 \text{ A}$

### Задание 5 (15 баллов).

Какие горные породы и минералы образуются при процессах выветривания? Какое они имеют практическое значение?

**Ответ:** Выветривание это – процессы физического и химического изменения горных пород и минералов главным образом на поверхности Земли. Основными факторами, воздействующими на горные породы, являются колебания температуры, химическое и механическое воздействие воды, льда, углекислоты, кислорода воздуха, организмов и др. Результатом их воздействия является преобразование горных пород и слагающих их минералов в более устойчивые. В результате физического выветривания твердые породы измельчаются, превращаются в щебень, песок и другие обломочные породы. В результате химического выветривания легкорастворимые вещества растворяются и выносятся, а труднорастворимые накапливаются, нередко формируя коры выветривания. В корах выветривания формируются такие полезные ископаемые, как глины (каолинит), бокситы (руды алюминия), лимониты (руды железа) и некоторые другие.

Легко подвергаются выветриванию сульфиды, формируя особые зоны окисления на рудных месторождениях. Накопление устойчивых к выветриванию минералов приводит к формированию россыпных месторождений золота, титана, циркония и некоторых других металлов.

Осадочный процесс минералообразования не относится к процессам выветривания и в ответах не учитывался.

### Задание 6 (15 баллов).

Что изображено на фотографии? Какие геологические процессы участвовали в формировании данной территории?



**Ответ:** На фотографии изображен каньон – узкая долина реки с крутыми отвесными бортами. На данной территории интенсивней всего проявлена геологическая работа реки, выраженная в первую очередь в прорезании русла, размыве и растворении горных пород. Каньоны формируются в результате интенсивной донной речной эрозии, которая преобладает над боковой, и характерны для территорий, испытывающих интенсивные поднятия. Растворенные или измельченные вещества переносятся рекой и откладывается (аккумулируются), в том числе в русле реки, формируя террасы и наносы.

Поскольку борта каньона крутые и сложены трещиноватыми породами, широко проявлены гравитационные процессы – осыпи, обвалы.

Упоминание процессов выветривания, работы ветра могут приносить дополнительные баллы.