

# LIV Всероссийская олимпиада школьников по физике I (школьный) этап г. Саратов

## Условия и решения

### 7 класс

1. В ювелирном деле вес драгоценных камней принято измерять в каратах (1 карат равен 0,20 г), а драгоценных металлов – в тройских унциях (1 тройская унция равна 31,1 г). Для изготовления кольца с бриллиантом использовано 0,08 тройских унций золота, при этом его масса составила 3,00 грамма. Определите массу бриллианта в каратах.

#### Решение

Масса золота в граммах составляет  $0,08 \cdot 31,1 = 2,488$  г. Тогда масса алмаза в граммах  $3,0 - 2,488 = 0,512$  г. В каратах это составляет  $0,512 / 0,2 = 2,56$  карат.

**Ответ:** 2,56 карат. Допускается округление до десятых.

*Критерии оценивания*

Найдена масса золота в граммах	4
Найдена масса бриллианта в граммах	3
Получен ответ	3

2. Поезд № 9 доходит от Саратова до Москвы за 14 часов 18 минут, а поезд № 137 – за 16 часов 35 минут. На сколько процентов средняя скорость поезда № 9 больше, чем поезда № 137?

#### Решение

Т.к. средняя скорость есть отношение всего пути ко всему затраченному времени  $v_{cp} = S/t$ , а пройденный поездами путь одинаков, то отношение их средних скоростей будет обратно пропорционально отношению потраченных времен  $v_9/v_{137} = t_{137}/t_9$  (1). Для расчета нужно перевести часы в минуты (или доли часа):  $t_9 = 858$  минут,  $t_{137} = 995$  минут. Тогда  $v_9/v_{137} \approx 1,16$ . Следовательно, скорость поезда № 9 больше скорости поезда № 137 на 16 процентов.

**Ответ:** на 16 процентов.

*Критерии оценивания*

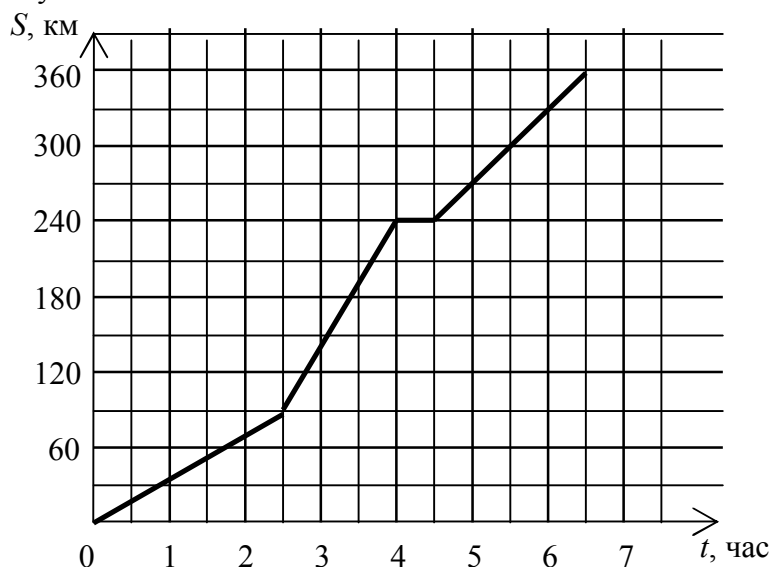
Получена формула (1) или аналогичное утверждение	4
Правильно переведены в минуты (секунды, доли часа) времена движения поездов:	
оба времени	3
только одно время	2
Правильно подсчитано их отношение	1
Получен ответ	2

*Рекомендации проверяющему:* 1. В качестве обоснования формулы (1) принимаются любые корректные рассуждения и/или выкладки. Если обоснование отсутствует, за формулу выставляется не более 2 баллов. 2. Если участник вычисляет отношение  $v_{137}/v_9 \approx 0,86$ , баллы за подсчет соотношения начисляются. Если при формулировке ответа участник считает проценты относительно большего времени (т.е. вычисляет, на сколько процентов время поезда 137 меньше времени поезда 9), баллы за ответ не начисляются.

3. Автотурист проехал 90 км со скоростью 36 км/ч, затем 150 км со скоростью 100 км/ч. После этого он остановился на обед, который продолжался 30 минут, а затем проехал еще 120 км со скоростью 60 км/ч. Постройте график зависимости его пути от времени.

### Решение

См. график на рисунке.



#### Критерии оценивания.

За каждый правильно построенный участок графика	2 балла (всего 8)
Наличие обозначений отложенных по осям величин	1
Наличие размерностей отложенных по осям величин	1

#### Рекомендации проверяющему:

1. За отсутствие пояснений к построению баллы не снижать, т.е. наличия только правильно построенного и оформленного графика достаточно для выставления 10 баллов.
2. При оценке участков графика из 2 баллов 1 ставится за качественный ход графика (большой или меньший, чем у других участков, угол наклона), еще 1 – за количественное построение, т.е. верные значения пути и времени, отложенные в едином для всего графика масштабе. Если записи участника не позволяют понять, каков используемый масштаб, баллы за количественное построение не ставятся.
3. При различном фактическом масштабе разных участков (т.е. если, к примеру, первый участок на оси времени занимает 2,5 клеточки, второй – одну, третий – одну и четвертый – две), следует в качестве верного принимать такой масштаб, при котором верно построенным окажется наибольшее число участков (в приведенном примере – первого и четвертого участков).

4. Однажды Вася пошел в гости к своему другу Пете, однако встретил его, пройдя  $2/3$  расстояния до его дома. Оказалось, что Петя также решил пойти в гости к Васе, но вышел на 5 минут позже, чем Вася. Каково расстояние между их домами, если оба ученика ходят со скоростью 6 км/ч?

### Решение

*1 способ.* Заметим, что Вася шел на 5 минут дольше Пети, а прошел на  $1/3$  расстояния между их домами больше. Тогда  $1/3$  расстояния между домами можно рассчитать, перемножив скорость движения на 5 минут (1), т.е.  $1/3$  расстояния равна  $6 \text{ км/ч} \cdot 1/12 \text{ часа} = 0,5 \text{ км}$ . Тогда все расстояние равно 1,5 км.

*2 способ.* Пусть  $v$  – скорость мальчиков,  $S$  – расстояние между домами,  $t$  – время, в течение которого шел Вася. Тогда можно записать уравнения для пути, пройденного Васей:

$2S/3=vt$  и Петей:  $S/3=v(t-\tau)$ , где  $\tau=5$  минут. Из этой системы уравнений можно найти  $S$  (например, вычитая их друг из друга).

**Ответ:** 1,5 км.

*Критерии оценивания*

<i>1 способ</i>	
Сформулировано утверждение (1) или эквивалентное ему	7
Получен ответ	3
<i>2 способ</i>	
Записана формула для пути Васи	2
Записана формула для пути Пети	3
Получен ответ	5

### 8 класс

1. Однажды Вася пошел в гости к своему другу Пете, однако встретил его, пройдя  $2/3$  расстояния до его дома. Оказалось, что Петя также решил пойти в гости к Васе, но вышел на 5 минут позже, чем Вася. Каково расстояние между их домами, если Вася ходит со скоростью 6 км/ч, а Петя – 4 км/ч?

#### Решение

Пусть  $v_v$  и  $v_p$  – скорости Васи и Пети,  $S$  – расстояние между домами,  $t$  – время, в течение которого шел Вася. Тогда можно записать уравнения для пути, пройденного Васей:  $2S/3= v_v t$  и Петей  $S/3= v_p(t-\tau)$ , где  $\tau=5$  минут. Исключая из этой системы уравнений время  $t$ , получим  $S=3$  км.

**Ответ:** 3 км.

*Критерии оценивания*

Записана формула для пути Васи	2
Записана формула для пути Пети	3
Получен ответ	5

2. Средний радиус Земли составляет 6400 км, а масса Земли равна  $6 \cdot 10^{24}$  кг. Оцените среднюю плотность Земли. Известно, что объем шара связан с его радиусом соотношением  $V=4\pi R^3/3$ .

#### Решение

По определению плотности  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{3m}{4\pi R^3}$ . Подставляя числовые значения, получим

$$\rho = \frac{3 \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,4^3 \cdot 10^{18}} \approx 5,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ:**  $5,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> (ответы в интервале от  $5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> до  $6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> следует засчитывать как верные).

*Критерии оценивания*

Записано определение плотности	2
<i>Если решение идет в общем виде:</i>	
записана окончательная формула в общем виде	2
Проведен подсчет	6
<i>Если решение идет последовательными вычислениями</i>	
Вычислен объем Земли	5
Получен ответ	3

3. Полярники, потерпев аварию, вынуждены были высадиться на льдину. Масса всех людей вместе с экипировкой 1250 кг. Какой должна быть масса льдины, чтобы люди и их вещи не намокли? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение**

Наименьшая масса льдины соответствует ситуации, при которой льдина полностью погрузилась в воду, но не утонула. При этом должно выполняться равенство сил тяжести и Архимеда, т.е.  $(m_{\text{льдины}} + m_{\text{полярников}})g = \rho_{\text{воды}} V_{\text{льдины}} g$ . Выражая объем льдины через плотность и массу  $V_{\text{льдины}} = m_{\text{льдины}} / \rho_{\text{льда}}$ , получим  $m_{\text{льдины}} = m_{\text{полярников}} / (\rho_{\text{воды}} / \rho_{\text{льда}} - 1)$ . Подставляя числовые значения, получаем  $m_{\text{льдины}} = 11250 \text{ кг}$

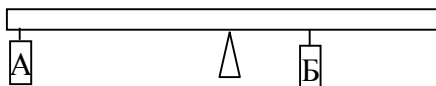
**Ответ:** не менее 11250 кг (ответ 11250 кг также засчитывать как верный).

*Критерии оценивания*

Записано условие плавания	4
Объем льдины выражен через массу и плотность	2
Получен ответ	4

*Указание проверяющему:* отсутствие массы льдины в условии плавания является физической ошибкой. При отсутствии других ошибок рекомендуется в этом случае оценивать решение в 4 балла (2 за условия плавания и 2 за связь объема льдины с ее массой)

4. Показанный на рис. рычаг находится в равновесии. Если массу груза А увеличить на 1 кг, то для сохранения равновесия груз Б придется сдвинуть вправо на 10 см. Определите массу груза Б, если расстояние от точки подвеса груза А до точки опоры составляет 50 см. Масса рычага много меньше масс грузов.



**Решение**

Пусть  $L=50 \text{ см}$ , а  $x$  – начальное расстояние от груза Б до точки опоры. Тогда правило равновесия рычага для первого случая имеет вид  $m_A L = m_B x$ , а для второго  $(m_A + 1 \text{ кг})L = m_B (x + 10 \text{ см})$ . Вычитая эти уравнения друг из друга, получим  $m_B = 5 \text{ кг}$ .

**Ответ:** 5 кг

*Критерии оценивания*

Записаны условия равновесия рычага в двух положениях	по 3 балла за каждое
Получен ответ	4

**9 класс**

1. Когда школьники возвращались с экскурсии на автобусе, ехавшем со скоростью 50 км/ч, пошел дождь и водитель снизил скорость до 40 км/ч. После того, как дождь закончился, до города оставалось 50 км, и водитель, увеличив скорость до 60 км/ч, приехал в город вовремя. Сколько времени шел дождь?

**Решение**

Пусть  $v_1=50 \text{ км/ч}$ ,  $v_2=40 \text{ км/ч}$ ,  $v_3=60 \text{ км/ч}$ ,  $S$  – расстояние от автобуса до города в момент начала дождя,  $T$  – продолжительность дождя,  $s=50 \text{ км}$ . Тогда, если бы автобус продолжал ехать с прежней скоростью, он бы доехал до города за время  $S/v_1$ . В действительности он доехал до города за время  $T+s/v_3$ . Т.к. по условию эти времена равны,  $S/v_1 = T+s/v_3$  (1). Также следует записать соотношение  $S=s+v_2 T$  (2). Соотношения (1) и (2) образуют систему двух уравнений с двумя неизвестными  $S$  и  $T$ . Исключая из нее  $S$ , находим

$$T = \frac{1-v_1}{v_1-v_2} s = 5/6 \text{ часа} = 50 \text{ минут.}$$

**Ответ:** 50 минут.

*Критерии оценивания*

Записано соотношение (1) или аналогичное	4
Записано соотношение (2) или аналогичное	2
Получен ответ	4

2. Полярники, потерпев аварию, вынуждены были высадиться на льдину. Масса всех людей вместе с экипировкой 1250 кг. Какой должна быть масса льдины, чтобы люди и их вещи не намокли? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ .

**Решение**

Наименьшая масса льдины соответствует ситуации, при которой льдина полностью погрузилась в воду, но не утонула. При этом должно выполняться равенство сил тяжести и Архимеда, т.е.  $(m_{\text{льдины}} + m_{\text{полярников}})g = \rho_{\text{воды}} V_{\text{льдины}} g$ . Выражая объем льдины через плотность и массу  $V_{\text{льдины}} = m_{\text{льдины}} / \rho_{\text{льда}}$ , получим  $m_{\text{льдины}} = m_{\text{полярников}} / (\rho_{\text{воды}} / \rho_{\text{льда}} - 1)$ . Подставляя числовые значения, получаем  $m_{\text{льдины}} = 11250 \text{ кг}$

**Ответ:** : не менее 11250 кг (ответ 11250 кг также засчитывать как верный).

*Критерии оценивания*

Записано условие плавания	4
Объем льдины выражен через массу и плотность	2
Получен ответ	4

*Указание проверяющему:* отсутствие массы льдины в условии плавания является физической ошибкой. При отсутствии других ошибок рекомендуется в этом случае оценивать решение в 4 балла (2 за условия плавания и 2 за связь объема льдины с ее массой)

3. В воду, температура которой  $20^\circ\text{C}$ , опустили нагретую до  $100^\circ\text{C}$  металлическую деталь. В результате вода нагрелась до  $30^\circ\text{C}$ . Какой станет температура воды, если после этого опустить в неё одновременно ещё 3 таких же детали? Потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

**Решение**

Пусть  $C_{\text{в}}$  – теплоемкость воды,  $C_{\text{д}}$  – теплоемкость детали,  $T_{\text{д}} = 100^\circ\text{C}$  – начальная температура детали,  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  – начальная температура воды,  $T_1 = 30^\circ\text{C}$  – температура воды после первого погружения,  $T$  – искомая температура

Тогда уравнения теплового баланса имеют вид

$$C_{\text{в}}(T_1 - T_0) = C_{\text{д}}(T_{\text{д}} - T_1) \quad (1)$$

$$(C_{\text{в}} + 3C_{\text{д}})(T - T_1) = 3C_{\text{д}}(T_{\text{д}} - T) \quad (2)$$

Второе уравнение можно переписать в виде  $C_{\text{в}}(T - T_1) = C_{\text{д}}(3(T_{\text{д}} - T) - (T - T_1))$ . Поделив его на (1), исключаем теплоемкости воды и детали и находим  $T = 49^\circ\text{C}$ .

**Ответ:**  $49^\circ\text{C}$

*Критерии оценивания*

Записано соотношение (1)	2
Записано соотношение (2)	3
Получен ответ	5

*Указания проверяющему:* 1. при отсутствии в уравнении (2) теплоемкости детали в левой части рекомендуется оценивать решение не выше 3 баллов. 2. Запись  $c_{\text{в}}m_{\text{в}}$  вместо  $C_{\text{в}}$  ошибкой не является.

4. Резистор сопротивлением 3 Ом подключен последовательно с неизвестным резистором к источнику постоянного напряжения. Известно, что если вместо резистора 3 Ом включить резистор 1 Ом, то выделяющаяся на неизвестном резисторе тепловая мощность увеличится в 4 раза. Определите сопротивление неизвестного резистора. Считайте, что напряжение источника не зависит от подключенного к нему сопротивления.

**Решение**

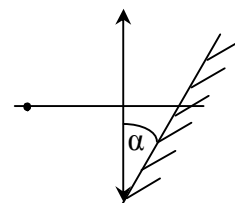
Пусть  $R$  – сопротивление неизвестного резистора,  $r = 3 \text{ Ом}$ ,  $U$  – напряжение источника. Тогда общее сопротивление цепи составляет  $R + r$ , поэтому в ней течет ток  $I = U / (R + r)$ . Тогда на резисторе выделяется мощность  $P_1 = I^2 R = U^2 R / (R + r)^2$ . Для второго случая необходимо в полученной формуле вместо  $r$  использовать  $r/3$ :  $4P_1 = U^2 R / (R + r/3)^2$ . Поделив выражения для мощностей друг на друга, получим  $2(R + r/3) = R + r$ , откуда  $R = r/3 = 1 \text{ Ом}$ .

**Ответ:** 1 Ом.

*Критерии оценивания*

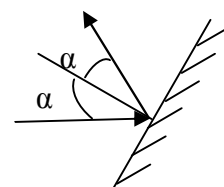
Использована формула для сопротивления последовательно соединенных резисторов	1
Использован закон Ома	2
Получено выражение для мощностей, выделяющихся на резисторах	в обоих случаях – 4 в одном случае – 3
Получен ответ	3

5. За тонкой собирающей линзой находится плоское зеркало, образующее с линзой угол  $\alpha$ . При каком значении  $\alpha$  эта система будет давать действительное изображение точечного источника, находящегося в фокусе линзы (см. рис.)? Поперечные размеры линзы и зеркала очень велики



**Решение**

Т.к. источник находится в фокусе линзы, то после линзы получится параллельный ее главной оптической оси пучок (1). Плоское зеркало ни при каком условии не дает действительного изображения, поэтому действительное изображение может получиться только если отразившийся от зеркала пучок попадет на линзу (2). Для этого после отражения от зеркала он должен образовывать с осью линзы острый угол (3). Угол падения пучка на зеркало равен  $\alpha$ , тогда после отражения пучок пойдет под углом  $2\alpha$  к оптической оси линзы (см. рис.). Т.к. этот угол должен быть острым, то  $2\alpha < 90^\circ$ , т.е.  $\alpha < 45^\circ$



**Ответ:** при  $\alpha < 45^\circ$

*Критерии оценивания*

За наличие утверждения (1)	1 балл
За наличие утверждений (2) и (3)	по 2 балла
За расчет хода лучей после отражения от зеркала	3 балла
Ответ	2 балла

*Указания проверяющему:* 1. утверждение (1) можно засчитывать в т.ч. если схематически показан ход лучей после линзы.

2. Утверждение (2) нужно засчитывать, если есть слова про то, что отразившийся от зеркала пучок должен попасть на линзу.

3. Наличие утверждения (3) в явном виде необязательно, его можно засчитывать, если оно не сформулировано, но используется в решении.

**10 класс**

1. Аэростат начал подниматься с постоянным ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Через 10 с подъема находящийся в аэростате наблюдатель уронил бинокль. Через какое время после этого бинокль упадет на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Решение**

Пусть  $a$  – ускорение аэростата, а  $T$  – время подъема до того, как наблюдатель уронил бинокль. За это время аэростат поднимается на высоту  $H = aT^2/2$  (1) и приобретает скорость  $V = aT$  (2). Т.к. бинокль в момент начала падения имеет ту же скорость, что и аэростат, то уравнение движения бинокля имеет вид  $H = -Vt + gt^2/2$  (3). Собирая все вместе, получим

$$gt^2 - 2aTt - aT^2 = 0, \quad (4)$$

что дает (следует выбрать положительный корень)  $t = T \frac{a}{g} (1 + \sqrt{1 + \frac{g}{a}}) \approx 2,8 \text{ с.}$

**Ответ:** 2,8 с.

*Критерии оценивания*

За формулы (1) и (2)	по 1 баллу
За формулу (3)	3 балла
За уравнение (4) или эквивалентное ему	2 балла
Ответ	3 балла

*Указание проверяющему:* решения, в которых не учтено, что бинокль имеет начальную скорость, оценивать не выше 4 баллов.

2. Брусок массой 2 кг положили на наклонную плоскость с углом наклона  $30^\circ$  к горизонтали. Определите силу трения между бруском и плоскостью, если коэффициент трения между ними 0,7.

**Решение**

Сила нормальной реакции на наклонной плоскости равна  $N=mg\cos\alpha$ . Тогда максимально возможная сила трения покоя равна  $F_{\text{пок}}=\mu mg\cos\alpha=12,1$  Н. Проекция силы тяжести на наклонную плоскость равна  $mg\sin\alpha=10$  Н. Т.к. эта сила меньше максимальной силы трения покоя, то брусок покоится и сила трения равна проекции силы тяжести на наклонную плоскость, т.е. 10 Н.

**Ответ:** 10 Н.

*Критерии оценивания*

За расчет максимальной силы трения покоя	3
За расчет проекции силы тяжести	2
За утверждение о том, что тело покоится	3
Ответ	2

*Указание проверяющему:* решение, в которых сила трения рассчитывается как  $\mu mg\cos\alpha$ , оценивать не выше 4 баллов.

3. В воду, температура которой  $20^\circ\text{C}$ , опустили нагретую до  $100^\circ\text{C}$  металлическую деталь. В результате вода нагрелась до  $30^\circ\text{C}$ . Какой станет температура воды, если после этого опустить в неё одновременно ещё 3 таких же детали? Потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

**Решение**

Пусть  $C_v$  – теплоемкость воды,  $C_d$  – теплоемкость детали,  $T_d=100^\circ\text{C}$  – начальная температура детали,  $T_0=20^\circ\text{C}$  – начальная температура воды,  $T_1=30^\circ\text{C}$  – температура воды после первого погружения,  $T$  – искомая температура

Тогда уравнения теплового баланса имеют вид

$$C_v(T_1-T_0)= C_d(T_d-T_1) \quad (1)$$

$$(C_v+C_d)(T-T_1)= 3C_d(T_d-T) \quad (2)$$

Второе уравнение можно переписать в виде  $C_v(T-T_1)= C_d(3(T_d-T)-(T-T_1))$ . Поделив его на (1), исключаем теплоемкости воды и детали и находим  $T=49^\circ\text{C}$ .

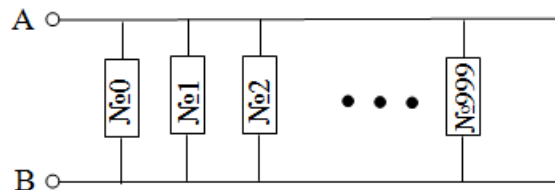
**Ответ:**  $49^\circ\text{C}$

*Критерии оценивания*

Записано соотношение (1)	2
Записано соотношение (2)	3
Получен ответ	5

*Указания проверяющему:* 1. при отсутствии в уравнении (2) теплоемкости детали в левой части рекомендуется оценивать решение не выше 3 баллов. 2. Запись  $c_v m_v$  вместо  $C_v$  ошибкой не является.

4. Юному физику подарили набор из 1000 пронумерованных (от 0 до 999) резисторов, причем сопротивление  $n$ -го резистора равно  $2^n$  Ом. Юный физик взял две очень длинные проволоочки и припаял к ним все резисторы так, как показано на рис, а потом измерил сопротивление между точками А и В. Какое значение он получил? Сопротивлением проволоочек пренебречь.



**Решение**

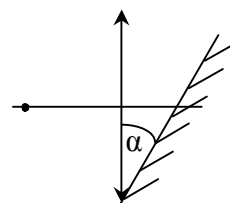
Видно, что все резисторы подключены параллельно. Тогда для их общего сопротивления выполняется соотношение  $1/R=1/1+1/2+1/4+\dots+1/2^{999}$  (1). Воспользовавшись формулой для суммы убывающей геометрической прогрессии, получим  $1/R=1/(1-1/2)=2 \text{ Ом}^{-1}$ , т.е. искомое сопротивление равно 0,5 Ом.

**Ответ:** 0,5 Ом.

*Критерии оценивания*

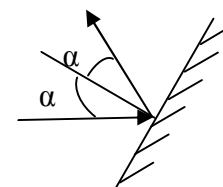
Указано, что все сопротивления подключены параллельно	3
Записано соотношение (1)	3
Получен ответ	4

5. За тонкой собирающей линзой находится плоское зеркало, образующее с линзой угол  $\alpha$ . При каком значении  $\alpha$  эта система будет давать действительное изображение точечного источника, находящегося в фокусе линзы (см. рис.)? Поперечные размеры линзы и зеркала очень велики



**Решение**

Т.к. источник находится в фокусе линзы, то после линзы получится параллельный ее главной оптической оси пучок (1). Плоское зеркало ни при каком условии не дает действительного изображения, поэтому действительное изображение может получиться только если отразившийся от зеркала пучок попадет на линзу (2). Для этого после отражения от зеркала он должен образовывать с осью линзы острый угол (3). Угол падения пучка на зеркало равен  $\alpha$ , тогда после отражения пучок пойдет под углом  $2\alpha$  к оптической оси линзы (см. рис.). Т.к. этот угол должен быть острым, то  $2\alpha < 90^\circ$ , т.е.  $\alpha < 45^\circ$



**Ответ:** при  $\alpha < 45^\circ$

*Критерии оценивания*

За наличие утверждения (1)	1 балл
За наличие утверждений (2) и (3)	по 2 балла
За расчет хода лучей после отражения от зеркала	3 балла
Ответ	2 балла

*Указания проверяющему:* 1. утверждение (1) можно засчитывать в т.ч. если схематически показан ход лучей после линзы.

2. Утверждение (2) нужно засчитывать, если есть слова про то, что отразившийся от зеркала пучок должен попасть на линзу.

3. Наличие утверждения (3) в явном виде необязательно, его можно засчитывать, если оно не сформулировано, но используется в решении.



### 11 класс

1. Аэростат начал подниматься с постоянным ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Через 10 с подъема находящийся в аэростате наблюдатель уронил бинокль. Через какое время после этого бинокль упадет на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

#### Решение

Пусть  $a$  – ускорение аэростата, а  $T$  – время подъема до того, как наблюдатель уронил бинокль. За это время аэростат поднимается на высоту  $H=aT^2/2$  (1) и приобретает скорость  $V=aT$  (2). Т.к. бинокль в момент начала падения имеет ту же скорость, что и аэростат, то для движения бинокля имеет  $H=-Vt+gt^2/2$  (3). Собирая все вместе, получим

$$gt^2-2aTt-aT^2=0, \quad (4)$$

что дает (следует выбрать положительный корень)  $t = T \frac{a}{g} (1 + \sqrt{1 + \frac{g}{a}}) \approx 2,8 \text{ с}$ .

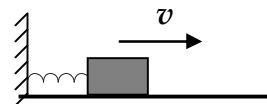
**Ответ:** 2,8 с

#### Критерии оценивания

За формулы (1) и (2)	по 1 баллу
За формулу (3)	3 балла
За уравнение (4) или эквивалентное ему	2 балла
Ответ	3 балла

*Указание проверяющему:* решения, в которых не учтено, что бинокль имеет начальную скорость, оценивать не выше 4 баллов.

2. К нерастянутой пружине жесткостью  $k$ , закрепленной горизонтально, прикрепили груз массы  $m$  и сообщили ему скорость  $v$ , направленную вправо (см. рис.). Определите наибольшее смещение груза вправо, если коэффициент трения между ним и поверхностью равен  $\mu$ .



#### Решение

Сообщенная грузу кинетическая энергия идет на увеличение потенциальной энергии пружины и работу против силы трения. В момент наибольшего смещения груза вправо его скорость (и, следовательно, кинетическая энергия) равны нулю. Тогда закон изменения энергии примет вид  $mv^2/2=kx^2/2+\mu mgx$  (1), т.к. сила трения равна  $\mu mg$ . Из этого уравнения

несложно найти  $x = \frac{\mu mg}{k} (\sqrt{1 + \frac{kv^2}{\mu^2 g^2 m}} - 1)$  (из двух корней квадратного уравнения выбираем положительный).

**Ответ:**  $x = \frac{\mu mg}{k} (\sqrt{1 + \frac{kv^2}{\mu^2 g^2 m}} - 1)$

#### Критерии оценивания

За расчет силы трения	1
За расчет потенциальной энергии пружины	1
За расчет работы против силы трения	1
За запись закона сохранения энергии в форме (1) или эквивалентной	3
Ответ	4 (если выбран неверный корень или оставлены оба, не более 2)

3. Имеются две одинаковые бутылки с жесткими стенками, заткнутые одинаковыми пробками. Изначально внутри каждой бутылки находится 2 моль воздуха при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Если первую бутылку нагреть до температуры  $50^\circ\text{C}$ , то пробка выскочит. Сколько моль воздуха нужно добавить во вторую бутылку, чтобы пробка выскочила из нее при неизменной температуре? Тепловым расширением бутылки и пробки пренебречь.

### Решение

Пробка выскакивает, если давление внутри бутылки превышает атмосферное на некоторую величину, которая одинакова в обоих случаях, т.к. определяется только силой трения между стенками и пробкой и площадью горлышка. Таким образом, в обоих случаях давление внутри бутылки нужно повысить на одну и ту же величину. В случае нагрева  $pV = \nu RT$  и  $(p + \Delta p)V = \nu R(T + \Delta T)$ , откуда  $\Delta p = \nu R \Delta T / V$  (1). Для накачивания воздуха аналогично получаем  $\Delta p = \Delta \nu RT / V$  (2). Тогда  $\Delta \nu = \nu \Delta T / T$ , что при подстановке числовых данных дает  $\Delta \nu = 2 \cdot 30 / 293 \approx 0,2$  моль.

**Ответ:** 0,2 моль.

*Критерии оценивания*

За соотношения (1) и (2)	по 3 балла
За идею равенства давлений	2
Ответ	2

*Указание проверяющему:* расчеты, в которых  $T$  подставляется в °С, не засчитываются.

4. Плоский конденсатор расположен горизонтально и заряжен так, что небольшая заряженная частица внутри него находится в равновесии. Известно, что если мгновенно разрядить конденсатор, то частица окажется на его нижней пластине через время  $\tau$ . Через какое время частица окажется на верхней пластине, если напряжение на конденсаторе скачком увеличить втрое? В начальный момент частица находится посередине между пластинами.

### Решение

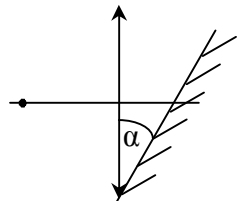
В конденсаторе на частицу действуют силы тяжести и сила со стороны электрического поля, которые уравниваются друг друга, поскольку частица находится в равновесии. При выключении поля останется только сила тяжести, и частица упадет на нижнюю пластину за время  $\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  (1) ( $h$  – половина расстояния между пластинами). Сила, действующая со стороны электрического поля, прямо пропорциональна его напряженности, которая в плоском конденсаторе, в свою очередь, прямо пропорциональна приложенному напряжению. Поэтому при увеличении напряжения втрое эта сила также увеличится втрое, следовательно, равнодействующая действующих на частицу сил будет вдвое больше силы тяжести и направлена вверх. Таким образом, ускорение частицы будет равно  $2g$ , а соответствующее время будет равно  $\tau / \sqrt{2}$ .

**Ответ:**  $\tau / \sqrt{2}$

*Критерии оценивания*

Указано, что сила, действующая со стороны электрического поля, равна силе тяжести	2
Записано соотношение (1) или аналогичное	2
Правильно найдена результирующая сила при увеличении напряжения	4
Получен ответ	2

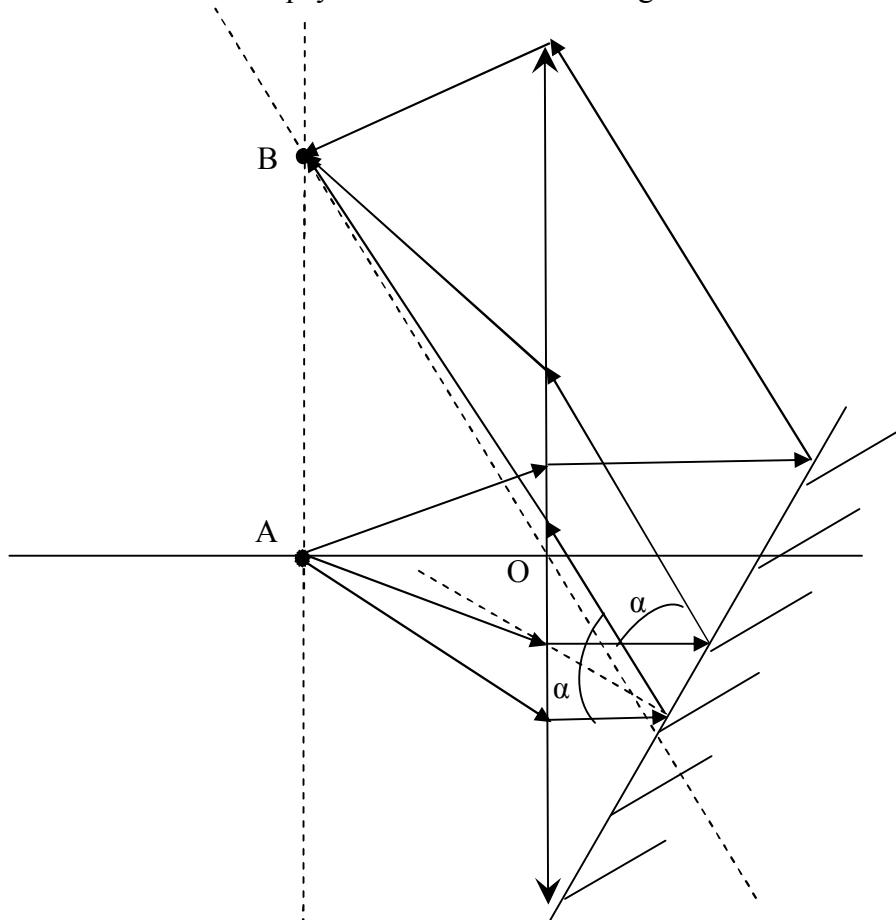
5. За тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$  находится плоское зеркало, образующее с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . На каком расстоянии от находящегося в главном фокусе линзы точечного источника находится его действительное изображение?



### Решение

Находящийся в фокусе линзы точечный источник даст после линзы параллельный ее главной оптической оси пучок, угол падения которого на зеркало будет равен  $\alpha$ . После отражения пучок пойдет под углом  $2\alpha = 60^\circ$  к главной оптической оси линзы (см. рис.), и, пройдя через линзу, соберется в ее побочном фокусе, положение которого можно найти

так, как показано на рис. Тогда расстояние между источником и его действительным изображением АВ можно найти из треугольника АОВ:  $AB = F \operatorname{tg} 2\alpha = F\sqrt{3}$



**Ответ:**  $F\sqrt{3}$

*Критерии оценивания*

Указано, что после прохождения через линзу получается параллельный главной оси пучок	2
Рассчитан угол, который отраженный пучок образует с главной осью	3
Указано, в какой точке соберется отраженный пучок после линзы	3
Получен ответ	2

*Указание проверяющему:* при наличии рисунка, правильно показывающего ход лучей и полученное изображение (аналогичного рисунку в решении) нужно ставить 8 баллов, еще 2 балла ставятся за расчет искомого расстояния.

*Составитель комплекта А.В. Савин. Рецензент Д.В. Савин.*

*Задачи 8-3, 9-1, 9-2, 9-3, 10-3 предложены Л.В. Конаковой.*