

**Задания с ответами для дистанционного отборочного тура олимпиады школьников  
имени авиастроителя В.А. Окулова  
по физике для 8 класса на 2022/2023 уч. год**

*Для школьников на компьютере должно быть указано в каждом наборе задач, что:  
Ответы школьниками должны представляться с точностью до трех значащих цифр!  
Требования для компьютерного набора задач: для отдельного школьника набор задач задания (всего 5 задач) должен формироваться путем случайного отбора по одной задаче из частей А, В, С, D, F (т.е., в каждом варианте должны быть задачи всех пяти цветов).*

**Часть А.**

1.1. Гонимый автомобиль, имеющий механическую коробку передач с десятью ступенями, разогнался на прямолинейном участке шоссе. Гонщик переключал коробку передач в сторону увеличения через каждую секунду. Средняя скорость за первую секунду составляла 10 км/час, за вторую – 20 км/час, за третью - 30 км/час, и т.д. Чему равняется средняя скорость автомобиля за первые 8 секунд ускорения? Ответ записать в м/с.

Ответ:  $12.5 \pm 0,08$

1.2. Гонимый автомобиль, имеющий механическую коробку передач с десятью ступенями, разогнался на прямолинейном участке шоссе. Гонщик переключал коробку передач в сторону увеличения через каждую секунду. Средняя скорость за первую секунду составляла 10 км/час, за вторую – 20 км/час, за третью - 30 км/час, и т.д. Чему равняется средняя скорость автомобиля в промежутке с 6 ой по 10 ой секунде? Ответ записать в м/с.

Ответ:  $22.2 \pm 0,08$

1.3. В детской сказке сообщение о том, что принцесса попала в руки злодея на необитаемом острове, передавали трое: дельфин проплыл по морю и сообщил о беде лани, лань пробежал по лесу и сообщил о беде зайцу, заяц пробежал по степи и сообщил о беде Иванушке. Какова средняя скорость доставки сообщения, если дельфин плыл 1 час со скоростью 5 м/с, лань пробежал 50 минут со скоростью 8 м/с. а заяц проскакал 2,4 км со скоростью 6 м/с?

Ответ округлить и привести в м/с.

Ответ:  $6,34 \pm 0,08$

**Часть В**

2.1. Верблюжий караван движется в пустыне. Караван растянулся на 600 метров. Смотрящий едет на первом верблюде первым. Смотрящий отправляет посыльного замыкающему. Если скорость каравана 5 км/час, а посыльного 7 км/час, то через сколько минут посыльный вернулся к смотрящему?

Ответ: 21

2.2. Верблюжий караван движется в пустыне. Караван растянулся на 500 метров. Смотрящий едет на первом верблюде первым. Смотрящий отправляет посыльного замыкающему. Посыльный навстречу каравану шел со скоростью 5 км/час, а обратно со скоростью 7 км/час. На сколько метров успел продвинуться смотрящий, пока посыльный выполнял его приказ?

Ответ: 1500

2.3. Верблюжий караван движется в пустыне. Караван растянулся на 500 метров. Смотрящий едет на первом верблюде первым. Смотрящий отправляет посыльного замыкающему. Посыльный навстречу каравану шел со скоростью 5 км/час, а обратно со скоростью 7 км/час. На сколько метров успел продвинуться смотрящий, пока посыльный выполнял его приказ?

Ответ: 1500

### Часть С

3.1. Когда чайка села на небольшую льдину, лед почти полностью погрузился в воду. Если масса чайки 1 кг, то чему равняется масса льда в килограммах? Плотность льда  $900 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ:  $9 \pm 0,1$

3.2. В цилиндрический стакан до половины налита вода. В воду опустили брусок с площадью основания  $S$ , высотой  $h = 10 \text{ см}$  и плотностью  $\rho = 0,5 \text{ г/см}^3$ . Площадь основания стакана в 10 раз больше площади основания бруска. Когда на брусок аккуратно надавили, чтобы он полностью погрузился в воду, вода в стакане поднялась на некоторую высоту. Найдите высоту в сантиметрах, на которую поднялась вода в стакане.

Ответ:  $0,5 \pm 0,08$

3.3. В цилиндрический стакан до половины налита вода. В воду опустили брусок с площадью основания  $S = 9 \text{ см}^2$ , высотой  $h = 10 \text{ см}$  и плотностью  $\rho = 0,5 \text{ г/см}^3$ . Когда на брусок аккуратно надавили, чтобы он полностью погрузился в воду, вода в стакане поднялась на высоту 1 см. Чему равна площадь основания стакана в  $\text{см}^2$ ?

Ответ:  $45 \pm 1$

### Часть D

4.1. Два брата отправились в соседнюю деревню к бабушке. Между деревнями расстояние 5 км. У братьев на двоих один скутер, на котором можно ехать одному со скоростью 20 км/час, вдвоем – со скоростью 4 км/час. Старший из братьев пешком идет со скоростью 8 км/час, а младший – со скоростью 6 км/час. За какое наименьшее время они доберутся до соседней деревни. Ответ выразить в минутах.

Ответ:  $29 \pm 1$

4.2. Электрическая плитка имеет 2 одинаковые спирали и три режима работы. Максимальная мощность такой плитки 1,6 кВт. Найдите в Ом ах сопротивление одной спирали.

Ответ:  $60,5 \pm 0,1$

4.3. Электрическая плитка имеет 2 одинаковые спирали с сопротивлением  $60,5 \text{ Ом}$  каждая и три режима работы. Минимум за сколько секунд такая плитка сможет нагреть 1 литр воды до  $100$  градусов, если начальная температура воды равна  $20 \text{ С}$ . Теплоемкость воды  $4200 \text{ Дж/кг С}$ .

Ответ:  $210 \pm 1$

### Часть F

5.1. В старину для измерения длины использовали такие единицы измерения, как локоть, пядь, аршин, вершок. В одном аршине 16 вершков, в одном локте 10 вершков, одна пядь – четверть аршина. Крестьянину выделили участок земли длиной 25 аршинов 5 локтей и 7 пядей, и шириной 20 аршинов 7 локтей и 7 пядей. Если вершок равняется 4,445 см, то какова площадь участка в квадратных метрах? Ответ округлите до трех значащих цифр.

Ответ: 394±1

5.2. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда: первый длиной 600 м со скоростью 72 км/ч, а второй длиной 700 м со скоростью 108 км/ч. В течение какого времени второй поезд проходит мимо машиниста первого поезда, если оба поезда движутся в одном направлении? Ответ приведите в секундах, округлив до целого числа.

Ответ: 60±1

5.3. По двум параллельным железнодорожным путям равномерно движутся два поезда: первый длиной 900 м со скоростью 72 км/ч, а второй длиной 600 м со скоростью 108 км/ч. В течение какого времени первый поезд проходит мимо машиниста второго поезда, если поезда движутся в противоположных направлениях? Ответ приведите в секундах, округлив до целого числа.

Ответ: 18±1

**Задания с ответами для дистанционного отборочного тура олимпиады школьников  
имени авиастроителя В.А. Окулова  
по физике для 9 класса на 2022/2023 уч. год**

**Часть А**

1.1. Современные снайперские винтовки могут вести прицельную стрельбу на расстояния до 4 км. Под каким углом к горизонту должен располагаться ствол винтовки, чтобы пуля точно попала в цель, если расстояние до цели 3 км, а скорость пули 750 м/с? Ответ округлить до двух значащих цифр и привести в градусах.

Ответ:  $1,5 \pm 0,1$

1.2. Современные снайперские винтовки могут вести прицельную стрельбу на расстояния до 4 км. На какую максимальную высоту поднялась пуля над прямой линией от снайпера до цели, если пуля точно попала в цель? Расстояние до цели 4 км, а скорость пули 800 м/с. Ответ округлить до двух значащих цифр и привести в метрах.

Ответ:  $31 \pm 0,08$

1.3. Вражеский дрон пролетает на расстоянии 350 м мимо снайпера. Если скорость пули у снайперской винтовки 700 м/с, скорость дрона 30 м/с, то какое упреждение по траектории полета дрона в метрах следует сделать снайперу, чтобы точно попасть в него?

Ответ:  $15 \pm 1$

**Часть В**

2.1. При нагревании газа в дырявом баллоне температуру удалось поднять с 300 К до 900 К. Если при этом из баллона улетучился треть газа, во сколько раз повысилось давление в баллоне?

Ответ:  $1,5 \pm 0,08$

2.2. Ответ: При этом газ нагрелся до температуры 675 К. Если первоначальная температура газа была 300 К, а давление равнялась 1 атм, то чему равно отношение масс газа в баллоне  $m_1/m_2$  до и после начала нагревания?

Ответ:  $1,5 \pm 0,08$

2.3. Теплоизолированный сосуд объемом 10 литров наполнен идеальным газом до давления 3-бар при температуре 27°C. Чему будет равняться давление газа в сосуде в барах, если половину газа медленно выпустить из сосуда?

Ответ:  $1,5 \pm 0,08$

**Часть С**

3.1. Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 100$  кг и объем  $V = 250$  м<sup>3</sup>, наполняется горячим воздухом при температуре 327°C и при нормальном атмосферном давлении. Если температура окружающего воздуха  $t_0 = 27$ °C, то какой полезный груз в килограммах может оторвать от земли такой воздушный шар? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие. Ответ округлить до целых кг.

Ответ:  $47 \pm 1$

**3.2.** Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 145$  кг, наполняется горячим воздухом при температуре  $265^{\circ}\text{C}$ , при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающего воздуха  $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ . Какой минимальный объём в кубических метрах должен иметь воздушный шар, чтобы он начал подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.

Ответ:  $230 \pm 1$

**3.3.** Воздушный шар, оболочка которого имеет массу  $M = 150$  кг и объём  $V = 250$  м<sup>3</sup>, наполняется горячим воздухом при температуре  $327^{\circ}\text{C}$  и при нормальном атмосферном давлении. При какой максимальной температуре окружающего воздуха такой воздушный шар может оторваться от земли? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие. Ответ представить в целых градусах по шкале Цельсия.

Ответ:  $24 \pm 1$

#### **Часть D**

4.1. Шайбу массой  $m$  толкнули вверх по наклонной плоскости клина с углом клина  $30$  градусов. Шайба поднялась на высоту  $h = 10$  см. Чему равен коэффициент трения шайбы о плоскость клина, если начальная скорость шайбы у подножия клина равнялась  $2$  м/с?

Ответ:  $0,577 \pm 0,08$

4.2. Шайбу массой  $m$  толкнули вверх по наклонной плоскости клина с некоторым углом клина. Шайба поднялась на высоту  $h = 10$  см. Чему равен угол клина, если начальная скорость шайбы у подножия клина равнялась  $2$  м/с, а коэффициент трения шайбы о плоскость клина равен  $0,5$ ?

Ответ:  $26,56 \pm 0,08$

4.3. Шайбу массой  $m$  толкнули вверх по наклонной плоскости клина с углом клина  $30$  градусов. Коэффициент трения шайбы о плоскость клина равняется  $0,36$ . Если начальная скорость шайбы у подножия клина равнялась  $2$  м/с, то на какую максимальную высоту поднимется шайба? Ответ округлить и выразить в см.

Ответ:  $11 \pm 0,08$

#### **Часть F**

5.1. В чайнике находится вода при  $t = 0$  С, в которой плавает лед при такой же температуре. Мощность чайника  $1,8$  кВт. Если объём воды в чайнике  $1$  л, масса льда -  $0,5$  кг, то через какое время вода в чайнике закипит? Удельная теплоёмкость воды  $4,2$  кДж/кг К, удельная теплота плавления льда  $334$  кДж/кг. Теплоёмкостью чайника пренебречь. Ответ округлить до трех значащих цифр и привести в минутах.

Ответ:  $7,38 \pm 0,08$

5.2. В чайнике находится вода при  $t = 0$  С, в которой плавает лед при такой же температуре. Мощность чайника  $1,8$  кВт. Если масса воды в чайнике  $1$  кг, и, после включения, чайник вскипел через  $8$  минут, то чему равнялась масса льда? Удельная теплоёмкость воды  $4,2$  кДж/кг К, удельная теплота плавления льда  $334$  кДж/кг. Теплоёмкостью чайника пренебречь. Ответ округлить до трех значащих цифр и привести в килограммах.

Ответ:  $0,589 \pm 0,08$

5.3. В чайнике находится вода при  $t = 0$  С, в которой плавает лед при такой же температуре. Мощность чайника 1,8 кВт. Если масса льда в чайнике 0,4 кг, и, после включения, чайник вскипел через 10 минут, то сколько было воды в чайнике в начале? Удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/кг К, удельная теплота плавления льда 334 кДж/кг. Теплоемкостью чайника пренебречь. Ответ округлить до трех значащих цифр и привести в килограммах.

Ответ: 1,34 ± 0,08

**Задания с ответами для дистанционного отборочного тура олимпиады школьников  
имени авиастроителя В.А. Окулова  
по физике для 10 класса на 2022/2023 уч. год**

**Часть А**

1. Две машины едут по прямым дорогам, которые пересекаются под углом  $60^\circ$ . Относительная скорость первой машины относительно второй машины составляет  $64,8$  км/ч. Абсолютная скорость второй машины равна  $54$  км/ч. Чему равна скорость первой машины? Ответ привести в м/с.

Ответ:  $20 \pm 1$

2. Тело свободно падает с высоты  $200$  м. Масса тела  $1$  кг. Чему равна ее кинетическая энергия на высоте  $20$  м над поверхностью Земли? Ответ выразить в Дж.

( $1800 \pm 100$ ).

3. Определите центростремительное ускорение точек земной поверхности на широте  $45^\circ$ , вызванное гравитационным притяжением и вращением Земли вокруг собственной оси. Радиус Земли  $6400$  км. Ответ представить в м/с<sup>2</sup>.

( $0,0239 \pm 0,002$ )

**Часть В**

1. При посадке пропеллер самолета вращался со частотой  $2400$  об/мин. После выключения мотора пропеллер, сделав  $1400$  оборотов, остановился. Определите время до остановки пропеллера. Вращение после выключения мотора можно считать равнозамедленным. Ответ представьте в секундах.

( $70 \pm 1$ )

2. Математический маятник массой  $10$  г и длиной  $100$  см отклонили от положения равновесия на угол  $60^\circ$  и отпустили. Найдите сумму потенциальной и кинетической энергии маятника в момент, когда угол отклонения уменьшится вдвое. Ответ выразите в Дж.

( $0,05 \pm 0,005$ )

3. По трубопроводу прокачивают воздух под давлением  $2 \cdot 10^5$  Па и температуре  $17^\circ\text{C}$ . Какова скорость движения воздуха в трубе, если за  $5$  мин через площадь поперечного сечения трубы  $6 \text{ см}^2$  протекает  $2,5$  кг воздуха? Ответ выразить в м/с. Молярная масса воздуха  $29$  г/моль.

( $5,77 \pm 0,5$ )

**Часть С**

1. На какую глубину следует погрузить в воду надувной воздушный шар, чтобы его объем уменьшился в  $3$  раза? Плотность воды  $1000$  кг/м<sup>3</sup>. Атмосферное давление на поверхности – нормальное. Изменение температуры не учитывать. Ответ выразить в м.

( $20 \pm 1$ )

2. Колесо автомобиля объемом  $10$  л накачано до давления  $10^6$  Па при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Какую массу воздуха (в граммах) нужно выпустить из баллона, чтобы давление в нем упало в  $5$  раз? Молярная масса воздуха  $29$  г/моль.

(93±5)

3. Зимой со дна озера Байкал всплывает воздушный пузырек. Диаметр пузырька на глубине 260 метров равен 2 мм. Чему будет равен диаметр воздушного пузырька вблизи поверхности воды. Считать, что температура воды не изменяется с глубиной, а на поверхности нормальное атмосферное давление. Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

(6±0,3)

#### Часть Д

1. Какой объём воды в литрах занимают  $0,9 \cdot 10^{26}$  молекул воды? Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Молярная масса воды  $18 \text{ г/моль}$ . Число Авогадро взять  $6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ .

(2,7±0,2)

2. Из родника зачерпнули 2 литра воды со льдом и налили в электрический чайник с КПД 60% и мощностью 2000 Вт. Чайник вскипел за 0,5 минуты. Сколько (в граммах) льда зачерпнули? Теплоемкость воды  $4,19 \text{ кДж/(кг·К)}$ . Удельная теплота плавления льда  $334 \text{ кДж/кг}$ . Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $917 \text{ кг/м}^3$ .

(955 ± 50)

3. Измерения манометром показали, что все четыре колеса автомобиля массой 1,2 т накачаны до избыточного давления  $100 \text{ кН/м}^2$ . Какова площадь контакта каждого колеса с поверхностью дороги? Атмосферное давление –  $10^5 \text{ Па}$ , ускорение свободного падения –  $10 \text{ м/с}^2$ . Считать, что вес автомобиля равномерно распределяется по всем колесам. Ответ выразить в  $\text{см}^2$ .

(150±5)

#### Часть Е

1. В небольшую кастрюлю налили 0,6 литра воды при температуре  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  и поставили на электрическую плиту, подключенную в сеть с напряжением 220 В. Когда вода закипела, крышку кастрюли сняли, и кипение продолжалось еще некоторое время. Через какое время после начала нагревания выкипит треть воды?

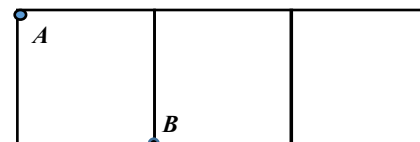
КПД электрической плиты составляет 60%, сопротивление нагревательного элемента плиты  $R = 20 \text{ Ом}$ . Удельная теплоемкость воды  $4,19 \text{ кДж/(кг·К)}$ , удельная теплота парообразования  $2,26 \text{ МДж/кг}$ , плотность  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Ответ привести в с.

(467±10)

2. Два проводника сопротивлениями 10 и 6 Ом соединены параллельно и подключены в цепь с разностью потенциалов 20 В. Какое количество теплоты (в Дж), выделится в этих проводниках проводников за 1 с?

(106,67 ± 1)

3. Отрезок металлической проволоки имеет сопротивление 100 Ом. Затем его разрезали на десять равных частей и соединили как показано на рис. Каково сопротивление между точками А и В? Ответ представить в единицах Ом.





(9,3 ± 1)

**Задания с ответами для дистанционного отборочного тура олимпиады школьников имени авиастроителя В.А. Окулова по физике для 11 класса на 2022/2023 уч. год**

**Часть А**

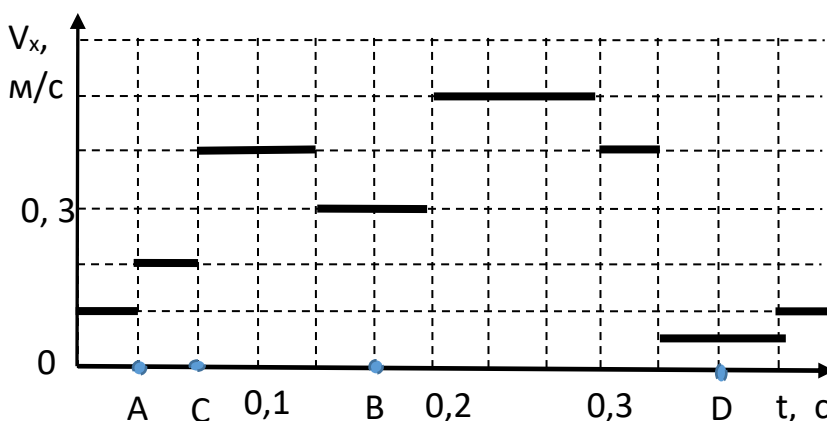
Пешеход прошел по маршруту А – В – С. Средняя скорость его движения на участке А – В была 3 км/час, а время движения на участке В - С составило 120 мин. Определить расстояние между В и С, если первую половину пути из А в В пешеход шел со скоростью на 70 % больше скорости его движения из пункта В в С, а на второй половине участка А – В его скорость была на 20 % меньше чем на первой половине. Ответ представить в км.

Ответ: 3,97 ± 0,08

Пассажирский поезд, двигаясь по параллельному пути, обгоняет товарный поезд. К моменту окончания обгона пассажирский поезд прошел путь в 1,7 раза больше, чем длина товарного. Определите отношение их скоростей, если длина товарного поезда в 3,5 раза больше пассажирского.

Ответ: 4,10 ± 0,08

График изменения скорости материальной точки, движущейся вдоль оси  $x$ , от времени представлен на рис. Оцените отношение средних скоростей на участках CD и AB.



Ответ: 1,15 ± 0,02

Рис.

**Часть В**

Тонкая стрела изготовлена из деревянного стержня и медного конусного наконечника (рис. ). Масса стержня 50 г, диаметр основания 8 мм, а ее средняя линейная плотность 0,7 г/см. Определить массу стрелы. Плотности дерева и меди равны 1000 кг/м<sup>3</sup>, 7,8 г/см<sup>3</sup> соответственно. Ответ представить в г.



Рис.

Ответ: 92,4 ± 2

Тонкая стрела изготовлена из деревянного стержня и медного конусного наконечника (рис. ). Масса стрелы 50 г, площадь основания 60 мм<sup>2</sup>, а ее средняя линейная плотность 0,7 г/см. Определить массу стержня. Плотности дерева и меди равны 1000 кг/м<sup>3</sup>, 7,8 г/см<sup>3</sup> соответственно. Ответ представить в г.



Рис.

Ответ: 38,4 ± 0,4

Карандаш длиной 20 см имеет массу 6 г. Определить диаметр грифельного стержня, если средняя плотность карандаша 0,8 г/см<sup>3</sup>, а плотности дерева и грифеля равны соответственно 720 кг/м<sup>3</sup>, 2,1 г/см<sup>3</sup>. Ответ представить в мм.

Ответ: 1,66 ± 0,03

### Часть С

Камень с края колодца падает вниз. Через 2 с слышен всплеск воды. Определить глубину колодца. Скорость звука  $v_{зв} = 340$  м/с. Ответ представить в м.

Ответ:  $19,1 \pm 0,2$ .

В сосуд налита вода, а поверх нее - слой масла плотностью  $\rho_m = 800$  кг/м<sup>3</sup>. Цилиндрическое тело плавает таким образом, что объемы его частей, находящихся в воде, масле и воздухе, соотносятся как 1:2:1. После добавления некоторого количества масла тело плавает только в масле. Какая часть объема тела находится в воздухе?

Ответ:  $0,188 \mp 0,003$

Чему равен коэффициент трения бруска о наклонную плоскость, если известно, что при угле наклона плоскости к горизонту  $\alpha_1 = 30^\circ$  действует сила трения по величине меньшая на 20 %, чем при угле наклона  $\alpha_2 = 45^\circ$ ?

Ответ:  $0,589 \mp 0,012$

### Часть D

Резистор с сопротивлением 0,2 Ом изготовлен из медного провода массой 10 г. Определить во сколько раз длина провода превышает его диаметр. Для меди удельное сопротивление  $\rho_m = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом · м, а ее плотность  $\rho = 8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>

Ответ:  $5796 \pm 50$

Клеммы источника тока  $E$  соединены к резистору  $R$ . Потенциометр АВ подключен к дополнительному источнику тока  $E_1$ . Ползунок потенциометра устанавливают так, чтобы амперметр показывал ноль. При  $R = 15$  Ом длина участка АС провода потенциометра оказалась равной 150 см, а при  $R = 10$  Ом – 120 см. Чему равно внутреннее сопротивление источника  $r$ ? Ответ представить в Ом.

Ответ: 25

На стенки камеры рабочего устройства навита металлическая трубка. За каждый час работы в камере выделяется 80 МДж тепловой энергии. В установившемся режиме вода, прокачиваемая со скоростью 30 см/с по трубке, увеличивает свою температуру на 20 °С, что обеспечивает постоянную температуру камеры. Определить диаметр трубки. Плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>, теплоемкость воды 4200 Дж/ (кг·°С). Ответ представить в мм.

Ответ:  $33,5 \mp 0,6$

### Часть F

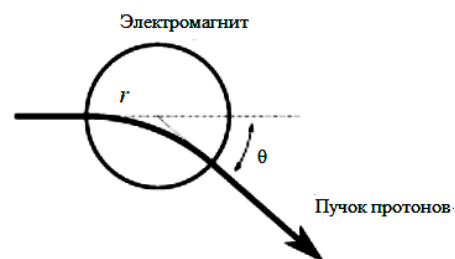
Пучок протонов, прошедших ускоряющую разность потенциалов  $U = 100$  кВ, отклоняется магнитным полем электромагнита. Электромагнит создает отличное от нуля магнитное поле внутри круга радиусом  $r = 10$  см. Считая поле однородным внутри круга с индукцией  $B = 0,1$  Тл найти угол отклонения пучка. Изначально протоны летят вдоль прямой, проходящей через центр круга. Масса протона  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, заряд протона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Ответ представить в град.

Ответ:  $24,7 \mp 0,5$

Электрон влетел в область однородного магнитного поля перпендикулярно к ее границе и направлению магнитной индукции. Найти индукцию магнитного поля, если электрон покинул эту область через время 3 нс и стал двигаться в параллельном обратном направлении.  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Ответ представить в мТл.

Ответ:  $5,95 \pm 0,10$



В некоторый момент времени ключ К в цепи, представленной на рис замыкают. Определить внутреннее сопротивление источника питания, если зафиксированное отношение максимального и минимального значений силы тока через источник питания составило 1,8.  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $C = 2 \text{ мкФ}$ ,  $\varepsilon = 10 \text{ В}$ .

Ответ:  $1,14 \pm 0,02$

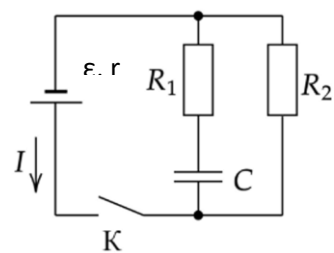


Рис.

**Задания с ответами для заключительного тура олимпиады школьников имени  
авиастроителя В.А. Окулова  
по физике на 2022/2023 уч. год**

**Оценка решений:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**8 класс**

**1 вариант**

1. В U-образной трубке диаметром 5 мм находится 20 граммов воды. В одну из трубок доливают 10 граммов керосина. Чему будет равна разница в высотах жидкостей? Жидкости не перемешиваются. Плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>, плотность керосина 800 кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение.**

10 граммов керосина оказывает такое же давление, что и 10 граммов воды. Следовательно, разница в высотах жидкостей будет равна разности высот столба 10 граммов воды и 10 граммов керосина.

Находим высоту столба воды массой 10 г в трубке диаметром 5 мм. 10 г воды занимает 10 кубических см, а 10 г керосина занимает 12,5 кубических см.

$$h_k = V_k / \pi R^2 = 63,69 \text{ см}$$

$$h_v = V_v / \pi R^2 = 50,955$$

$$\Delta h = 12,735 \text{ см}$$

2. Масса стакана вместе с водой, заполненного до краев, равна 260 г. Когда в этот стакан поместили камешек массой 28,8 г, и часть воды вылилась, то масса стакана, воды и камешка стала равна 276,8 г. Определите плотность вещества камня. Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Возможное решение.**

Чтобы найти плотность камня надо найти его массу и объем:

Масса камня дана: 0.0288 кг

Зная что 1 кг воды занимает объем 1 л = 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup> надо выразить объем камня через объем вылитой воды.

$$\text{Масса воды без камня: } m_1 = 0.2768 - 0.0288 = 0.248 \text{ кг}$$

$$\text{масса вылитой воды: } 0.26 - 0.248 = 0.012 \text{ кг}$$

$$V_k = m / \rho = 0.012 \text{ кг} / 1000 \text{ кг/м}^3 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$\rho_k = m / V = 0.0288 \text{ кг} / 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 2.4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 = 2.4 \text{ г/см}^3 \text{ (кремний)}$$

3. На тело действуют три силы  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , направленные вдоль одной прямой, причем  $F_1 = 3 \text{ Н}$ ,  $F_2 = 5 \text{ Н}$ . Чему равна  $F_3$ , если равнодействующая всех трех сил равна  $10 \text{ Н}$ ? Сколько решений имеет задача? Сделайте схематические рисунки, соответствующие каждому из решений.

**Возможное решение.**

Дано:

$$F_1 = 3 \text{ Н}$$

$$F_2 = 5 \text{ Н}$$

$$R = 10 \text{ Н}$$

Решение:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 = 3 \text{ Н} + 5 \text{ Н} + 2 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$$

$$R = (-F_1 - F_2) - F_3 = -(3 \text{ Н} + 5 \text{ Н}) + 18 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$$

$$R = (F_1 - F_2) - F_3 = (3 \text{ Н} - 5 \text{ Н}) + 12 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$$

$$R = (F_2 + F_3) - F_1 = (-3 \text{ Н} + 5 \text{ Н}) + 8 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$$

$$F_3 = 2 \text{ Н}, 18 \text{ Н}, 12 \text{ Н}, 8 \text{ Н}.$$

4. Бочка заполнена водой. Пользуясь ведром, половину воды из бочки вычерпала девочка. Оставшуюся часть воды – мальчик. Во сколько раз совершенная мальчиком работа больше работы, совершенной девочкой?

**Возможное решение.**

Вес воды, поднятой обоими детьми, одинаков

Девочка поднимала  $0,5$  бочки воды в среднем только на высоту, равную четверти высоты бочки, мальчик же поднимал  $0,5$  бочки воды в среднем на высоту, равную  $\frac{3}{4}$  высоты бочки, следовательно, мальчик поднимал воду на большем пути. Работа вычисляется по формуле  $A = Ph$ . Тогда отношение работ мальчика и девочки будет равна  $0,75 Ph / 0,25 Ph = 3$ . Таким образом, мальчик совершил в 3 раза больше работы, чем девочка.

5. Тело массой  $0,5 \text{ кг}$  брошено вертикально вверх со скоростью  $4 \text{ м/с}$ . Найти работу силы тяжести, изменение потенциальной энергии и изменение кинетической энергии при подъеме тела до максимальной высоты.

**Возможное решение.**

Работа силы тяжести ( $A$ ) будет равна  $(-mgh)$ , т.к. она направлена против движения тела.

Конечная скорость тела  $v = v_0 - gt$ . отсюда находим  $t$ .  $t = v_0/g = 0,4 \text{ с}$ . Время до верхней точки равно  $0,4 \text{ с}$ .

$$h = v_0 t - gt^2/2 = 0,8 \text{ м}$$

Тогда работа равна  $A = -0,5 * 10 * 0,8 = -4 \text{ Дж}$ . Изменение потенциальной энергии  $\Delta E_{\text{пот}} = 0 - A = 4 \text{ Дж}$ .

Изменение кинетической энергии  $\Delta E_{\text{кин}} = -4 \text{ Дж}$ .

## 2 вариант

1. Какого веса груз удержит на воде плот, связанный из 25 сосновых бревен, если объем каждого бревна в среднем равен  $0,8 \text{ м}^3$ , а плотность  $650 \text{ кг/м}^3$ ? Плотность воды принять равной  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

**Возможное решение.**

Условием того, чтобы тело плавало:

Сила Архимеда должна быть больше силы тяжести.

В нашем случае искомый вес груза, который может удержать плот на воде и будет составлять разницу между силой Архимеда и силой тяжести:

$$P = F(a) - F(t).$$

Где  $F(a)$  равна, согласно формуле:  $F(a) = \rho_2 g V$

Где  $\rho_2$  - плотность жидкости, в нашем случае - воды,  $V$  - объем тела, в нашем случае плота. Найдем его объем:

$$V = V(1) * 25 = 0,8 * 25 = 20 \text{ м}^3.$$

Тогда,  $F(a)$  равна:

$$F(a) = 1000 * 10 * 20 = 200000 \text{ Н}.$$

Теперь найдем  $F(t)$  - силу тяжести.

$$F(t) = mg;$$

Где  $m$  - масса плота, равна:

Найдем  $F(t)$ :

$$F(t) = \rho_1 * g * V;$$

Считаем:

$$F(t) = 650 * 10 * 20 = 130000 \text{ Н}.$$

Теперь найдем вес искомого груза:

$$P = F(a) - F(t) = 200000 - 130000 = 70000 \text{ Н}.$$

Ответ: Плот удержит на воде груз весом 70кН (70000 Н), либо массу в 7000 кг.

2. Три силы приложены вдоль одной прямой. В зависимости от направления этих сил, их равнодействующая может быть равна 1 Н, 2Н, 3Н и 4Н. Чему равна каждая из этих сил?

**Возможное решение.**

$$F_1 = 2.5; F_2 = 0.5; F_3 = 1$$

$$F_1 - F_2 - F_3 = 2.5 - 0.5 - 1 = 1$$

$$F_1 - F_3 + F_2 = 2.5 - 1 + 0.5 = 2$$

$$F_1 + F_3 - F_2 = 2.5 + 1 - 0.5 = 3$$

$$F_1 + F_2 + F_3 = 2.5 + 0.5 + 1 = 4$$

3. Когда ящик перемещается по горизонтальному полу, возникает сила трения 40 Н. Определите вес ящика, если сила трения составляет 0,5 от его веса.

**Возможное решение.**

$$F = 0,5 P. P = 2F = 80 \text{ Н}$$

4. На горизонтальном полу лежит плита из бетона толщиной 25 см. Определите давление, производимое плитой. Плотность бетона 2200 кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение.**

Дано:

$$h = 25 \text{ см}$$

$$\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$$

$$g \approx 10 \text{ Н/кг}$$

Найти:  $p$

Решение:

$$p = \rho hg = 2200 \text{ кг/м}^3 * 25 \text{ см} * 10 \text{ Н/кг} = 550000 \text{ Па} = 550 \text{ кПа}.$$

Ответ:  $p = 550 \text{ кПа}$ .

5. Санки, скатывающиеся с горы с некоторой начальной скоростью, за 3 с проходят 2 м, а в последующие 3 секунды 4 м. Считая движение равноускоренным, найдите ускорение и начальную скорость санок.

**Возможное решение.**

Дано:

$$t_1 = 3 \text{ с}$$

$$S_1 = 2 \text{ м}$$

$$t_2 = 3 \text{ с}$$

$$S_2 = 4 \text{ м}$$

Найти:  $a, v_0$

$$S = v_0 t + at^2/2$$

$$3 v_0 + 9a/2 = 2$$

$$v = v_0 + at$$

$$6 v_0 + 9a = 4$$

$$v_0 = v_0 + 3a$$

$$v_6 = v_0 + 3a + 3a = v_0 + 6a$$

$$S_2 = v_6^2 - v_0^2 / 2a$$

$$2aS_2 = v_6^2 - v_0^2$$

$$27a - 6 v_0 - 8 = 0$$

$$v_0 = 27a - 8$$

$$27a - 8 + 9a = 4$$

$$a = 0,33 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = 4 - 9a = 0,17 \text{ м/с}$$

### 3 вариант

1. В сообщающихся сосудах находится ртуть. В один из сосудов доливают воду, а в другой – керосин. Высота столба воды 10 см. Какова должна быть высота столба керосина, чтобы уровни ртути в обоих сосудах совпадали? Плотность ртути 13600 кг/м<sup>3</sup>, плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>, плотность керосина 800 кг/м<sup>3</sup>. плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>

**Возможное решение.**

Дано:

$$h_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$$

Найти  $h_2$

Давление столба жидкости можно найти по формуле  $P = \rho gh$

Для того, чтобы уровни ртути были одинаковы, давления воды и керосина должны быть равны.

$$\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

$$h_2 = \rho_1 h_1 / \rho_2 = (\rho_1 / \rho_2) h_1 = (1000 \text{ кг/м}^3 / 800 \text{ кг/м}^3) 0,1 \text{ м} = 1 \text{ м} / 8 = 0,125 \text{ м} = 12,5 \text{ см}$$



2. С помощью подвижного блока в течение 0,5 мин поднимают ящик с кирпичами на высоту 12 м, действуя силой 320 Н. Чему равна мощность, развиваемая при подъеме ящика?

**Возможное решение.**

$$N=A/t=FL/t$$

Подвижный блок дает выигрыш силы в два раза, но проигрыш в расстоянии в 2 раза, то есть  $L=2h \Rightarrow N=2Fh/t=2*320*12/30= 256$  Вт.

3. Для равномерного перемещения повозки по грунтовой дороге необходима сила тяги, равная 600 Н. Определите, какую часть составляет сила трения от веса повозки, если ее вес 3 кН.

**Возможное решение.**

При равномерном движении сила тяги равна силе трения

$$F_T=F_{тр}=600\text{Н}$$

Вес тела

$$P=mg=3000\text{Н}$$

$$F_{тр}/P=600/3000=1/5=0,2= 20\%$$

Ответ: 0,2=20%

4. Из бочки, наполовину заполненной водой, с помощью маленькой ведёрки надо вычерпнуть всю воду. Если глубина воды в бочке 0,5 м, а радиус бочки 25 см какую минимальную работу для этого надо совершить?

**Возможное решение.**

Бочка наполнена наполовину. Первая ведро воды поднимается с глубины 0,5 м, а последняя с глубины 1м. Так как работа зависит от пройденного пути линейно, то в среднем всю воду надо поднять с глубины  $h = 0,75\text{м}$ . Минимальная работа будет равняться  $mgh$ , где  $m$  – масса воды в бочке.  $m = \rho V = \rho \pi R^2 l$ .  $A = \rho \pi R^2 l gh = 1000 \cdot 3,14 \cdot 0,0625 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 0,75 = 736\text{Дж}$ .

5. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением 0,2 м/с<sup>2</sup>, увеличивает свою скорость с 54 км/ч до 72 км/ч?

**Возможное решение.**

Переведем км/ч в м/с.

$$54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с}$$

$$72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$$

$$a=(v-v_0)/t$$

$$t=(v-v_0)/a$$

$$t=(20-15)/0,2=25\text{с}$$

Ответ: 25с.

**Задания с ответами для заключительного тура олимпиады школьников имени  
авиастроителя В.А. Окулова  
по физике на 2022/2023 уч. год**

**Оценка решений:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**9 класс**

**1 вариант**

1. Скорость велосипедиста на первом участке пути в 2 раза больше, а время движения в 3 раза меньше, чем на втором. Определите скорость велосипедиста на каждом из участков пути, если средняя скорость на всем пути равна 6,25 м/с.

**Возможное решение.**

Скорость велосипедиста на первом участке пути обозначим через  $v_1$ , а время движения через  $t_1$ . Соответственно, скорость велосипедиста на втором участке и время движения обозначим  $v_2$  и  $t_2$ . Тогда  $v_1 = 2v_2$ ,  $t_2 = 3t_1$ . Средняя скорость

$$v_{cp} = (v_1 t_1 + 1.5v_1 t_1) / (t_1 + 3t_1) = 5/8 v_1. \text{ Или } v_1 = 8/5 v_{cp}.$$

Подставляя числовое значение  $v_{cp}$ , находим  $v_1 = 10$  м/с,  $v_2 = 5$  м/с.

2. В цилиндрических сообщающихся сосудах находится вода. Площадь поперечного сечения широкого сосуда в 2 раза больше площади поперечного сечения узкого сосуда. В узкий сосуд наливают керосин, который образует столб высотой 20 см. На сколько сантиметров повысится уровень воды в широком сосуде и опустится в узком?

**Возможное решение 2.**

Пусть относительно начального уровня воды в сосудах в узком сосуде уровень воды понизится на  $h_2$ , а в широком повысится на  $h_1$ . Тогда давление столба керосина высотой  $H$  в узкой трубке будет равно  $\rho_k H$ , давление воды в широкой трубке равно  $\rho_v (h_1 + h_2)$ , где  $\rho_k$  - плотность керосина и  $\rho_v$  - плотность воды. Так как жидкости находятся в равновесии, то  $\rho_k H = \rho_v (h_1 + h_2)$ , или  $\rho_k H = \rho_v (h_1 + h_2)$  (1)

Воду считаем несжимаемой жидкостью, поэтому уменьшение объема в узкой трубке площадью  $S$  должно быть равно увеличению объема в широкой трубке площадью  $2S$ :

$$Sh_2 = 2Sh_1, \text{ или } h_2 = 2h_1. \text{ (2)}$$

Подставив найденное значение  $h_2$  в выражение (1) и решив его относительно  $h_1$ , определим:

$$h_1 = \rho_k H / 3\rho_v \text{ (3)}$$

Вычисления дают:  $h_1=5,33\text{см}$ ;  $h_2=12,8\text{см}$ .

3. Вова стоит на эскалаторе, поднимающемся вверх со скоростью  $1\text{м/с}$ . Ровно на половине пути он поравнялся с Катей, стоящей на соседнем эскалаторе, движущемся вниз с той же скоростью. Как Вове быстрее добраться до Кати, если он может двигаться по эскалатору с постоянной скоростью  $u = 2\text{м/с}$ : побежать сначала вверх, сменить эскалатор и побежать вниз, или побежать сначала вниз, сменить эскалатор и побежать навстречу вверх? Считайте, что в обоих случаях Катя не достигает конца эскалатора к моменту встречи.

### **Возможное решение 3.**

Выбор отправной точки (бежать вверх или вниз) неважен, так как затрачиваемое время будет одинаково. Если возьмём не эскалатор, а окружность, получается Вова будет на  $1/4$  пути, Катя на  $3/4$  пути. Учтём, что окружность неподвижна. В обоих случаях мальчику придётся бежать  $s/2$ .

4. На какую глубину погрузится тело, упавшее с высоты  $10\text{ м}$  в воду, если плотность вещества тела  $500\text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $1000\text{ кг/м}^3$ ? Трением о воздух и воду пренебречь.

### **Возможное решение 4.**

При падении с высоты  $h$  потенциальная энергия тела будет переходить в кинетическую и скорость тела будет возрастать. При этом после соприкосновения с водой, т.к.  $\rho < \rho_v$ , скорость тела начнет замедляться за счет действия Архимедовой силы, пока не станет равной  $0$  на глубине  $l$ . Возьмем за нулевой уровень потенциальной энергии уровень погружения тела, тогда, т.к. в начальный момент и в конечной точке скорость равна  $0$ , изменение полной энергии равно изменению потенциальной энергии тела  $\Delta E = \Delta W_{\text{п}} = mg(h+l) = \rho V g(h+l)$ . Эта энергия будет равна работе Архимедовой силы  $A_a = F_a l = \rho_v V g l \Rightarrow \rho V g(h+l) = \rho_v V g l, \rho h + \rho l = \rho_v l, l = h * \rho / (\rho_v - \rho)$ .

Подставив данные, находим  $l = 20\text{ м}$ .

Ответ:  $20\text{ м}$ .

5. Плотность жидкости в  $n$  раз меньше, чем плотность материала тела. Какая часть объема тела будет выступать над поверхностью жидкости, если тело поместить в жидкость?

### **Возможное решение.**

Пусть объём тела  $V$ , плотность тела  $\rho_1$ , плотность жидкости  $\rho_2 = \rho_1/n$ . Пусть над поверхностью выступает  $k$ -я часть объёма ( $k$  от  $0$  до  $1$ ). Соответственно, в воду погружена  $(1-k)$ -я часть. Тело, помещённое в воду, плавает, если сила Архимеда уравновешивает вес тела. Выталкивающая сила равна

$$\rho_2 g (1-k) V.$$

Вес тела

$$mg = \rho_1 V g.$$

Приравниваем:

$$\rho_2 g (1-k) V = \rho_1 V g \quad \rho_2 (1-k) = \rho_1$$

$$1-k = 1/n$$

$$k = 1 - 1/n.$$

Ответ:  $k = 1 - 1/n$ .

## 2 вариант

1. Прямой деревянный цилиндр плавает в воде так, что в нее погружено 0,9 объема цилиндра. Какая часть цилиндра будет погружена в воду, если на воду налить слой масла, полностью закрывающий цилиндр? Плотность масла 800 кг/м<sup>3</sup>, плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>.

### Возможное решение.

Когда цилиндр погружается и в воду, и в масло, то на него будет действовать выталкивающая сила и со стороны воды, и со стороны масла. Поэтому выталкивающая сила (общая) должна уменьшиться на величину силы ( $F_1 = \rho_2 g V_1$ ), с которой вода выталкивает масло, против первоначальной ( $F = 0,9 \rho_1 g V$ ), т. е. выталкивающая сила  $F = 0,9 \rho_1 g V - \rho_2 g V_1$ . Так как какая-то часть цилиндра погружена в воду, то вода также стремится вытолкнуть цилиндр с силой, равной произведению погруженного в нее объема на удельный вес воды, т. е.  $F_2 = \rho_1 g V_2$ . Так как цилиндр находится внутри жидкости, то очевидно, что общая выталкивающая сила  $F$  не превышает выталкивающей силы воды, т. е.  $F = F_2$  или  $0,9 \rho_1 g V - \rho_2 g V_1 = \rho_1 g V_2$ .

Заменяв  $V_1$  на  $V - V_2$  и решив уравнение относительно  $V_2$  (объема той части цилиндра, которая погружена в воду), получим

$$V_2 = V (0,9 \rho_1 - \rho_2) / (\rho_1 - \rho_2).$$

Теперь, заменив  $V_1$  на  $Sh_1$  и  $V$  на  $Sh$ , будем иметь

$$h_1 = h (0,9 \rho_1 - \rho_2) / (\rho_1 - \rho_2).$$

После подстановки численных значений получим  $h_1 = 0,5h$ . Итак, цилиндр погружен в воду на 50%.

2. Цепочка, растянутая на столе, длиной  $l$  начинает скользить по столу, когда длина свисающей части цепочки равна  $l_1$ . Чему равно отношение силы трения покоя к силе давления каната на стол?

### Возможное решение.

Пусть масса цепочки  $m$ . Тогда на единицу длины цепочки приходится масса, равная  $ml$ . Максимальная сила трения покоя  $F_{тр}$  равна силе тяжести свисающей части цепочки:  $F_{тр} = mg l_1 / l$ . Сила давления цепочки на стол равна весу части цепочки длиной  $l - l_1$ ;  $P = mg(l - l_1) / l$ . Тогда искомое отношение будет:  $(mg l_1 / l) / (mg(l - l_1) / l) = l_1 / (l - l_1)$ .

3. Если растягивать пружину силой 8 Н, то длина пружины равна 14 см; если сжимать ее силой 8 Н, то длина пружины 10 см. Какова будет длина пружины, если сжимать ее силой 4 Н?

### Возможное решение.

Согласно закону Гука

$$F_1 = k(x - x_0), F_2 = k(x_0 - x_1)$$

Или

$$8 = k(0,14 - x_0);$$

$$8 = k(x_0 - 0,1)$$

Решаем данную систему уравнений и находим жесткость и длину пружины в нерастянутом состоянии.

$$0,14 - x_0 = x_0 - 0,1;$$

$$x_0 = 0,24; 2 = 0,12 \text{ см,}$$

$$k = F_1 / (x - x_0) = 8 / (0,14 - 0,12) = 8 / 0,02 = 400 \text{ Н/м,}$$

если сжимать с силой  $F_3 = 4 \text{ Н}$ , то

$$F_3 = k(x_0 - x_2);$$

$$x_2 = x_0 - F_3/k, \quad x_2 = 0,12 - 4/400 = 0,12 - 0,01 = 0,11 \text{ м или } 11 \text{ см.}$$

4. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?

**Возможное решение.**

Полная энергия камня  $mv_0^2/2$ . Потенциальная энергия камня равна  $mgh$ . На высоте  $h/2$  кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии. Т.е.  $mgh/2 = mv_0^2/4$ . Отсюда  $h/2 = v_0^2/4g = 2,5 \text{ м.}$

5. В цилиндрический сосуд налиты ртуть и керосин в равных по массе количествах. Общая высота двух слоев жидкостей равна 36 см. Вычислите давление на дно этого сосуда. Плотность ртути 13600 кг/м<sup>3</sup>, плотность керосина 800 кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение 5**

Пусть  $h_1$  - высота столба ртути, а  $h_2$  - высота столба воды. По условию задачи  $h_1 + h_2 = H$ . Масса ртути в цилиндре  $m_1 = \rho_1 V_1 = \rho_1 S h_1$ , где  $S$  - площадь основания цилиндра. Масса воды  $m_2 = \rho_2 S h_2$ . По условию задачи  $m_1 = m_2 \Rightarrow \rho_1 S h_1 = \rho_2 S h_2$ . Получаем систему уравнений:

$$h_1 + h_2 = H,$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2,$$

$$h_2 = \rho_1 / \rho_2 h_1,$$

$$h_1 (1 + \rho_1 / \rho_2) = H,$$

$$h_1 = H \rho_2 / (\rho_1 + \rho_2); \quad h_2 = H \rho_1 / (\rho_1 + \rho_2).$$

Ртуть создаст давление:  $p_1 = \rho_1 g h_1 = H \rho_2 \rho_1 g / (\rho_1 + \rho_2)$ ;

Вода создаст гидростатическое давление:  $p_2 = \rho_2 g h_2 = H \rho_2 \rho_1 g / (\rho_1 + \rho_2)$ .

Давление жидкостей на дно сосуда:  $p = p_1 + p_2 = 2 H \rho_2 \rho_1 g / (\rho_1 + \rho_2) \approx 6,7 \cdot 10^3 \text{ Па}$

### 3 вариант

1. Подбрасывая камень массой 100 г, мальчик приложил силу 10 Н на пути 0,5 м. На какую высоту поднялся камень после отрыва от ладони?

**Возможное решение.**

Работа мальчика равна потенциальной энергии  $m \cdot g \cdot h = F \cdot s$

$$h = F \cdot s / (m \cdot g) = 10 \cdot 0,5 / (0,1 \cdot 10) = 5 \text{ м}$$

2. Если растягивать пружину силой 10 Н, то ее длина равна 16 см, если растягивать ее силой 30 Н, то ее длина 20 см. Какова длина недеформированной пружины?

**Возможное решение.**

По закону Гука  $F = - kx$

Найдем коэффициент деформации  $k = \Delta F / \Delta x = (30 - 10) / (20 - 16) = 20 / 4 = 5 \text{ Н/см}$

Пружина при нагрузке 10 Н имеет длину 16 см, т.е. при снятии нагрузки она сократится на  $\Delta x = F / k = 10 / 5 = 2 \text{ см}$ ,  $16 - 2 = 14 \text{ см}$ .

При отсутствии нагрузки пружина имеет длину 14 см.

3. В сосуде находится один над другим три слоя несмешивающихся жидкостей: воды, керосина и ртути. Высота каждого слоя 5 см. Сделайте пояснительный рисунок и укажите

на нем порядок расположения слоев. Определите давление жидкостей на глубине 7,5 см. Плотность ртути 13600 кг/м<sup>3</sup>, плотность керосина 800 кг/м<sup>3</sup>, плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение.**

В данном случае ртуть опустится вниз, вода будет вторым слоем, а керосин сверху.

Давление складывается из суммы давления слоев: Формула давления жидкости на дно и стенки одинаковая:  $P = pgh$

$$p_1(\text{ртуть}) = 13500 * 10 * 0.05 = 6750 \text{ Па.}$$

$$P_2(\text{вода}) = 1000 * 10 * 0.05 = 500 \text{ Па.}$$

$$P_3(\text{керосин}) = 950 * 10 * 0.05 = 475 \text{ Па.}$$

$$\text{Робщее} = 6750 + 500 + 475 = 7725 \text{ Па.}$$

Это давление всех жидкостей на дно сосуда.

Теперь вычислим давление на глубине 7.5 см.

Определим сумму давлений полного слоя керосина высотой 5 см и слоя воды высотой 2.5 см.

$$P_3(\text{керосин}) = 950 * 10 * 0.05 = 475 \text{ Па.}$$

$$p_2(\text{воды}) = pgh = 1000 * 10 * 0.025 = 250 \text{ Па.}$$

$$\text{Складываем: } p = p_3 + p_2 = 475 + 250 = 725 \text{ Па.}$$

4. Цилиндр, изготовленный из неизвестного материала, плавает на границе двух несмешивающихся между собой жидкостей. Плотность одной жидкости 800 кг/м<sup>3</sup>, другой – 1000 кг/м<sup>3</sup>. Определите плотность вещества цилиндра, если известно, что в нижнюю жидкость он погружен на 2/3 своего объема.

**Возможное решение.**

Пусть  $m$  (кг) - масса цилиндра,  $V$  (м<sup>3</sup>) - его объем, тогда к цилиндру приложены три силы  $F_m$  (Н) - сила тяжести, направленная вниз,  $F_{a1}$  (Н) - сила Архимеда, действие верхней жидкости, направлена вверх,  $F_{a2}$  (Н) - сила Архимеда, действие нижней жидкости, направлена вверх. Цилиндр находится в равновесии с двумя жидкостями, значит равнодействующая всех трех сил равна нулю. Учитывая направления векторов запишем уравнение этих сил  $F_m = F_{a1} + F_{a2}$ . Выразим силы через массу  $m$ , объем  $V$ , плотности  $p_1$  и  $p_2$  жидкостей  $F_m = mg$ ,  $F_{a1} = p_1g(V/3)$ ,  $F_{a2} = p_2g(2V/3)$ . Уравнение сил принимает вид  $mg = p_1g(V/3) + p_2g(2V/3)$ . Обе части полученного уравнения умножим на дробь  $1/(gV)$ , выражение  $m/V$  заменим плотностью  $p$   $p = p_1/3 + 2p_2/3$ . Найдем плотность цилиндра  $p = 800/3 + 2*1000/3 = 933$  (кг/м<sup>3</sup>). Ответ: 933 кг/м<sup>3</sup>.

5. Определите кинетическую энергию и скорость шарика массой 5 г в момент вылета из ствола игрушечного пружинного пистолета, если жесткость пружины равна 200 Н/м, а до выстрела она была сжата на 5 см. Трением можно пренебречь.

**Возможное решение.**

Из условия задачи видно, что потенциальная энергия пружины равна кинетической энергии шарика в момент выстрела:

$$E(k) = E(p). \text{ Или } mv^2/2 = kx^2/2$$

$$\text{Отсюда находим } v = (k x^2 / m)^{0,5}$$

$$v = (200 * 0,05^2) / 0,005)^{0,5} = 10 \text{ м/с.}$$

Теперь можно найти и кинетическую энергию:

$$E(k) = (0,005 * 100) / 2 = 0,25 \text{ Дж.}$$

$$\text{Ответ: } E(k) = 0,25 \text{ Дж, } V = 10 \text{ м/с.}$$

**Задания с ответами для заключительного тура олимпиады школьников имени  
авиастроителя В.А. Окулова  
по физике на 2022/2023 уч. год**

**Оценка решений:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**10 класс**

**1 вариант**

1. Камень бросили со скоростью 20 м/с под углом 45° к горизонту вдоль ровной горизонтальной поверхности. Какое перемещение получит камень за последнюю секунду своего движения? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**Возможное решение.**

При отсутствии учета силы сопротивления воздуха параметры движения в первую и последнюю секунду совпадают.

Соответственно, через секунду после начала движения камень (материальная точка) окажется в точке с координатами:

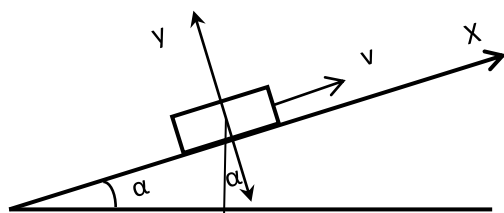
$$x = v_0 \cos \alpha \cdot t; \quad y = v_0 \sin \alpha \cdot t - g \cdot t^2 / 2.$$

Следовательно, модуль вектора перемещения можно найти

$$\Delta r = \sqrt{x^2 + y^2} \approx 17 \text{ м.}$$

2. Грузовик, двигаясь в гору с уклоном 10 м на 100 метров дороги, со скоростью 60 км/ч, подъезжает к светофору. За 30 метров до светофора водитель увидел, что загорелся красный сигнал, и нажал на тормоз. Колеса перестали вращаться, и машина стала тормозить юзом. Успеет ли остановиться грузовик до светофора, если коэффициент трения шин об асфальт равен 0,5?

**Возможное решение.**



$$\sin \alpha = 10/100; \quad x = 30 \text{ м; } \mu = 0,5. \text{ Проверить } s > x ?$$

Путь до остановки  $s = \frac{v_0^2}{2a}$ . Запишем 2 закон Ньютона в проекции на ось  $x$ :

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = -ma,$$

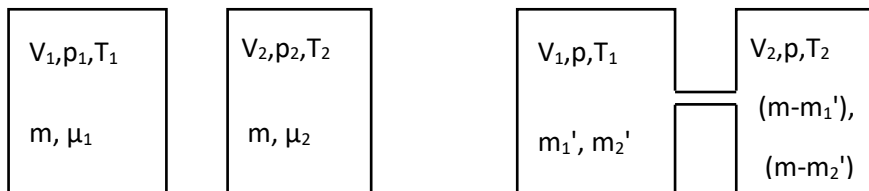
$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha),$$

$$s = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 23,24 \text{ м} < 30 \text{ м}.$$

Значит, грузовик успеет остановиться.

3. В двух термостатированных сосудах находятся одинаковые массы кислорода и азота. В сосуде с кислородом давление  $10^5$  Па и температура  $0^\circ\text{C}$ . В сосуде с азотом давление  $2 \cdot 10^5$  Па и температура  $100^\circ\text{C}$ . Сосуды соединяют тонкой трубкой, газы постепенно перемешиваются. Каким станет давление в системе после установления равновесия? В каждом сосуде поддерживается постоянная температура. Теплообмен с окружающей средой пренебрежимо мал. Молярная масса кислорода  $32$  г/моль, азота  $28$  г/моль.

Решение.



Запишем уравнения закона Менделеева-Клапейрона для начального состояния:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu_1} RT_1; \quad p_2 V_2 = \frac{m}{\mu_2} RT_2$$

и конечного состояния:

$$p V_1 = \left( \frac{m_1'}{\mu_1} + \frac{m_2'}{\mu_2} \right) RT_1; \quad p V_2 = \left( \frac{m-m_1'}{\mu_1} + \frac{m-m_2'}{\mu_2} \right) RT_2.$$

Преобразуем эти выражения:

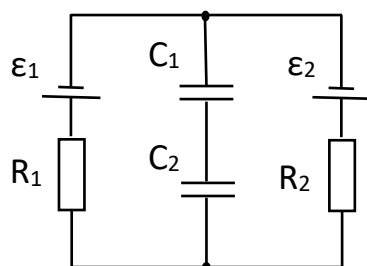
$$p \frac{m}{\mu_1} \frac{RT_1}{p_1} = \left( \frac{m_1'}{\mu_1} + \frac{m_2'}{\mu_2} \right) RT_1;$$

$$p \frac{m}{\mu_2} \frac{RT_2}{p_2} = \left( \frac{m-m_1'}{\mu_1} + \frac{m-m_2'}{\mu_2} \right) RT_2;$$

$$p \left( \frac{1}{\mu_1 p_1} + \frac{1}{\mu_2 p_2} \right) = \left( \frac{m_1' + m - m_1'}{\mu_1} + \frac{m_2' + m - m_2'}{\mu_2} \right) = \frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2};$$

Отсюда окончательное давление  $p$  будет равно  $1,36 \cdot 10^5$  Па.

4. Электрическая схема (Рисунок) состоит из двух конденсаторов емкостями  $C_1=1$  мкФ,  $C_2=4$  мкФ и двух источников тока: первый с ЭДС  $10$  В и внутренним сопротивлением  $2$  Ом, второй с ЭДС  $40$  В и внутренним сопротивлением  $4$  Ом. Найдите, какие заряды установятся у конденсаторов?



Возможное решение.



В установившемся режиме постоянный ток не будет протекать через участок цепи, содержащий конденсаторы. Общая емкость последовательно соединенных конденсаторов

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Сила тока в замкнутой цепи, содержащей источники тока равна:

$$I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_1 + R_2} = 5 \text{ А}.$$

Найдем напряжение на конденсаторах. Примем потенциал верхнего узла  $\varphi_1$ , подключенного к отрицательным клеммам источников за 0 В. Тогда потенциал нижнего узла  $\varphi_2$  можно найти:

$$\varphi_2 = \varepsilon_2 - IR_2 = 40 \text{ В} - 5 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 20 \text{ В}$$

или

$$\varphi_2 = \varepsilon_1 + IR_1 = 10 \text{ В} + 5 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = 20 \text{ В}.$$

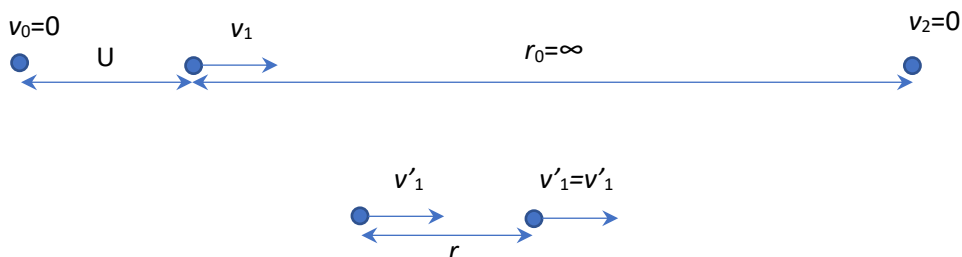
Следовательно, напряжение на участке цепи с конденсаторами  $U=20 \text{ В}$ .

При последовательном соединении конденсаторов заряды всех конденсаторов одинаковы и равны общему заряду всей цепочки конденсаторов. Значит, заряды конденсаторов равны:

$$q_1 = q_2 = q_{12} = C_{12}U = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

5. К покоящемуся в вакууме свободному электрону с большого расстояния приближается другой электрон, который прошел ускоряющую разность потенциалов 100 кВ. На какое минимальное расстояние сможет приблизиться первый электрон ко второму? Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**Возможное решение.**



На верхнем рисунке показано, что первый электрон начал движение в ускоряющем поле из состояния покоя и приобрел скорость  $v_1$  на бесконечно большом расстоянии от изначально неподвижного второго электрона.

Для описания взаимодействия взаимно отталкивающихся электронов удобно использовать законы сохранения импульса и механической энергии для модели абсолютно упругого удара. Очевидно, что наибольшее сближение будет в момент времени, когда у электронов окажутся одинаковые скорости. Это изображено на нижнем рисунке.

Скорость  $v_1$  определяем из закона сохранения энергии:

$$eU = \frac{mv_1^2}{2}; \text{ значит, } v_1 = \sqrt{\frac{2Ue}{m}}.$$

Запишем ЗСИ для АУУ:

$$mv_1 = +mv'_2 = 2mv'_1; v'_1 = 0,5 v_1.$$

Далее запишем ЗСЭ для АУУ:

$$\frac{mv_1^2}{2} = 2 \frac{mv_1'^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}.$$

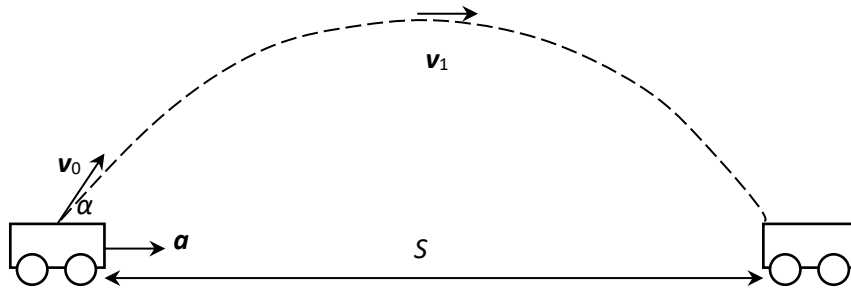
Из этих выражений получаем минимальное расстояние:

$$r = \frac{4e^2}{4\pi\epsilon_0 m v_1^2} = \frac{e^2 m}{2\pi\epsilon_0 m U e} = 0,28 \cdot 10^{-13} \text{ м.}$$

## 2 вариант

1. Во время автошоу каскадер, стоя на разгоняющейся машине, в момент начала движения бросил мяч по направлению движения машины под углом к горизонту. Затем, когда машина разогналась, поймал падающий мяч. Машина непрерывно разгонялась с постоянным ускорением. Найдите ускорение машины, если наибольшая и наименьшая скорости мяча отличались в 2 раза. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

**Возможное решение.**



Если пренебречь силой сопротивления воздуха, то горизонтальная составляющая скорости мяча остается постоянной и равной

$$v_1 = v_{0x} = v_0 \cos \alpha = 0,5 v_0.$$

Время полета мяча равно удвоенному времени подъема.

$$v_{0y} = g t_1; \quad t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}; \quad t = 2 t_1 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Значит длина пути, чтобы снова поймать мяч:

$$S = v_{0x} t = \frac{2 v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}.$$

Машина с каскадером разгоняется с постоянным ускорением на всем пути  $S$ .

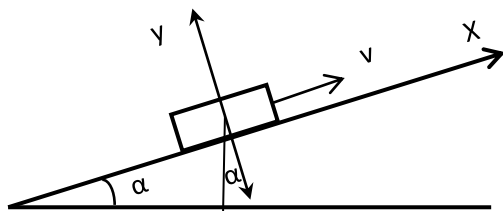
$$S = \frac{a t^2}{2}.$$

Значит ускорение должно быть

$$a = \frac{2S}{t^2} = \frac{g}{\tan^2 \alpha} = 5,77 \text{ м/с}^2.$$

2. На наклонную плоскость с углом  $30^\circ$  к горизонту положили легкую шайбу и щелчком сообщили ей скорость вверх вдоль наклонной плоскости  $v_0$ . Шайба поднялась на некоторую высоту, а затем соскользнула вниз. Коэффициент трения шайбы о наклонную плоскость равен 0,2. Во сколько раз скорость шайбы при возвращении вниз будет отличаться от начального значения?

**Возможное решение.**



Направим ось  $X$  вдоль наклонной плоскости, а ось  $Y$  – перпендикулярно плоскости. Движение происходит только вдоль оси  $X$ . Вдоль этой оси действуют проекции сил тяжести и трения. Запишем 2 закон Ньютона для оси  $X$ .

$$-mg \sin\alpha - \mu mg \cos\alpha = -ma_1,$$

где  $a_1$  – ускорение при движении вверх.

Проекции сил постоянные, значит, движение равноускоренное.

Путь вверх до остановки  $S$

$$S = \frac{v_0^2}{2a_1}; \quad h = S \sin\alpha.$$

Запишем закон сохранения энергии для движения вверх:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + A_{\text{тр}}.$$

Выразим работу силы трения:

$$A_{\text{тр}} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mgv_0^2 \sin\alpha}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{mv_0^2}{2} \frac{\mu\cos\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}.$$

При движении вниз шайба достигнет скорости  $v_2$ .

Так как сила трения постоянна, то ее работа в обоих направлениях будет одинакова.

С учетом этого запишем закон сохранения энергии для полного движения:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + 2A_{\text{тр}}.$$

Выразим остаток кинетической энергии

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} \left( 1 - \frac{2\mu\cos\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha} \right) = \frac{mv_0^2}{2} \frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}.$$

Найдем отношение кинетических энергий в начале и конце движения:

$$\frac{E_{k0}}{E_{k2}} = \frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\sin\alpha - \mu\cos\alpha} = 2.$$

Значит, отношение скоростей  $\frac{v_0}{v_2} = \sqrt{2}$ .

3. Космонавты на орбите провели эксперимент по изучению действия космического излучения на газы. В закрытом сосуде находился кислород с начальным давлением  $10^5$  Па. Под воздействием космического излучения часть молекул кислорода ( $O_2$ ) распалась на атомы (диссоциировала). Относительная доля распавшихся (диссоциировавших) молекул от начального числа молекул называется степенью диссоциации. Часть атомов соединяются с молекулами кислорода, образуя 3-х атомные молекулы озона ( $O_3$ ). В конце эксперимента установилось давление газа  $1,3 \cdot 10^5$  Па. Найдите степень диссоциации, если относительная концентрация молекул озона составляла 10% от начальной концентрации не диссоциировавших молекул. Температуру считать постоянной.

**Возможное решение.**

До начала диссоциации давление определялось только концентрацией молекул кислорода

$$p_0 = n_0 k T.$$

В результате диссоциации возникла смесь, состоящая из:

1) недиссоциировавших 2-атомных молекул кислорода с концентрацией

$$n_{O_2} = (1 - \alpha)n_0 - 0,1n_0;$$

2) одиночных атомов кислорода с концентрацией

$$n_{O_1} = 1\alpha n_0 - 0,1n_0;$$

3) 3-атомных молекул озона с концентрацией

$$n_{O_3} = 0,1n_0.$$

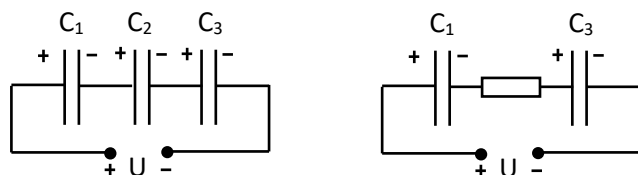
По закону Дальтона общее давление в смеси газов складывается из парциальных давлений всех компонент смеси, температура которых в условиях термодинамического равновесия одинакова:

$$p = kT(n_{02} + n_{01} + n_{03}) = n_0 kT(1 + \alpha - 0,1) = p_0(1 + \alpha - 0,1).$$

Следовательно, степень диссоциации  $\alpha=0,4$  (40%).

4. В школьной лаборатории ребята собрали батарею из 3 последовательно соединенных конденсаторов с емкостями  $C_1=2$  мкФ,  $C_2= 1$  мкФ и  $C_3=5$  мкФ. Батарею подключили к источнику тока с напряжением 200 В. Неожиданно произошел электрический пробой второго конденсатора. Какое количество теплоты выделилось при этом?

**Возможное решение.**



Первоначальное состояние схемы изображено на левом рисунке. Состояние после пробоя – на правом.

Соединение конденсаторов – последовательное, значит заряды всех конденсаторов одинаковые. Во время пробоя цепь не отключена от источника.

$$q_2 = q_1 = q_3 = q = C_{123}U; \quad \frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}; \quad C_{123} = \frac{10}{17}C_2; \quad q_2 = \frac{10}{17}C_2U.$$

При пробое 2-го конденсатора произойдет нейтрализация его заряда, соответственно энергия этого конденсатора выделится в виде теплоты:

$$W_2 = \frac{q_2^2}{2C_2} = \left(\frac{10}{17}\right)^2 \frac{C_2 U^2}{2}.$$

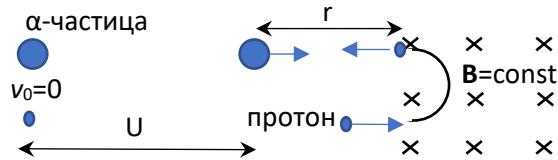
Кроме этого, общая емкость цепи (правый рисунок) увеличится, следовательно от источника перетечет дополнительный заряд, который будет сопровождаться выделением количества теплоты, равного увеличению энергии системы конденсаторов

$$C_{13} = \frac{C_1 C_3}{C_1 + C_3} = \frac{10}{7}C_2; \quad W_{13} = \frac{C_{13} U^2}{2} = \frac{10}{14}C_2 U^2; \quad W_{123} = \frac{C_{123} U^2}{2} = \frac{10}{34}C_2 U^2.$$

Общее выделение теплоты

$$\Delta Q = W_2 + (W_{13} - W_{123}) = \left(\left(\frac{10}{17}\right)^2 + \frac{10}{7} - \frac{10}{17}\right) \frac{C_2 U^2}{2} = 0,024 \text{ Вт}.$$

5. Протоны и альфа-частицы движутся в вакууме параллельно. Они последовательно проходят одинаковую ускоряющую разность потенциалов  $U$  (Рисунок). Протон, движущийся впереди, попадает в однородное магнитное поле с индукцией  $B= 1$  Тл, силовые линии которого перпендикулярны направлению движения протона. Описав полуокружность радиуса 4 мм, протон движется навстречу альфа-частице. На какое минимальное расстояние могут сблизиться эти частицы? Масса протона  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг, масса альфа-частицы равна 4 массам протона. Заряд протона  $+1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл, заряд альфа-частицы равен 2 зарядам протона. Считать, что начальные скорости частиц равны нулю.



### Возможное решение.

Скорости частиц после прохождения ускоряющего поля можно найти из закона сохранения энергии:

$$\frac{m_n v_n^2}{2} = eU; \quad v_n = \sqrt{\frac{2eU}{m_n}}; \quad \text{соответственно } v_\alpha = \sqrt{\frac{eU}{m_\alpha}}.$$

В магнитном поле на протон действует сила Лоренца, сообщающая ему только центростремительное ускорение, которое можно найти из 2 закона Ньютона:

$$m_n \frac{v_n^2}{R} = e v_n B; \quad R = \frac{m_n v_n}{eB} = \frac{m_n}{eB} \sqrt{\frac{2eU}{m_n}}.$$

С помощью этих выражений можно найти скорости частиц:

$$v_n = \sqrt{\frac{2eU}{m_n}} = \frac{eBR}{m_n}, \quad \text{следовательно, } v_\alpha = \frac{v_n}{\sqrt{2}}.$$

Частицы являются одноименно заряженными, следовательно, они должны отталкиваться. Их взаимодействие описывается моделью абсолютно упругого удара.

Поскольку начальный импульс  $\alpha$ -частицы ( $p_\alpha = 2\sqrt{2}p_n$ ) больше импульса протона, то протон остановится и полетит обратно. Наименьшее расстояние между частицами будет, когда их скорости будут равны. Запишем уравнения законов сохранения импульса и энергии:

$$-m_n v_n + m_\alpha v_\alpha = v(m_n + m_\alpha), \quad v = \frac{m_\alpha v_\alpha - m_n v_n}{m_n + m_\alpha} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} m_\alpha - m_n}{m_n + m_\alpha} v_n;$$

$$\frac{m_n v_n^2}{2} + \frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2} = \frac{(m_n + m_\alpha) v^2}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}.$$

Учитывая соотношение масс и начальных скоростей частиц, из этих уравнений можно получить выражение для  $r$ :

$$r = \frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 m_n v_n^2 (1,5 + \frac{(2\sqrt{2}-1)^2}{10})} = \frac{m_n}{2\pi\epsilon_0 B^2 R^2 (1,5 + \frac{(2\sqrt{2}-1)^2}{10})} \approx 10^{-8} \text{ м.}$$

### 3 вариант

1. Мальчик, играя в футбол на берегу моря, сильным ударом отправил мяч по высокой траектории с начальной скоростью 20 м/с, под углом  $30^\circ$  к горизонту в сторону от моря. С моря дул сильный ветер, который подхватил мяч. Чему равна работа силы ветра за время полета мяча? Можно считать силу действия ветра на мяч постоянной и пропорциональной квадрату радиуса мяча с коэффициентом пропорциональности  $k=165,3 \text{ кг}/(\text{м}^2)$ . Диаметр футбольного мяча равен 22 см, масса мяча 400 г. Изменением высоты берега пренебречь.

#### Возможное решение.

Мяч проведет в полете время равное удвоенному времени подъема на максимальную высоту.

$$v_{1y} = v_{0y} - gt_1 = v_0 \sin \alpha - gt_1 = 0, \quad t = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Сила сообщает постоянное ускорение

$$a = \frac{F}{m} = \frac{kd^2}{4m}.$$

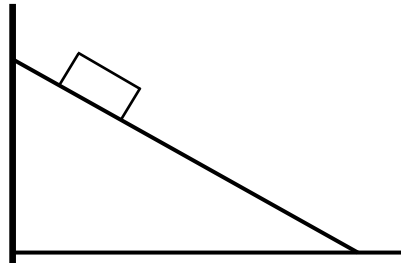
Мяч пролетит по горизонтали путь

$$S = v_{0x}t + \frac{at^2}{2} = 79,28 \text{ м}.$$

Работа силы на этом пути

$$A = F S = 158,5 \text{ Дж}.$$

2. Около вертикальной стенки поставили клин (см. Рис), который может скользить по полу. Угол между плоскостью клина и горизонтом можно плавно изменять. На наклонную поверхность клина кладут груз. Коэффициент трения между поверхностью клина и грузом равен 0,2. При каких значениях угла наклона поверхности клина сила давления клина на вертикальную стенку будет минимальной?



#### Возможное решение.

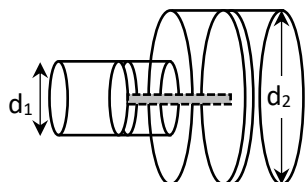
Как видно из рисунка, если груз лежит на клине неподвижно, то клин не будет оказывать давление на стенку. Для подтверждения этого можно мысленно отодвинуть клин от стенки. Если груз будет скользить вниз по клину, то вследствие выполнения закона сохранения импульса клин будет стремиться двигаться в противоположную сторону и, следовательно, давить на стенку. Таким образом, условием отсутствия давления клина на стенку является неподвижность груза при выполнении условия, что проекция силы тяжести, действующей на груз, на поверхность клина не превышает максимальной величины силы трения покоя.

$$mg \sin \alpha \leq \mu mg \cos \alpha, \quad \operatorname{tg} \alpha \leq \mu, \quad \alpha \leq \arctg \mu = 11,3^\circ$$

Значит, угол клина должен быть меньше 11,3 градусов.

(При угле клина 90 градусов тоже не будет давления, но это будет не клин).

3. Две цилиндрические трубы с диаметрами  $d_1=10$  см и  $d_2= 30$  см соединены, как показано на рисунке. Внутри трубы герметично закрыты поршнями, которые соединены между собой жестким стержнем так, что они могут перемещаться только вместе. В пространстве между поршнями находится газ. Внешние концы труб открыты. При начальной температуре газа между поршнями  $T_0=300$  К поршни находятся на одинаковом расстоянии от места соединения труб. До какого значения нужно изменить температуру газа между поршнями, чтобы поршень большего диаметра сместился до упора влево?



**Возможное решение.**

Очевидно, что вначале давление между поршнями равно атмосферному. При изменении температуры между поршнями за счет их подвижности будет меняться объем, чтобы обеспечить постоянство давления.

Если газ между поршнями нагреть, то объем между поршнями должен увеличиться, следовательно, система сместится вправо. Если газ охладить – то смещение будет влево. Условию задачи удовлетворяет последний случай. Найдем, до какой температуры необходимо охладить газ, чтобы при смещении большего поршня до упора влево давление еще оставалось равным окружающему, атмосферному. То есть процесс изобарный.

Пусть расстояние между поршнями  $h$ .

Начальный объем

$$V_0 = V_1 + V_2 = (S_1 + S_2)h = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + d_2^2)h = 10 \frac{\pi}{4} d_1^2 h.$$

После смещения влево до упора объем станет равен

$$V = 2 \frac{\pi}{4} d_1^2 h.$$

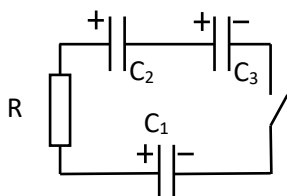
То есть объем уменьшится в 5 раз.

По закону Гей-Люссака абсолютная температура тоже должна уменьшиться в 5 раз.

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}, \quad T = \frac{V}{V_0} T_0 = 60 \text{ К.}$$

Значит газ надо охладить на 240 К.

4. Во время проведения лабораторных занятий по электричеству школьники сделали три конденсатора с емкостями  $C_1=1$  пФ,  $C_2=1$  пФ и  $C_3=3$  пФ. Все конденсаторы были заряжены от одного источника тока до напряжения 21 вольт. Заряженные конденсаторы, с соблюдением полярности, вместе с резистором были включены в последовательную схему, изображенную на Рисунке. Какое напряжение установится на конденсаторе  $C_3$  после замыкания ключа?



**Возможное решение.**

$$C_1=C_2=C, \quad C_3=3C, \quad U_0=21\text{В}, \quad C=1\text{пФ}.$$

Начальные заряды на конденсаторах.

$$q_1=q_2=CU_0, \quad q_3=3CU_0.$$

Установившиеся заряды после замыкания цепи отметим штрихом.

По закону сохранения заряда алгебраическая сумма зарядов замкнутой системы не изменяется. Также используем, что при отсутствии перемещения заряда вдоль проводника, его потенциал будет постоянным во всех точках. Заряды на обкладках одного конденсатора одинаковые.

Следовательно:

$$U_1=U_2+U_3.$$

Заряд между соединенными обкладками 2 и 3 конденсатора

$$q'_{23}=q_3-q_2=3CU_0-CU_0=2CU_0.$$

Заряд между соединенными обкладками 1 и 3 конденсатора

$$q'_{13}=-q_1-q_3=-CU_0-3CU_0=-4CU_0.$$

По закону сохранения заряда:

$$q'_1+q'_2=q_1+q_2; \quad q'_1+q'_3=q_1+q_3.$$

Выразим установившиеся напряжения на конденсаторах:

$$U_1 = \frac{q'_1}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q'_2}{C_2}, \quad U_3 = \frac{q'_3}{C_3}.$$

Выразим новые заряды из уравнений ЗСЗ:

$$q'_1 = q_1 + q_3 - q'_3; \quad q'_2 = q_1 + q_2 - q'_1 = q_2 - q_3 + q'_3.$$

Подставим эти выражения в уравнение для напряжений на конденсаторах:

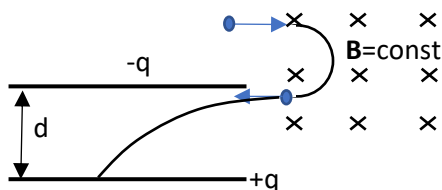
$$\frac{q_1+q_3-q'_3}{C_1} = \frac{q_2-q_3+q'_3}{C_2} + \frac{q'_3}{C_3}.$$

Выразим заряды через соответствующие емкости:

$$\frac{CU_0+3CU_0-3CU_3}{C} = \frac{CU_0-3CU_0+3CU_3}{C} + \frac{3CU_3}{3C}.$$

$$\text{Следовательно, } U_3 = \frac{6}{7}U_0 = 18 \text{ В}.$$

5. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 мТл и описывает половину дуги окружности (Рисунок) радиуса 5,7 см, после чего он влетает внутрь плоского конденсатора вдоль отрицательно заряженной обкладки (Рисунок). Заряд конденсатора  $37,75 \cdot 10^{-12}$  Кл, расстояние между обкладками 2 см, площадь обкладок  $100 \text{ см}^2$ . По достижении положительно заряженной обкладки скорость электрона оказалась в 2 раза больше начальной. Чему равна скорость электрона в конце движения? Заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Масса электрона  $9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

**Возможное решение.**

Пусть скорость электрона вначале  $v_1$ , а в конце -  $v_2$ . По условию  $v_2=2v_1$ .

Магнитное поле не изменяет модуль скорости электрона. Запишем 2 закон Ньютона для действия силы Лоренца:



$$ev_1B = m \frac{v_1^2}{R}.$$

Выразим скорость  $v_1 = \frac{eBR}{m}$ .

В конденсаторе электрон ускоряется проходя разность потенциалов между пластинами.

Запишем закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + eU, \quad U - \text{напряжение между обкладками конденсатора.}$$

Электростатическое поле в конденсаторе однородное. Значит:

$$U = Ed, \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}, \quad \sigma = \frac{q}{S}, \quad U = \frac{qd}{\varepsilon_0 S} \text{ (в конденсаторе вакуум для движения электрона).}$$

Запишем ЗСЭ с учетом всех полученных выражений:

$$\frac{4mv_1^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{eqd}{\varepsilon_0 S}.$$

Отсюда получаем выражение для конечной скорости:

$$v_2 = 2v_1 = 2 \sqrt{\frac{2eqd}{3\varepsilon_0 Sm}} = 2 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

**Задания с ответами для заключительного тура олимпиады школьников имени  
авиастроителя В.А. Окулова  
по физике на 2022/2023 уч. год**

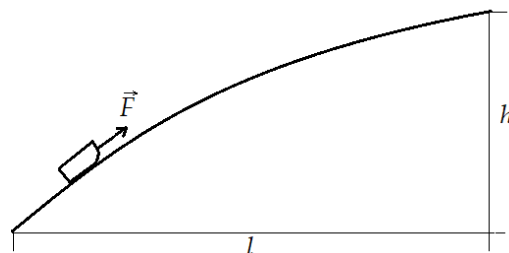
**Оценка решений:**

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.

**11 класс**

**1 вариант**

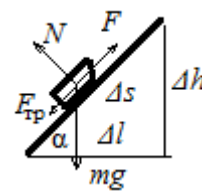
1. При подъеме санок массой  $m = 10$  кг на горку была совершена работа  $A = 1470$  Дж. Горка имеет плавно меняющийся наклон и высоту  $h = 10$  м. Сила, действующая на санки направлена касательно к горке. Горизонтальное перемещение санок  $l = 50$  м. Найти коэффициент трения санок о поверхность горки.



**Возможное решение.**

Рассмотрим работу  $\Delta A$  перемещения санок на малом участке длиной  $\Delta s$ .

Данный участок можно рассматривать как наклонную плоскость с некоторым углом наклона  $\alpha$ .



Т.к. сила реакции опоры равна  $N = mg \cos \alpha$ ,

то сила трения равна  $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$ ,

поэтому  $F = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$ .

$$\Delta A = F \Delta s = (mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha) \Delta s.$$

Из рис. видно, что  $\Delta s \sin \alpha = \Delta h$ ,  $\Delta s \cos \alpha = \Delta l$ .

тогда  $\Delta A = mg \Delta h + \mu mg \Delta l$ , т.е. работа определяется вертикальным и горизонтальным перемещениями.

Суммируя работу на малых участках, получим

$$A = mgh + \mu mgl. \text{ Отсюда}$$

$$\mu = \frac{A-mgh}{mgl} = 0,094.$$

2. Упругий мячик брошен со скоростью 8 м/с под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Потом он стукнулся о вертикальную стенку и упал на землю на расстоянии 1 м от нее. Плоскость его полета перпендикулярна стенке. Определите высоту, с которой мячик бросили. Начальное его расстояние от стенки было 5 м.

**Возможное решение.**

Т.к. по условию задачи возможны разные значения  $\alpha = \pm 60^\circ$ , возможны разные случаи бросания мячика.

а) При  $\alpha = 60^\circ$ . Без стенки мячик двигался бы по траектории OAB со временем  $\tau_{\text{п}}$  (рис.). Видно, что участок траектории AB\* после соударения симметричен участку траектории AB.

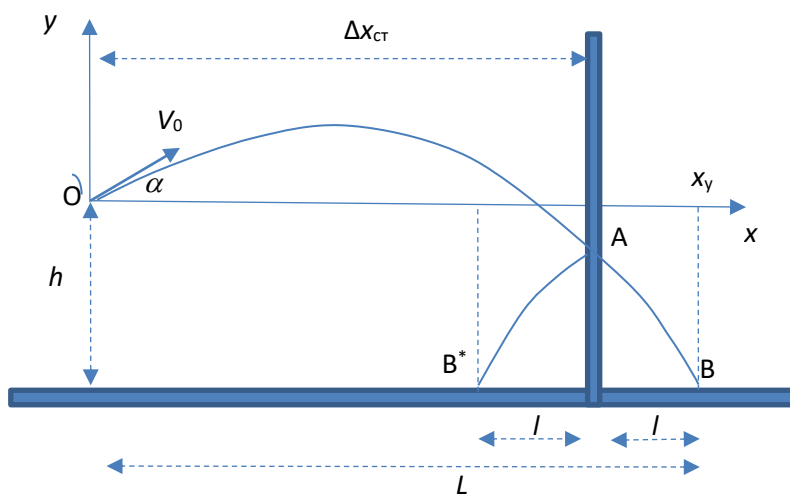


Рис.

Тогда время падения на землю равно  $\tau_{\text{п}} = \frac{l + \Delta x_{\text{ст}}}{V_{0x}} = \frac{l + \Delta x_{\text{ст}}}{V_0 \cos \alpha}$

$$y_{\text{п}} = -h = V_{0y} \tau_{\text{п}} - \frac{g \tau_{\text{п}}^2}{2} = V_0 \sin \alpha \tau_{\text{п}} - \frac{g \tau_{\text{п}}^2}{2}$$

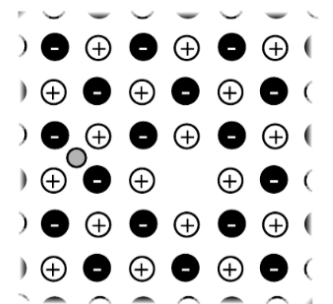
$$\Rightarrow h = -V_0 \sin \alpha \left( \frac{l + \Delta x_{\text{ст}}}{V_0 \cos \alpha} \right) + \frac{g \left( \frac{l + \Delta x_{\text{ст}}}{V_0 \cos \alpha} \right)^2}{2}.$$

Ответ :

а) при  $\alpha = 60^\circ \Rightarrow h = 0,858$  м

б) при  $\alpha = -60^\circ \Rightarrow h = 21,6$  м

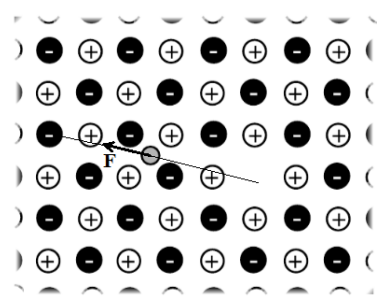
3. На рис. показан один слой кристаллической структуры соли NaCl. Регулярная структура простирается во всех трех пространственных направлениях. Черные кружки изображают ионы хлора с зарядом  $-e$ , светлые кружки – ионы натрия с зарядом  $+e$ . ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл). Расстояние между центрами соседних атомов  $d \approx 0,3$  нм. Реальные кристаллы не бывают совершенными, содержат дефекты – нарушения кристаллической структуры. Участок, показанный на рисунке, имеет два дефекта: отсутствующий атом (вакансию) и атом лития, внедрившийся в промежуток между атомами кристалла (атом примеси). Если атом лития ионизован и имеет заряд  $+e$ , какая результирующая сила действует на него со



стороны всех атомов кристалла. Предполагается, что поблизости отсутствуют другие дефекты кристалла. Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

**Возможное решение.**

В кристалле без дефектов воздействие на ион лития иона кристалла компенсируется воздействием такого же иона, расположенного симметрично относительно иона лития. В случае наличия вакансии, сила взаимодействия с ионом, расположенным симметрично к вакансии остается не компенсированным. Результирующая сила будет равна силе притяжения этим ионом



$$F = k \frac{e^2}{r^2}$$

$r$  – расстояние между ионами.  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ .

Из рисунка находим

$$r = \sqrt{2,5^2 + 0,5^2}d = \sqrt{6,5}d$$

$$F = k \frac{e^2}{6,5 d^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{6,5(0,3 \cdot 10^{-9})^2} \approx 3,94 \cdot 10^{-10} \text{ Н.}$$

4. На рис. приведены положения маленькой лампочки  $S$  и ее изображения  $S^*$ , полученного в тонкой линзе при использовании зеркала. Изобразите, как при этом было расположено зеркало.  $F$  – фокус линзы.

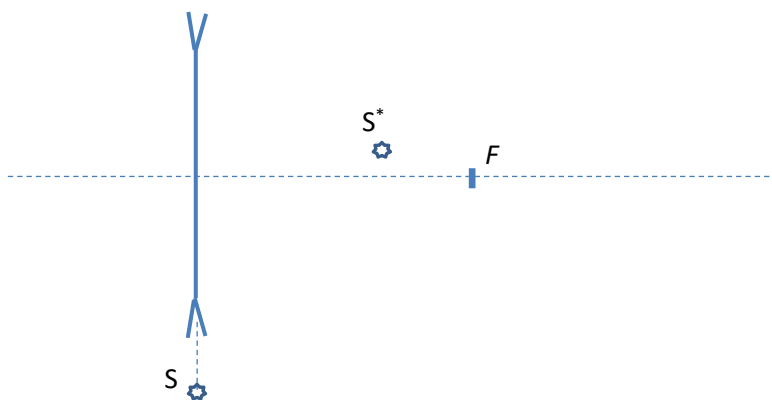


Рис.

**Возможное решение.**

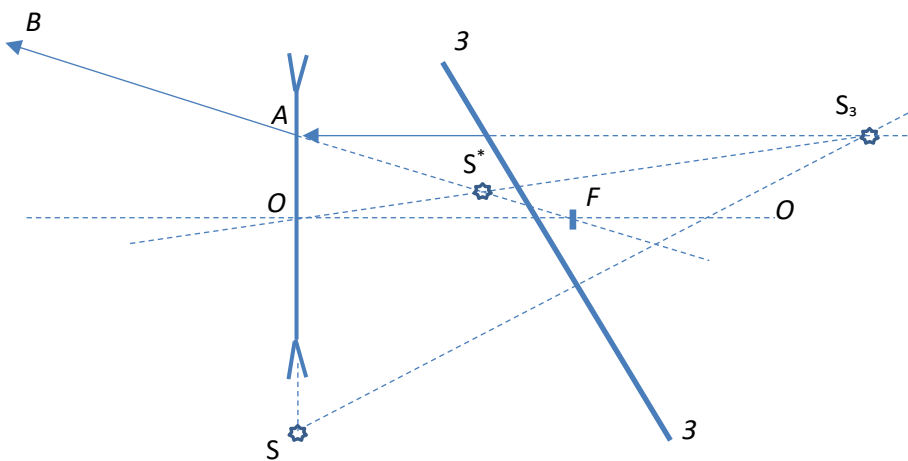


Рис.

Линза рассеивающая.

Строим линию  $AS^*F$ , так что продолжение луча  $AB$  идет через фокус.

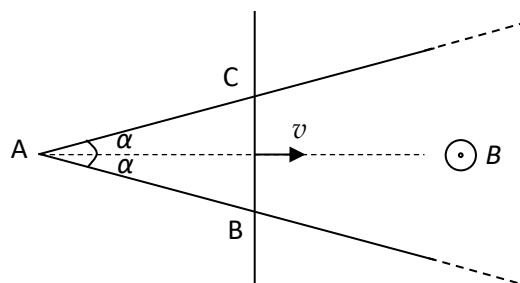
Затем проводим  $AS_3$  параллельно  $OO$ .

Строим линию  $OS^*S_3$  до пересечения с  $AS_3$ .

Точка  $S^*$  - изображение источника  $S$  в зеркале.

Отрезок  $SS_3$  делим пополам и перпендикулярно к нему располагаем зеркало  $33$ .

5. Длинный прямолинейный провод согнут под углом  $2\alpha$  ( $\sin \alpha = 1/4$ ) и расположен перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией  $B = 1$  Тл. Другой, достаточно длинный провод расположен перпендикулярно биссектрисе угла при вершине  $A$  и скользит равномерно со скоростью  $v = 5$  м/с вдоль биссектрисы контактируя с согнутым проводом. Провода имеют сопротивление на единицу длины  $R_l = 0,1$  Ом/м. Найти ток, протекающих в проводах, образующих треугольник  $ABC$ .



**Возможное решение.**

Пусть высота треугольника  $ABC$  равна  $h$ .

Из рис. видно, что длина отрезка  $BC$   $l = 2h \operatorname{tg} \alpha$ .

Тогда ЭДС индукции, возникающая в движущемся проводе

$$\mathcal{E}_i = Bvl = 2Bvh \operatorname{tg} \alpha.$$

Т.к. длина сторон треугольника  $ABC$

$$L = \frac{2h}{\cos \alpha} + 2h \operatorname{tg} \alpha,$$

то сопротивление контура  $ABC$  равно  $R = R_l L$ .

Окончательно, ток в контуре равен

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{2Bvh \operatorname{tg} \alpha}{R_l \left( \frac{2h}{\cos \alpha} + 2h \operatorname{tg} \alpha \right)} = \frac{Bv \sin \alpha}{R_l (1 + \sin \alpha)} = 10 \text{ А.}$$

## 2 вариант

1. В емкости размешали воду и некоторую жидкость. Масса приготовленной смеси  $0,3$  кг, а ее плотность  $0,9$  г/см<sup>3</sup>. Определите массу жидкости, если ее плотность  $800$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $1$  г/см<sup>3</sup>. Считать что, объем смеси равен объему ее составляющих элементов.

**Возможное решение.**

По определению средняя плотность равна  $\rho_{\text{см}} = \frac{M}{V_{\text{в}} + V_{\text{ж}}} = \frac{M}{\frac{M - M_{\text{ж}}}{\rho_{\text{в}}} + \frac{M_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}}}$

Преобразуем,  $\frac{M}{\rho_{\text{в}}} + M_{\text{ж}} \left( \frac{1}{\rho_{\text{ж}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right) = \frac{M}{\rho_{\text{см}}}$ ,

тогда имеем  $M_{\text{ж}} = \frac{M \left( \frac{1}{\rho_{\text{см}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right)}{\left( \frac{1}{\rho_{\text{ж}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right)} = \frac{M(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{см}})\rho_{\text{ж}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{ж}})\rho_{\text{см}}} = 133 \text{ г.}$

2. При движении автомобиля по ровной горизонтальной дороге со скоростью  $v_1 = 90 \text{ км/ч}$  двигатель развивает мощность  $P_1 = 50 \text{ л.с.}$  ( $1 \text{ л.с.} = 745 \text{ Вт}$ ). Почти вся работа двигателя идет на преодоление силы сопротивления, которая пропорциональна квадрату скорости. При увеличении подачи топлива двигатель стал вырабатывать мощность  $P_2 = 65 \text{ кВт}$ . Какова будет скорость автомобиля при такой мощности?

**Возможное решение.**

Проекция сила сопротивления  $F_c = -kv^2$ .

При равномерном движении сила тяги двигателя равна силе сопротивления.

Мощность двигателя

$$P = Fv = kv^3.$$

Соответственно  $P_1 = kv_1^3$ ,  $P_2 = kv_2^3$ .

Тогда имеем

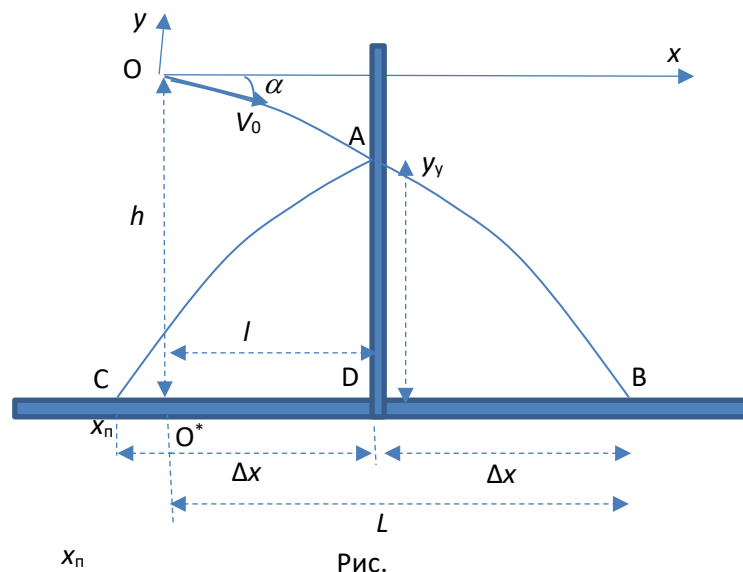
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{v_2^3}{v_1^3}.$$

Окончательно получаем  $v_2 = v_1 \sqrt[3]{\frac{P_2}{P_1}} = 108 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

3. Упругий мячик в некоторый момент времени оказался на высоте  $h = 3 \text{ м}$  над горизонтальной поверхностью земли и на расстоянии  $l = 1,25 \text{ м}$  от вертикальной стенки, и летел вниз под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту со скоростью  $12 \text{ м/с}$ . Определите координаты места падения мячика на землю. Начало системы координат выберите совпадающим с положением мячика в этот момент времени.

**Возможное решение**

Пусть, для определенности, выберем начало системы отсчета в положении мячика в этот момент времени, а оси  $x$ ,  $y$  направим вправо и вверх соответственно (рис. ).

**Возможное решение.**

Время до соударения со стенкой равно  $\tau_y = \frac{l}{V_{0x}} = \frac{l}{V_0 \cos \alpha}$ , время падения на землю равно  $\tau_{\Pi} = \frac{l + \Delta x}{V_{0x}} = \frac{l + \Delta x}{V_0 \cos \alpha}$ .

Т.к. удар о стенку - абсолютно упругий, то при этом проекция  $V_{0y}$  сохраняется, а проекция  $V_{0x}$  после удара меняет знак. Тогда время падения на землю  $\tau_{\Pi}$  определяется из уравнения

$$y_{\Pi} = -h = V_{0y} \tau_{\Pi} - \frac{g \tau_{\Pi}^2}{2} = -V_0 \sin \alpha \tau_{\Pi} - \frac{g \tau_{\Pi}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \tau_{\Pi} = -\frac{V_0 \sin \alpha}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}}.$$

Или т.к.  $\tau_{\Pi} > 0$ ,  $\Rightarrow \tau_{\Pi} = -\frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}}$ .

Причем, чтобы столкновение мячика со стенкой состоялось, необходимо выполнение  $\tau_{\Pi} \geq \tau_y$ .

Без стенки мячик двигался бы по траектории OAB со временем  $\tau_{\Pi}$  (рис. ). Видно, что участок траектории AC после соударения симметричен участку траектории AB.

Тогда координаты падения

$$y_{\Pi} = -h,$$

$$x_{\Pi} = l - V_{0x}(\tau_{\Pi} - \tau_y) = 2l - V_{0x} \tau_{\Pi} = 2l - V_0 \cos \alpha \left( -\frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}} \right) = -1,45 \text{ м.}$$

Или эквивалентное решение может быть представлено:

Если  $\Delta x = (L - l)$  - расстояние по оси  $x$ , которое не долетел мячик до соударения с землей из за удара о стенку, тогда координаты падения

$$y_{\Pi} = -h,$$

$$x_{\Pi} = l - \Delta x = l - (L - l) = 2l - L = 2l - V_{0x} \tau_{\Pi} = 2l - V_0 \cos \alpha \left( -\frac{V_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{V_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}} \right) = -1.45 \text{ м.}$$

4. Автоматический электрический инкубатор способен поддерживать заданную температуру с точностью  $\pm 0,1$  °C и имеет нагреватель мощностью  $P_{\text{и}} = 75$  Вт. Инкубатор настроен на поддержание температуры  $t_{\text{и}} = 38$ °C. В помещении с температурой  $t_1 = 22$ °C в установившемся режиме термореле инкубатора работал циклически: в течении времени  $\tau_1 = 7$  мин нагреватель включен, в течении  $\tau_2 = 8$  мин выключен. Какова будет средняя мощность, потребляемая инкубатором, в установившемся режиме если температура помещения снизится до  $t_2 = 16$ °C. Считать, что количество теплоты, теряемое инкубатором за единицу времени пропорционально разности температур внутри инкубатора и окружающего воздуха.

**Возможное решение.**

Средняя мощность по определению:

$$\text{При температуре } t_1: P_1 = \frac{P_{\text{и}} \tau_1}{\tau_1 + \tau_2}.$$

Для установившегося режима  $P_1 = k(t_{\text{и}} - t_1)$ ,  $k$  - коэффициент пропорциональности.

$$\text{тогда имеем } k = \frac{P_1}{(t_{\text{и}} - t_1)}.$$

При температуре  $t_2$ , аналогично:

$$P_2 = k(t_{\text{и}} - t_2),$$

Подставляя  $k$

$$P_2 = P_1 \frac{t_{\text{и}} - t_2}{t_{\text{и}} - t_1} = \frac{P_{\text{и}} \tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \frac{t_{\text{и}} - t_2}{t_{\text{и}} - t_1} = \frac{75 \cdot 7}{15} \frac{20}{16} = 48,1 \text{ Вт.}$$

5. Какое напряжение установится на конденсаторах после замыкания ключа К? Конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  изначально не заряжены, а конденсатор  $C_4$  заряжен до напряжения  $U_0 = 300$  В.  $C_1 = 10$  мкФ,  $C_2 = 30$  мкФ,  $C_3 = 20$  мкФ,  $C_4 = 15$  мкФ.

**Возможное решение.**

Эквивалентные преобразования схемы дает

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = 7,5 \text{ мкФ.}$$

$$C_{123} = C_{12} + C_3 = 27,5 \text{ мкФ.}$$

$$C_{1234} = C_{123} + C_4 = 42,5 \text{ мкФ.}$$

Начальный заряд на конденсаторе  $C_4$ :  $q = C_4 U_0$ .

После замыкания ключа напряжение на составном конденсаторе будет равно напряжению на параллельно соединенных конденсаторах  $C_3$  и  $C_4$ :

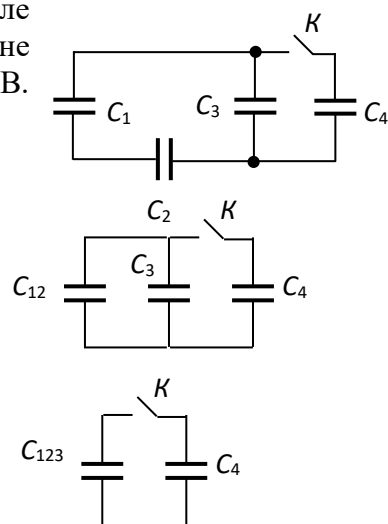
$$U_{12} = U_3 = U_4 = \frac{q}{C_{1234}} = \frac{C_4 U_0}{C_{1234}} = \frac{15 \cdot 300}{42,5} = 106 \text{ В}$$

Тогда заряды на первом и втором конденсаторах равны

$$q_{12} = C_{12} U_{12} = C_1 U_1 = C_2 U_2$$

Следовательно напряжение на последовательно соединенных  $C_1$  и  $C_2$ :

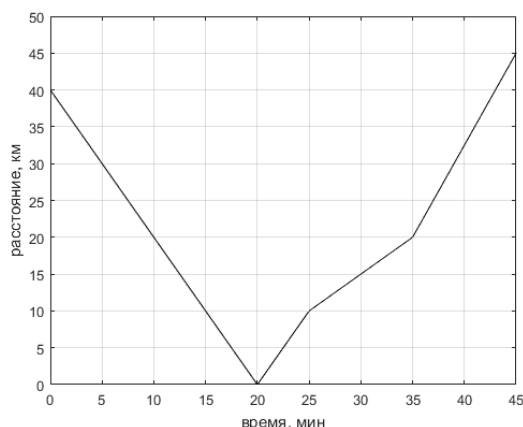
$$U_1 = \frac{C_{12}}{C_1} U_{12} = 79,5 \text{ В}, \quad U_2 = \frac{C_{12}}{C_2} U_{12} = 26,5 \text{ В}$$





### 3 вариант

1. На рисунке приведен график зависимости расстояния между двумя автомобилями от времени. Известно, что автомобили двигались в противоположных направлениях, первый автомобиль все время двигался с постоянной скоростью, второй сначала двигался равномерно, сделал остановку и продолжил движение в том же направлении. Какова была скорость первого автомобиля? Какова была скорость второго автомобиля до остановки? Какова была скорость второго автомобиля после остановки?



#### Возможное решение.

Относительная скорость автомобилей при встречном движении

$$v_{\text{отн}} = v_1 + v_2.$$

В промежутке от 0 до 20 мин

$$v_{\text{отн}} = \frac{40 \text{ км}}{20 \text{ мин}} = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

В промежутке от 20 до 25 мин

$$v_{\text{отн}} = \frac{10 \text{ км}}{5 \text{ мин}} = 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

В промежутке от 25 до 35 мин

$$v_{\text{отн}} = \frac{10 \text{ км}}{10 \text{ мин}} = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

В промежутке от 35 до 45 мин

$$v_{\text{отн}} = \frac{25 \text{ км}}{10 \text{ мин}} = 150 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Наименьшее значение  $v_{\text{отн}}$  соответствует случаю, когда второй автомобиль остановился. Тогда скорость первого автомобиля  $v_1 = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

Скорость второго автомобиля до остановки  $v_2 = 120 - 60 = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ .

Скорость второго автомобиля после остановки

$$v_2' = 150 - 60 = 90 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

2. Мешочек с песком массой 1 кг подбросили вертикально вверх со скоростью 10 м/с над стрелком. В момент, когда мешок достиг высшей точки траектории, стрелок произвел выстрел. Пуля массой 10 грамм со скоростью 800 м/с попала в центр мешка и застряла в нем. Найдите общее время движения мешка до падения. Размерами стрелка пренебrecь.

**Возможное решение.**

В верхней точке траектории, на высоте  $h_1$  мешок оказался через время  $t_1$ .

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = 1 \text{ с}, \quad h_1 = \frac{gt_1^2}{2} = 5 \text{ м.}$$

Скорость мешка в этой точке равна нулю. Мешок с пулей получают скорость  $U$  вследствие абсолютно неупругого удара и дополнительно поднимаются на высоту  $\Delta h$  за время  $\Delta t$ .

$$m_{\text{п}}v_{\text{п}} = (m_{\text{п}} + m_{\text{м}})U, \quad \text{м} \quad U = \frac{m_{\text{п}}v_{\text{п}}}{(m_{\text{п}} + m_{\text{м}})} = 7,92 \text{ м/с,}$$

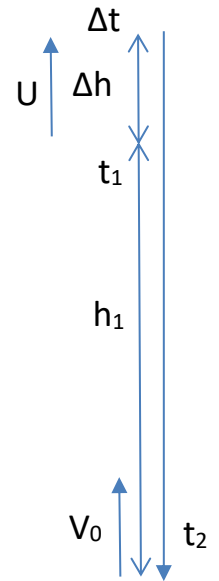
$$\Delta t = \frac{U}{g} = 0,792 \text{ с}, \quad \Delta h = \frac{g\Delta t^2}{2} = 3,14 \text{ м.}$$

Затем тело стало свободно падать с высоты  $h_2 = h_1 + \Delta h$ .

Время падения  $t_2$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_2}{g}} = 1,28 \text{ с}$$

Общее время движения  $t = (t_1 + \Delta t + t_2)$  равно 3,07 с.



3. Упругий мячик брошен с высоты 2 м от земли вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту со скоростью 9 м/с. Двигаясь далее, он стукнулся о вертикальную стенку и упал на землю. К моменту падения на землю его горизонтальная координата уменьшилась на 0,7 м по сравнению с первоначальным значением. Горизонтальная ось координат направлена к стенке. Определите расстояние мячика от стенки в начальный момент.

**Возможное решение.**

Пусть, для определенности, выберем начало системы отсчета в положении мячика в этот момент времени, а оси  $x$ ,  $y$  направим вправо и вверх соответственно (рис. ).

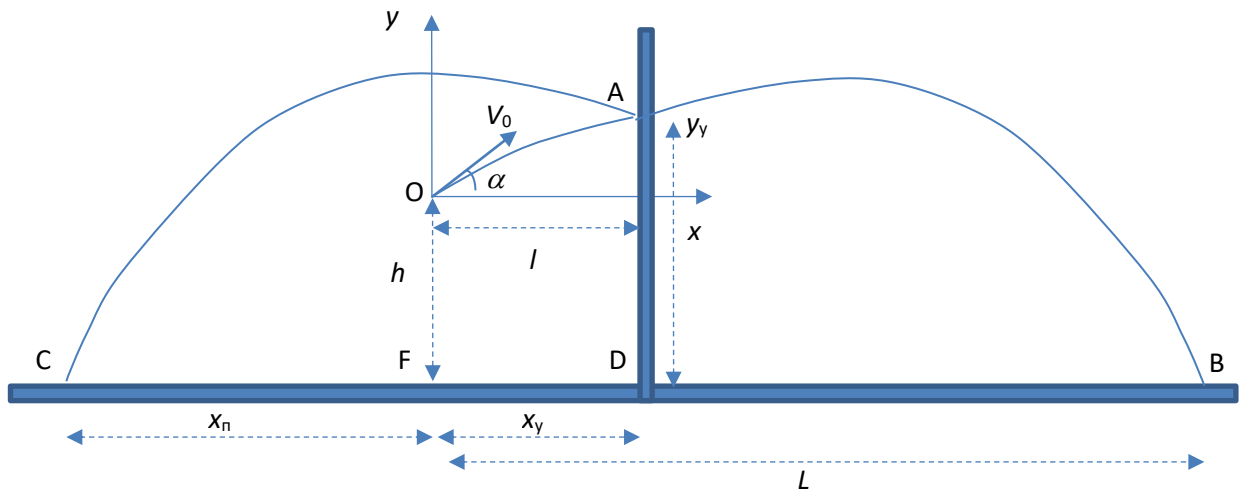


Рис.

Время до соударения со стенкой равно  $\tau_y = \frac{l}{V_{0x}} = \frac{l}{V_0 \cos \alpha}$ .

Т.к. удар о стенку - абсолютно упругий, то при этом проекция  $V_{0y}$  сохраняется, а проекция  $V_{0x}$  после удара только меняет знак. Тогда время падения на землю  $\tau_{\text{п}}$  определяется из уравнения

$$y_{\text{п}} = -h = V_{0y}\tau_{\text{п}} - \frac{g\tau_{\text{п}}^2}{2} = V_0 \sin \alpha \tau_{\text{п}} - \frac{g\tau_{\text{п}}^2}{2}$$

$$\Rightarrow \tau_{\Pi} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}}$$

Или т.к.  $\tau_{\Pi} > 0$ ,  $\Rightarrow \tau_{\Pi} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}}$ .

Причем, чтобы столкновение мячика со стенкой состоялось, необходимо выполнение  $\tau_{\Pi} \geq \tau_y$ .

Без стенки мячик двигался бы по траектории ОАВ со временем  $\tau_{\Pi}$  (рис. ). Видно, что участок траектории АС после соударения симметричен участку траектории АВ.

Тогда

$$x_{\Pi} = l - v_{0x}(\tau_{\Pi} - \tau_y) = 2l - v_{0x}\tau_{\Pi} = 2l - v_0 \cos \alpha \left( \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}} \right)$$

$$x_{\Pi} = -1 \text{ м}, \quad l = \frac{1}{2} \left[ v_0 \cos \alpha \left( \frac{v_0 \sin \alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g}\right)^2 + \frac{2h}{g}} \right) + x_{\Pi} \right] = 4,43 \text{ м}$$

4. Оцените часовую поправку к показаниям маятниковых часов находящихся на вершине вершины горы на высоте 5642 м над уровнем моря. Диаметр Земли 12800 км.

**Возможное решение.**

Период колебаний маятника на высоте  $h$ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_1}},$$

здесь  $g_1$  - ускорение свободного падения на вершине горы.

Т.к. сила тяжести  $mg_1 = G \frac{mM}{(R+h)^2}$ , то  $g_1 = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{M}{R^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} = \frac{g}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2}$ ,

где  $R$  – радиус Земли.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \left(1 + \frac{h}{R}\right)} = T_0 \left(1 + \frac{h}{R}\right),$$

Получаем

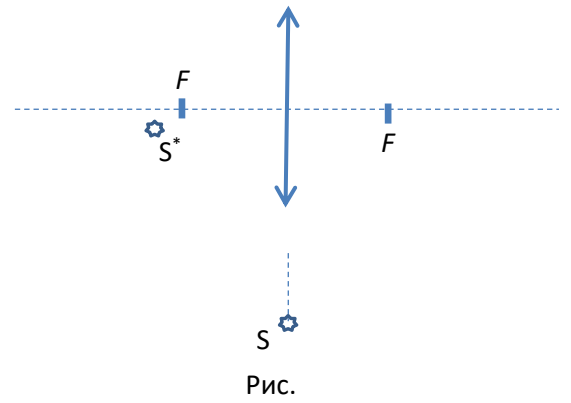
где  $T_0$  – период колебаний на поверхности Земли.

Так как  $t_1 T = t T_0$ , то за время  $t$  часы “покажут” значение

$$t_1 = t \frac{T_0}{T} = t \frac{1}{1 + \frac{h}{R}} = t \frac{1 + \frac{h}{R} - \frac{h}{R}}{1 + \frac{h}{R}} = t \left( 1 - \frac{\frac{h}{R}}{1 + \frac{h}{R}} \right) \approx t \left( 1 - \frac{h}{R} \right) \quad \frac{h}{R} \ll 1.$$

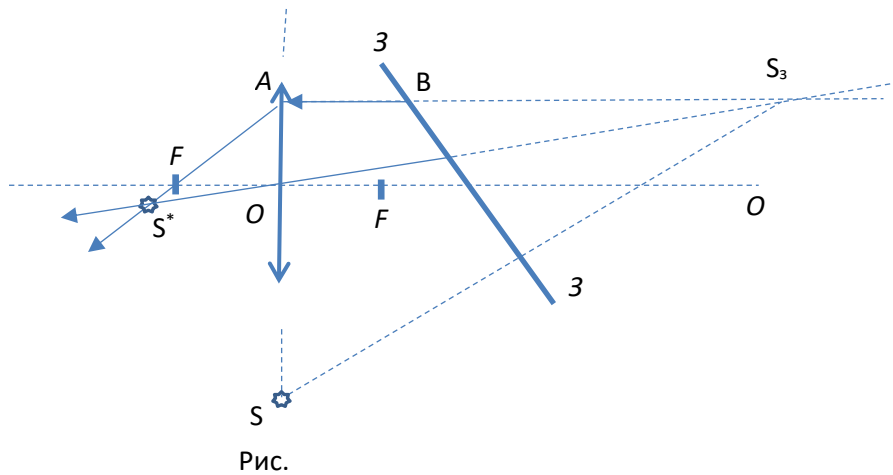
Значит, они отстанут на:  $\Delta t = t - t_1 = t \frac{h}{R} = 3600 \frac{5,642}{6400} \approx 3,17 \text{ с}$ .

5. На рис. приведены положения маленькой лампочки  $S$  и ее изображения  $S^*$ , полученного в тонкой линзе при использовании зеркала. Изобразите, как при этом было расположено зеркало.  $F$  – фокус линзы.



**Возможное решение.**

Линза очевидно собирающая.



Строим линию  $S^*FA$  через фокус, а линию  $AB$  строим параллельно  $OO$ . Далее проводим линию  $S^*OS_3$  до пересечения с  $ABS_3$ .

Точка  $S^*$  - изображение источника  $S$  в зеркале.

Отрезок  $SS_3$  делим пополам и перпендикулярно к нему располагаем зеркало  $ЗЗ$ .