

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор В. А. Галкин
« 22 » 09 20 17 г.

Демонстрационный вариант вступительного испытания по физике

Предлагаем вашему вниманию демонстрационный вариант экзаменационной работы, который содержит 20 заданий, из них 16 (базовый уровень) – часть 1 и 4 (повышенный уровень) – часть 2. Все задания работы составлены на основании программы единого государственного экзамена по физике. На ее выполнение отводится 120 минут. При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором. Каждое задание оценивается соответствующим числом баллов. Баллы, полученные за выполнение заданий, суммируются.

Максимальное возможное количество баллов за часть 1	– 72 балла.
Максимальное возможное количество баллов за часть 2	– 28 баллов.
Максимальное возможное количество баллов за всю работу	– 100 баллов.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(УрГУПС)

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор _____ А.Г. Галкин

« ____ » _____ 201_ г.

Экзаменационный билет по физике №.....

Экзаменационная работа состоит из двух частей и содержит 20 заданий. Из них 16 (базовый уровень) – часть 1 и 4 (повышенный уровень) – часть 2. На ее выполнение отводится 120 минут. При вычислениях разрешается пользоваться непрограммируемым калькулятором.

Справочные данные

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13 600 кг/м ³

Удельная теплоёмкость			
воды	4,2·10 ³ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 ³ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота			
парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг		

Нормальные условия:		давление – 10 ⁵ Па, температура – 0 °С	
----------------------------	--	---	--

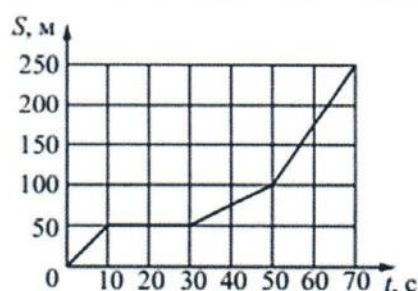
Молярная масса			
азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

ЧАСТЬ 1

В заданиях № 1-16 необходимо выбрать номер правильного ответа, поставить галочку в соответствующий этому номеру квадратик и записать этот номер в соответствующее место таблицы ответов 1. Необходимо также записать краткое решение задания, которое не надо помещать в таблицу ответов 1. Если вы ошиблись и поставили галочку в несоответствующий правильному ответу квадратик, то аккуратно зачеркните ее и поставьте галочку в соответствующий квадратик. Если вы ошиблись при заполнении таблицы ответов 1, указав неправильный номер, то аккуратно зачеркните его и рядом (в этой же клетке таблицы) укажите правильный.

№ 1

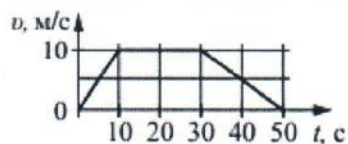
На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Найдите скорость велосипедиста в интервале времени от 50 до 70 с.



- ☐ 1. 12,5 м/с
- ☐ 2. 7,5 м/с
- ☐ 3. 5 м/с
- ☐ 4. 2,5 м/с

№ 2

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.



- ☐ 1. 500 м
- ☐ 2. 100 м
- ☐ 3. 200 м
- ☐ 4. 250 м

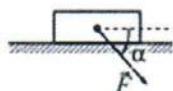
№ 3

Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

- ☒ 1. 10 Н
- ☐ 2. 40 Н
- ☐ 3. 1000 Н
- ☐ 4. 100 Н

№ 4

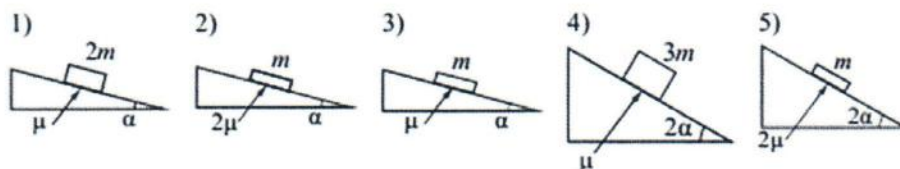
Брусok движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением 1 м/с^2 под действием силы F , направленной вниз под углом 30° к горизонту (см. рисунок). Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2, а $F = 2,7 \text{ Н}$? Ответ округлите до десятых.



- ☐ 1. 0,5 кг
- ☐ 2. 1,2 кг
- ☐ 3. 1,0 кг
- ☐ 4. 0,7 кг

№ 5

Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения бруска, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от его массы (на всех представленных ниже рисунках m – масса бруска, α – угол наклона плоскости к горизонту, μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования



- ☐ 1. 1 и 3
- ☐ 2. 2 и 4
- ☐ 3. 2 и 5
- ☐ 4. 4 и 5

№ 6

В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной 3 Н. На сколько увеличится скорость тела за 5 с движения?

- ☐ 1. 8,5 м/с
☐ 2. 3,3 м/с
☐ 3. 30 м/с
☐ 4. 7,5 м/с

№ 7

Высота полёта искусственного спутника над Землёй увеличилась с 4000 до 5000 км. Найти отношение скоростей в первом и втором случае (Радиус Земли $R_3 = 6400$ км, ответ округлить до сотых.)

- ☐ 1. 0,95
☐ 2. 1,05
☐ 3. 2,15
☐ 4. 1,11

№ 8

Математический маятник с периодом колебаний T отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума?

Соппротивлением воздуха пренебречь.



- ☐ 1. T
☐ 2. $T/4$

- ☐ 3. $T/2$
☐ 4. $T/8$

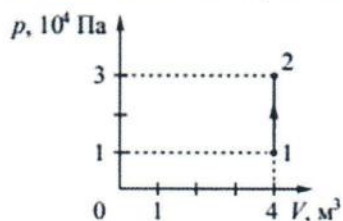
№ 9

В сосуд высотой 20 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 2 см. Чему равна сила давления воды на дно сосуда, если площадь дна $0,01 \text{ м}^2$? Атмосферное давление не учитывать.

- ☐ 1. 1,0 кН
☐ 2. 18 Н
☐ 3. 1,8 Н
☐ 4. 100 Н

№ 10

На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы идеального газа. Температура газа в состоянии 1 равна 27°C . Какая температура у газа (в $^\circ\text{C}$) в состоянии 2?



- ☐ 1. 300°C
☐ 2. 27°C
☐ 3. 900°C

☐ 4. 627°C

№ 11

В некотором процессе газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 10 кДж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 30 кДж. Определите работу, которую совершили внешние силы, сжав газ

- ☐ 1. -20 кДж
- ☐ 2. 20 кДж
- ☐ 3. -40 кДж
- ☐ 4. 40 кДж

№ 12

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких неподвижных заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга в вакууме? Заряд каждого шарика $8 \cdot 10^{-8}$ Кл.

- ☐ 1. 36 мкН
- ☐ 2. 3,6 мкН
- ☐ 3. 1,8 мкН
- ☐ 4. 4,0 мкН

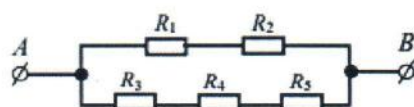
№ 13

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

- ☐ 1. I уменьшается с уменьшением R , а ε – не меняется
- ☐ 2. I увеличивается с уменьшением R , а ε – уменьшается
- ☐ 3. I уменьшается с уменьшением R , а ε – увеличивается
- ☒ 4. I увеличивается с уменьшением R , а ε – не меняется

№ 14

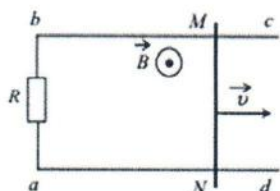
Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе R_2 при подключении участка между выводами A и B к источнику постоянного напряжения 12 В?



- ☐ 1. 6 В
- ☐ 2. 3 В
- ☐ 3. 1,2 В
- ☐ 4. 2 В

№ 15

По параллельным проводникам bc и ad , находящимся в магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл, скользит проводящий стержень MN , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками $l = 20$ см. Слева проводники замкнуты резистором с сопротивлением $R = 2$ Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня через резистор R протекает ток $I = 40$ мА. С какой скоростью движется проводник? Считать, что вектор B перпендикулярен плоскости рисунка.



- ☐ 1. 1 м/с
- ☐ 2. 2 м/с
- ☐ 3. 10 м/с
- ☐ 4. 4 м/с

№ 16

Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к видимому свету составляет $1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт, при этом на сетчатку глаза ежесекундно попадает 5 фотонов. Определите, какой длине волны это соответствует.

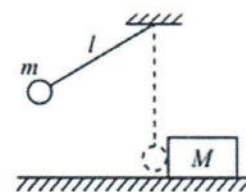
- ☐ 1. 850 нм
- ☐ 2. 600 м
- ☐ 3. 600 нм
- ☐ 4. 350 нм

ЧАСТЬ 2

Полное правильное письменное решение каждого из заданий № 17–20 должно содержать краткое условие задачи, законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задания, а также математические преобразования, расчёты, при необходимости рисунок, поясняющий решение, и ответ. Ответ (буквенное выражение, численное значение и размерность), дополнительно, запишите в соответствующее место таблицы ответов 2. Если вы ошиблись при ее заполнении, то аккуратно зачеркните неправильное выражение (значение, размерность) и рядом (в этой же клетке таблицы) укажите правильное.

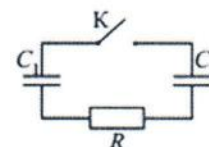
№ 17

Маленький шарик массой $m = 0,3$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,9$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит первоначальное положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



№ 18

Конденсатор $C_1 = 1$ мкФ заряжен до напряжения $U = 300$ В и включён в последовательную цепь из резистора с сопротивлением R , незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа K . Какое количество теплоты (Дж) выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?

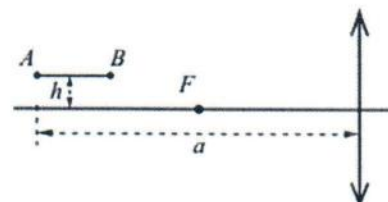


№ 19

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1 \text{ м}^3$. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$; во втором — $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $P = 5,4 \text{ кПа}$. Определите первоначальную температуру аргона T_2 (Округлить до целых).

№ 20

Тонкая палочка AB длиной $l = 10 \text{ см}$ расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $h = 15 \text{ см}$ от неё (см. рисунок). Конеч A палочки располагается на расстоянии $a = 40 \text{ см}$ от линзы. Определите длину L изображения палочки в линзе. Фокусное расстояние линзы $F = 20 \text{ см}$. (В таблицу записать только ответ, м)

**Таблица ответов 1 (№ 1-16)**

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер ответа								
Номер задания	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер ответа								

Таблица ответов 2 (№ 17-20)

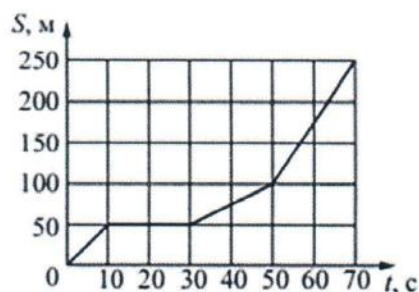
Номер вопроса	17	18	19	20
Формула (Выражение, составленное только из переменных указанных в условии задачи и справочных данных)				
Численное значение (Точное или округленное в соответствии с условиями задачи)				

Размерность				
(В системе СИ, если иное не указано в условии задачи)				

РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ 1

№ 1

На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Найдите скорость велосипедиста в интервале времени от 50 до 70 с.



- ☐ 1. 12,5м/с
- ☒ 2. 7,5м/с
- ☐ 3. 5м/с
- ☐ 4. 2,5м/с

Дано:

График зависимости пути S велосипедиста от времени t в интервале времени от 0 до 70 с.

Найти:

Скорость велосипедиста v в интервале от 50 до 70 с.

Решение:

Средняя путевая скорость по определению равна

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t},$$

где пути S — путь велосипедиста за время t . По графику за время

$$t = 70 - 50 = 20 \text{ с.}$$

Велосипедист проехал путь, равный разности пути за 70 с и пути за 50 с от начала движения

$$S = 250 - 100 = 150 \text{ м.}$$

Тогда

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{t} = \frac{150}{20} = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

С другой стороны, т.к. зависимость пути от времени на указанном временном интервале линейная, то это равномерное движение. И тогда путевая скорость на этом участке пути по определению равна

$$S = vt$$

и

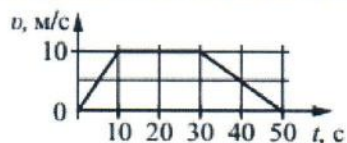
$$v = \frac{S}{t} = \frac{150}{20} = 7,5 \text{ м/с.}$$

Ответ:

$$v = 7,5 \text{ м/с.}$$

№ 2

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.



- ☐ 1. 500 м
- ☐ 2. 100 м
- ☐ 3. 200 м
- ☒ 4. 250 м

Дано:

График зависимости модуля скорости v автомобиля от времени t в интервале от 0 до 50 с.

Найти:

Путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.

Решение:

По определению путь пройденный телом равен площади под кривой зависимости модуля скорости тела v от времени t . Каждый квадрат на рисунке соответствует

$$5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \text{ с} = 50 \text{ м.}$$

Под ломанной кривой в интервале времени от 0 до 30 с находится 5 квадратов. Тогда

$$S = 50 \cdot 5 = 250 \text{ м.}$$

Ответ:

$$S = 250 \text{ м.}$$

№ 3

Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

- ☒ 1. 10 Н
- ☐ 2. 40 Н
- ☐ 3. 1000 Н
- ☐ 4. 100 Н

Дано:

$k = 200 \text{ Н/м}$ – жёсткость пружины

$x = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$ – удлинение пружины

Найти:

Силу F

Решение:

По определению силы упругости

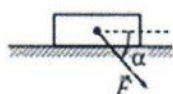
$$F = |F_x| = |-kx| = kx = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ Н.}$$

Ответ:

$$F = 10 \text{ Н.}$$

№ 4

Брусек движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением 1 м/с^2 под действием силы F , направленной вниз под углом 30° к горизонту (см. рисунок). Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен $0,2$, а $F = 2,7 \text{ Н}$? Ответ округлите до десятых.



- ☐ 1. $0,5 \text{ кг}$
- ☐ 2. $1,2 \text{ кг}$
- ☐ 3. $1,0 \text{ кг}$
- ☒ 4. $0,7 \text{ кг}$

Дано:

$a = 1 \text{ м/с}^2$ – ускорение бруска

$F = 2,7 \text{ Н}$ – сила, приложенная к бруску

$\alpha = 30^\circ$ – угол между вектором силы и горизонтом

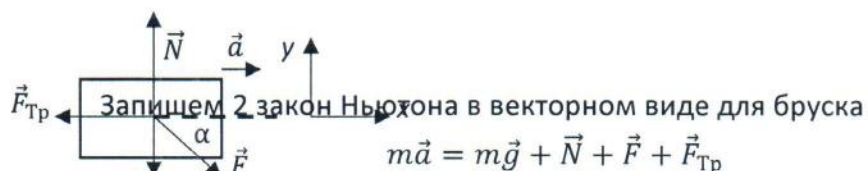
Коэффициент трения $\mu = 0,2$

Найти:

m – масса бруска (Ответ округлить до десятых).

Решение:

На брусек действует Земля (сила тяжести $m\vec{g}$, направленная к центру Земли, т.е., для данной задачи, вертикально), поверхностью стола (сила реакции опоры \vec{R}) и сила \vec{F} со стороны неизвестного тела. Для удобства вычисления разложим силу реакции опоры \vec{R} на две взаимно перпендикулярные составляющие: нормальную составляющую силу реакции опоры \vec{N} и силу трения $\vec{F}_{\text{тр}}$.



Спроектируем векторное уравнение на указанные на рисунке оси

$$Ox: ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: 0 = N - mg - F \sin \alpha$$

Запишем выражение для силы трения движения

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Тогда, выражая N из уравнения проекций на ось Oy , и подставляя в выражение для силы трения, получим

$$F_{\text{тр}} = \mu(mg + F \sin \alpha)$$

Подставим полученное для силы трения выражение в уравнение проекции на ось Ox и найдем m ,

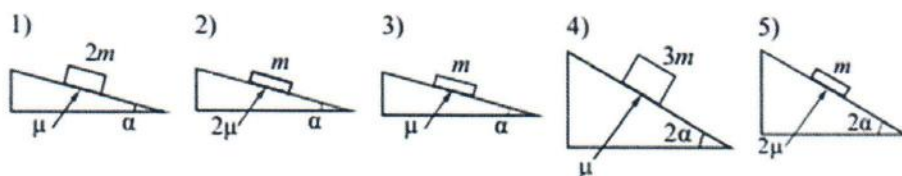
$$m = \frac{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{a + \mu g} = \frac{2,7 \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2} - 0,2 \cdot 0,5)}{1 + 0,2 \cdot 10} = \frac{2,7 \cdot (0,866 - 0,1)}{3} = 0,9 \cdot 0,766 = 0,689 \approx 0,7 \text{ кг}$$

Ответ:

$$m = 0,7 \text{ кг}$$

№ 5

Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения бруска, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от его массы (на всех представленных ниже рисунках m – масса бруска, α – угол наклона плоскости к горизонту, μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования



- ☒ 1. 1 и 3
- ☐ 2. 2 и 4
- ☐ 3. 2 и 5
- ☐ 4. 4 и 5

Дано:

m – масса бруска

α – угол наклона плоскости к горизонту

μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью

Найти:

Выбрать из приведенных вариантов две установки для изучения зависимости ускорения бруска a от его массы m

Решение:

Для того, чтобы исследовать зависимость ускорения бруска a от его массы m необходимо выбрать те установки, где меняется только масса, а остальные параметры (μ и α) не меняются, т.е 1 и 3.

Ответ:

1 и 3

№ 6

В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной 3 Н. На сколько увеличится скорость тела за 5 с движения?

- ☐ 1. 8,5 м/с
- ☐ 2. 3,3 м/с
- ☐ 3. 30 м/с

☒ 4. 7,5 м/с

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$F = 3 \text{ Н}$$

$$\Delta t = 5 \text{ с}$$

Тело движется по прямой под действием постоянной силы

Найти:

Δv — изменение скорости тела за время Δt

Решение:

Так как постоянная сила создает постоянное ускорение и тело движется по прямой, то движение — равнопеременное. Закон изменения импульса для равнопеременного движения

$$\Delta p = F \Delta t,$$

где Δp — изменение импульса тела за время Δt . По определению

$$\Delta p = m \Delta v$$

Следовательно

$$\Delta v = \frac{F \Delta t}{m} = \frac{3 \cdot 5}{2} = 7,5 \text{ м/с}$$

Ответ:

$$\Delta v = 7,5 \text{ м/с}$$

№ 7

Высота полёта искусственного спутника над Землёй увеличилась с 4000 до 5000 км. Найти отношение скоростей в первом и втором случае (Радиус Земли $R_3 = 6400$ км, ответ округлить до сотых)

☐ 1. 0,95

☒ 2. 1,05

☐ 3. 2,15

☐ 4. 1,11

Дано:

$$h_1 = 400 \text{ км} = 400 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$h_2 = 500 \text{ км} = 500 \cdot 10^3 \text{ м}$$

Найти:

$$v_1/v_2$$

Решение:

Искусственный спутник движется по окружности вокруг Земли на высоте h над поверхностью и расстоянии $h + R_3$ от центра. Единственная сила, действующая на спутник, сила тяготения, направленная к центру Земли. Следовательно, сила тяготения — центростремительная и создает только центростремительное ускорение. Запишем уравнение второго закона Ньютона в векторном виде для спутника

$$m \vec{a} = \vec{F}_{\text{тяг}}$$

и перейдем к модульной записи.

$$ma = F_{\text{тяг}}$$

По закону всемирного тяготения

$$F_{\text{тяг}} = G \frac{mM_3}{(R_3 + h)^2}.$$

Центростремительное ускорение равно

$$a = \frac{v^2}{R_3 + h}.$$

Тогда

$$m \frac{v^2}{R_3 + h} = G \frac{mM_3}{(R_3 + h)^2}$$

и

$$v = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}.$$

Таким образом, получаем

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{R_3 + h_2}}{\sqrt{R_3 + h_1}} = \sqrt{\frac{(6400 + 5000)10^3}{(6400 + 4000)10^3}} = 1,047 \approx 1,05.$$

Ответ:

$$v_1/v_2 = 1,05$$

№ 8

Математический маятник с периодом колебаний T отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума?

Сопротивлением воздуха пренебречь.



☐ 1. T

☐ 2. $T/4$

☒ 3. $T/2$

☐ 4. $T/8$

Дано:

T — период колебания математического маятника

$$v_0 = 0 \text{ м/с}$$

Найти:

Время t , через которое потенциальная энергия маятника в первый раз вновь достигнет максимума.

Решение:

Так как маятник отклоняют на небольшой угол и полная энергия маятника не меняется (нет сопротивления воздуха), то колебания маятника — гармонические. Включим секундомер в момент $t = 0$, когда маятник находится в крайнем правом положении и угол его отклонения от вертикали φ имеет амплитудное значение φ_0 . В этом положении маятник имеет максимальную потенциальную энергию в поле тяжести Земли. Уравнение колебания маятника при этих начальных условиях имеет вид

$$\varphi = \varphi_0 \cos \omega t.$$

Потенциальная энергия первый раз вновь достигнет максимума, когда маятник окажется первый раз в крайне левом положении, а угол φ станет первый раз равным $-\varphi_0$. Тогда

$$-\varphi_0 = \varphi_0 \cos \omega t.$$

и

$$\cos \omega t = -1.$$

Минимальное значение ωt при решении этого тригонометрического уравнения равно π . Следовательно,

$$\omega t = \frac{2\pi}{T} t = \pi$$

и

$$t = T/2.$$

Ответ:

$$t = T/2$$

№ 9

В сосуд высотой 20 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 2 см. Чему равна сила давления воды на дно сосуда, если площадь дна $0,01 \text{ м}^2$? Атмосферное давление не учитывать.

☐ 1. 1,0 кН

☒ 2. 18 Н

☐ 3. 1,8 Н

☐ 4. 100 Н

Дано:

$H = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ – высота сосуда с водой

$h = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$ – разница между высотой сосуда и высотой воды в сосуде

$S = 0,01 \text{ м}^2$ – площадь дна сосуда

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды

Атмосферным давлением пренебречь

Найти:

F – сила давления на дно сосуда

Решение:

Сила, с которой жидкость давит на дно сосуда, направлена перпендикулярно плоскости его дна. Тогда давление, оказываемое этой силой на дно, равно

$$P = \frac{F}{S}.$$

С другой стороны, это давление – только гидростатическое давление столба жидкости (атмосферным давлением по условию задачи пренебрегаем) и, по определению,

$$P = \rho g(H - h),$$

где ρ – плотность воды. Тогда (плотность воды берем из справочных данных)

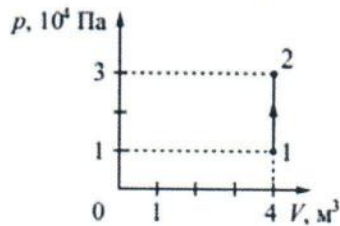
$$F = PS = \rho g(H - h)S = 1000 \cdot 10(0,2 - 0,02) \cdot 0,01 = 18 \text{ Н}$$

Ответ:

$$F = 18 \text{ Н}$$

№ 10

На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы идеального газа. Температура газа в состоянии 1 равна 27°C . Какая температура у газа (в $^\circ\text{C}$) в состоянии 2?



- ☐ 1. 300°C
- ☐ 2. 27°C
- ☐ 3. 900°C
- ☒ 4. 627°C

Дано:

$m = \text{const}$ – масса газа

$t_1 = 27^\circ\text{C}$ ($T_1 = 27 + 273 = 300\text{ K}$) – температура газа в первом состоянии

$V_1 = V_2 = 4\text{ м}^3$ – объем газа в 1 и 2 состоянии

$p_1 = 1 \cdot 10^4\text{ Па}$ – давление газа в первом состоянии

$p_2 = 3 \cdot 10^4\text{ Па}$ – давление газа во втором состоянии

Найти:

t_2 – температура газа во втором состоянии

Решение:

Так как при изменении состояния газа не меняется ни его состав, ни его масса, то на основании обобщенного газового закона имеем

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Тогда

$$T_2 = \frac{P_2 V_2 T_1}{P_1 V_1} = \frac{P_2 T_1}{P_1}$$

и

$$t_2 = T_2 - 273 = \frac{P_2 T_1}{P_1} - 273 = \frac{3 \cdot 10^4}{1 \cdot 10^4} 300 - 273 = 627^\circ\text{C}.$$

Ответ:

$$t_2 = 627^\circ\text{C}$$

№ 11

В некотором процессе газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 10 кДж . При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 30 кДж . Определите работу, которую совершили внешние силы, сжав газ

- ☐ 1. -20 кДж
- ☐ 2. 20 кДж
- ☐ 3. -40 кДж
- ☒ 4. 40 кДж

Дано:

$Q^* = 10$ кДж – тепло отданное газом окружающей среде

$\Delta U = 30$ кДж – изменение внутренней энергии газа

Найти:

A^* – работа внешних сил над газом

Решение:

Запишем первый закон термодинамики для газа

$$Q = \Delta U + A, \quad A = -A^*, \quad Q = -Q^*,$$

где Q – тепло, переданное газу, A – работа газа над внешними телами. Тогда

$$-Q^* = \Delta U - A^*.$$

Следовательно,

$$A^* = \Delta U + Q^* = 30 + 10 = 40 \text{ кДж}.$$

Ответ:

$$A^* = 40 \text{ кДж}$$

№ 12

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких неподвижных заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга в вакууме? Заряд каждого шарика $8 \cdot 10^{-8}$ Кл.

- ☐ 1. 36 мкН
- ☒ 2. 3,6 мкН
- ☐ 3. 1,8 мкН
- ☐ 4. 4,0 мкН

Дано:

$q_1 = q_2 = q = 8 \cdot 10^{-8}$ Кл – заряды маленьких шариков

$r = 4$ м – расстояние между двумя маленькими неподвижными шариками в вакууме.

Найти:

F – сила, действующая между двумя заряженными шариками

Решение:

Так как шарики маленькие, находятся в вакууме и неподвижны, то взаимодействие между ними описывается законом Кулона. Тогда (см. справочные данные)

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{8 \cdot 10^{-8}}{4} \right)^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-16} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 3,6 \text{ мкН}.$$

Ответ:

$$F = 3,6 \text{ мкН}$$

№ 13

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

- ☐ 1. I уменьшается с уменьшением R , а \mathcal{E} – не меняется
- ☐ 2. I увеличивается с уменьшением R , а \mathcal{E} – уменьшается
- ☐ 3. I уменьшается с уменьшением R , а \mathcal{E} – увеличивается
- ☒ 4. I увеличивается с уменьшением R , а \mathcal{E} – не меняется

Дано:

ε — ЭДС источника тока

r — сопротивление источника тока

R — сопротивление внешнего резистора

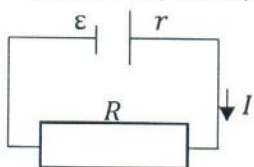
Найти:

Изменение I при уменьшении R

Изменение ε при уменьшении R

Решение:

По закону Ома для полной цепи



$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

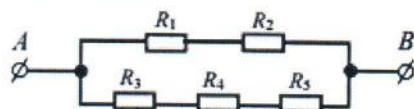
где ε и r — неизменные характеристики источника тока.

Ответ:

I увеличивается с уменьшением R , а ε — не меняется.

№ 14

Сопротивление каждого резистора в цепи на рисунке равно 100 Ом. Чему равно напряжение на резисторе R_2 при подключении участка между выводами A и B к источнику постоянного напряжения 12 В?



- ☒ 1. 6 В
- ☐ 2. 3 В
- ☐ 3. 1,2 В
- ☐ 4. 2 В

Дано:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R = 100 \text{ Ом}$$

$U = 12 \text{ В}$ — напряжение между точками AB

Найти:

U_2 — напряжение на резисторе R_2

Решение:

По условию задачи напряжение между точками A и B как для верхнего ряда резисторов (R_1, R_2) так и для нижнего — (R_3, R_4, R_5) но U (Ряды соединены параллельно друг с другом). Так как внутри ряда R_1 и R_2 соединены последовательно то

$$U_1 + U_2 = U.$$

По закону Ома для однородного участка цепи

$$U_1 = IR_1, U_2 = IR_2,$$

где I — ток, текущий через резисторы R_1 и R_2 . Так как по условию задачи $R_1 = R_2$, то

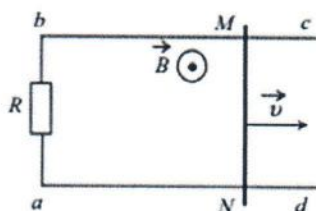
$$U_2 = U_1 = U/2 = 12/2 = 6 \text{ В}.$$

Ответ:

$$U_2 = 6 \text{ В}$$

№ 15

По параллельным проводникам bc и ad , находящимся в магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл, скользит проводящий стержень MN , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками $l = 20$ см. Слева проводники замкнуты резистором с сопротивлением $R = 2$ Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня через резистор R протекает ток $I = 40$ мА. С какой скоростью движется проводник? Считать, что вектор B перпендикулярен плоскости рисунка.



- ☒ 1. 1 м/с
- ☐ 2. 2 м/с
- ☐ 3. 10 м/с
- ☐ 4. 4 м/с

Дано:

$B = 0,4$ Тл — индукция магнитного поля

$l = 20$ см $= 0,2$ м — длина движущегося проводника (часть контура)

$R = 2$ Ом — сопротивление контура (неподвижного резистора)

$I = 40$ мА $= 40 \cdot 10^{-3}$ А — ток, текущий по контуру

Найти:

v — скорость движущегося проводника

Решение:

Так как движущийся проводник содержит свободные заряды (электроны), то в магнитном поле при их движении на них действует сила Лоренца и эта сила толкает электроны вдоль движущегося проводника, т.е. по контуру идет ток. Это явление называется явлением электромагнитной индукции.

По закону электромагнитной индукции

$$\varepsilon = -\Phi', \quad I = \varepsilon/R,$$

где ε — эдс индукции, I — индукционный ток, Φ — магнитный поток через поверхность (плоскость) ограниченную контуром. Φ' — производная магнитного потока по времени. По определению

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где α — угол между направлением вектора \vec{B} и вектора нормали \vec{n} к поверхности, ограниченной контуром. Направление нормали к поверхности мы выбираем сами. Пусть вектор \vec{n} направлен от нас за плоскость чертежа и составляет с вектором \vec{B} угол $\alpha = 180^\circ$. Тогда

$$\Phi = BS \cos \alpha = -BS$$

Единственная величина, которая меняется со временем в выражении для магнитного потока Φ , это площадь прямоугольного контура S одна сторона которого (ab) равна l , а другую (aN) обозначим как L . Тогда

$$\varepsilon = -\Phi' = -(BS \cos \alpha)' = (BS)' = BS' = B(lL)' = BlL' = Blv,$$

где, по определению, модуль вектора скорости

$$v = L' = \frac{dL}{dt}.$$

Следовательно

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Blv}{R}$$

и

$$v = \frac{IR}{Bl} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,4 \cdot 0,2} = 1 \text{ м/с.}$$

Ответ:

$$v = 1 \text{ м/с}$$

№ 16

Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к видимому свету составляет $1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт, при этом на сетчатку глаза каждую секунду попадает 5 фотонов. Определите, какой длине волны это соответствует.

- ☐ 1. 850 нм
- ☐ 2. 600 м
- ☒ 3. 600 нм
- ☐ 4. 350 нм

Дано:

$P = 1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт — пороговая чувствительность сетчатки глаза (мощность)

$b = N/t = 5 \text{ с}^{-1}$ — количество фотонов за единицу времени

Найти:

λ — длина волны света

Решение:

Мощность P — это энергия E деленная на время t . Энергия потока одинаковых (имеющих одинаковую частоту ν) фотонов — это произведение числа фотонов N на энергию одного на $h\nu$ (h — постоянная Планка). Так как $\lambda = c/\nu$, где c — скорость света, то

$$P = \frac{E}{t} = \frac{N \cdot h\nu}{t} = \frac{N \cdot hc}{t \cdot \lambda} = b \frac{hc}{\lambda}$$

и, с учетом справочных данных,

$$\lambda = \frac{bhc}{P} = \frac{5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,65 \cdot 10^{-18}} = 600 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 600 \text{ нм.}$$

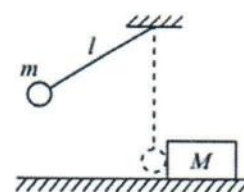
Ответ:

$$\lambda = 600 \text{ нм}$$

РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ 2

№ 17

Маленький шарик массой $m = 0,3$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,9$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит первоначальное положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



Дано:

$m = 0,3$ кг – масса шарика

$l = 0,9$ м – длина нити

$T_0 = 6$ Н – предел натяжения нити

$M = 1,5$ кг – масса бруска

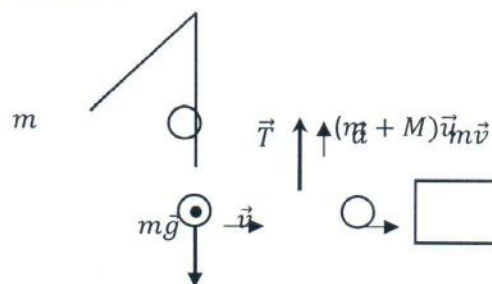
Абсолютно неупругое столкновение

Найти:

u – скорость бруска после удара

l

Решение:



Запишем второй закон Ньютона для шарика при его движении на нити.

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}.$$

В момент, когда шарик проходит первоначальное положение равновесия, все силы, действующие на шарик, направлены по вертикали. Так как движение криволинейное, то результирующая сила и ускорение (центростремительное) шарика направлены к центру окружности, т.е. вверх. Спроектируем силы и ускорения на направление к центру окружности. Тогда имеем

$$ma = T - mg.$$

Так как в этот момент, по условию задачи, $T = T_0$, а, по определению,

$$a = \frac{v^2}{l},$$

то

$$m \frac{v^2}{l} = T_0 - mg$$

и

$$v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

Так как процесс соударения шарика и бруска кратковременный и абсолютно неупругий, то имеет место закон сохранения импульса системы тел (шарик и брусок) и после соударения два тела движутся вместе с одинаковой скоростью. Тогда

$$m\vec{v} + 0 = (m + M)\vec{u}.$$

Перепишем это равенство в модульном виде

$$mv = (m + M)u$$

и

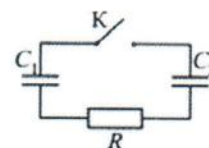
$$u = \left(\frac{m}{m+M} \right) v = \frac{m}{m+M} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g \right) l} = \frac{0,3}{0,3+1,5} \sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10 \right) 0,9} = \frac{1}{6} \sqrt{9} = 0,5 \text{ м/с.}$$

Ответ:

$$u = \frac{m}{m+M} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g \right) l} = 0,5 \text{ м/с}$$

№ 18

Конденсатор $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ заряжен до напряжения $U = 300 \text{ В}$ и включён в последовательную цепь из резистора с сопротивлением R , незаряженного конденсатора $C_2 = 2 \text{ мкФ}$ и разомкнутого ключа K . Какое количество теплоты (Дж) выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?



Дано:

$C_1 = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$ – емкость первого конденсатора

$U = 300 \text{ В}$ – напряжение на первом конденсаторе до замыкания ключа

$C_2 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ ф}$ – емкость второго незаряженного конденсатора

$R = 300 \text{ Ом}$ – сопротивление резистора

Найти:

Q – количество тепла, которое выделяется в цепи после замыкания ключа и прекращения тока в цепи

Решение:

До замыкания ключа заряды на обкладках первого конденсатора находятся в равновесии. Энергия такой системы зарядов равна

$$W = \frac{C_1 U^2}{2}.$$

После замыкания цепи и подключения незаряженного конденсатора равновесие нарушается и по цепи идет ток (перераспределение зарядов) до тех пор, пока не возникнет новое равновесие зарядов. Условие нового равновесия – равенство потенциалов соединенных попарно (даже через сопротивление) соответственных обкладок конденсаторов, т.е. равенство напряжений (разность потенциалов) на конденсаторах. Тогда, учитывая закон сохранения зарядов, можно записать

$$U_1 = U_2 = U^*,$$

$$q = q_1 + q_2,$$

где q – заряд на первом конденсаторе до замыкания, q_1 и q_2 – заряды на первом и втором конденсаторах после замыкания. Так как, по определению,

$$C = \frac{q}{U},$$

то

$$C_1 U = C_1 U^* + C_2 U^*.$$

Следовательно,

$$U^* = \frac{C_1 U}{C_1 + C_2}.$$

Тогда энергия системы зарядов после замыкания равна

$$W_1 + W_2 = \frac{C_1 U^{*2}}{2} + \frac{C_2 U^{*2}}{2} = \frac{C_1 + C_2}{2} U^{*2} = \frac{C_1 + C_2}{2} \left(\frac{C_1 U}{C_1 + C_2} \right)^2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} W.$$

Уменьшение энергии произошло за счет выделения Джоулева тепла при протекании тока по проводнику, которое равно

$$Q = W - \frac{C_1}{C_1 + C_2} W = \frac{C_2}{C_1 + C_2} W = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \frac{C_1 U^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6}} \frac{1 \cdot 10^{-6}}{2} (3 \cdot 10^2)^2 = 0,03 \text{ Дж.}$$

Ответ:

$$Q = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \frac{C_1 U^2}{2} = 0,03 \text{ Дж}$$

№ 19

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1 \text{ м}^3$. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$; во втором – $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $P = 5,4 \text{ кПа}$. Определите первоначальную температуру аргона T_2 (Округлить до целых).

Дано:

$V_1 = V_2 = V = 1 \text{ м}^3$ – объёмы одинаковых теплоизолированных сосудов

$\nu_1 = 1$ моль гелия – количество и вид газа в 1 сосуде

$T_1 = 400 \text{ К}$ – температура газа в 1 сосуде до их соединения (открывания крана)

$\nu_2 = 3$ моль аргона – количество и вид газа во 2 сосуде

$P = 5,4 \text{ кПа} = 5400 \text{ Па}$ – давление в сосудах после их соединения

Найти:

T_2 – первоначальная (до соединения) температура газа во втором сосуде (аргон)

Решение:

Так как сосуды теплоизолированные и при соединении сосудов находящиеся в них газы приходят в равновесие, то это означает, что у них одна и та же температура и имеет место закон сохранения внутренней энергии системы газов, т.е. сколько энергии отдал один газ, столько энергии принял другой.

Внутренняя энергия одноатомных идеальных газов до и после соединения сосудов равна

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1, U'_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T,$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2, U'_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T.$$

Изменения внутренней энергии для газов равны

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1), \quad \Delta U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_2 - T).$$

Из закона сохранения внутренней энергии следует, что

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

или

$$\frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1) = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_2 - T).$$

Тогда

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}.$$

Запишем уравнение Менделеева-Клайперона для состояний газов после соединения сосудов. Учтем, что газы идеальные и их молекулы не имеют размеров, т.е. после соединения сосудов каждый газ занимает весь объем. Тогда

$$P'_1 2V = \nu_1 RT$$

$$P'_2 2V = \nu_2 RT$$

а общее давление

$$P = P'_1 + P'_2.$$

Таким образом имеем систему уравнений

$$P'_1 2V = \nu_1 RT,$$

$$(P - P'_1) \cdot 2V = \nu_2 RT,$$

Разрешим полученную систему из двух уравнений с двумя неизвестными относительно T . Для этого выразим из первого уравнения P'_1 и подставим во второе

$$P'_1 = \frac{\nu_1 RT}{2V}$$

$$\left(P - \frac{\nu_1 RT}{2V}\right) \cdot 2V = \nu_2 RT$$

Тогда

$$T = \frac{2PV}{R(\nu_2 + \nu_1)}.$$

Приравнявая полученное выражение к выражению для T из закона сохранения

$$\frac{2PV}{R(\nu_2 + \nu_1)} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

найдем T_2

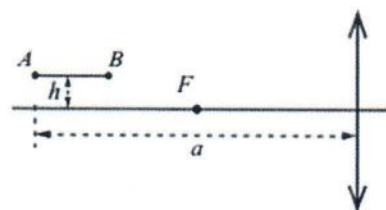
$$T_2 = \frac{2PV - \nu_1 RT_1}{\nu_2 R} = \frac{2 \cdot 5400 \cdot 1 - 1 \cdot 8,3 \cdot 400}{3 \cdot 8,3} = \frac{10800 - 3320}{24,9} = 300,4 \text{ К} \approx 300 \text{ К}.$$

Ответ:

$$T_2 = \frac{2PV - \nu_1 RT_1}{\nu_2 R} = 300 \text{ К}$$

№ 20

Тонкая палочка AB длиной $l = 10$ см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $h = 15$ см от неё (см. рисунок). Конек A палочки располагается на расстоянии $a = 40$ см от линзы. Определите длину L изображения палочки в линзе. Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см. (В таблицу записать только ответ, м)



Дано:

$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ – длина палочки

$h = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$ – расстояние между палочкой и осью линзы

$a = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$ – расстояние от левого конца палочки до линзы

$F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ – фокусное расстояние линзы

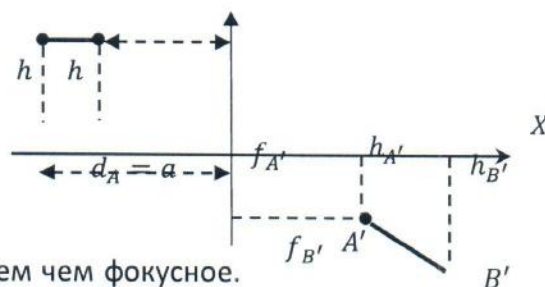
Найти:

Определить длину изображения L .

Решение:

Найдем координаты изображений в линзе концов палочки A и B . Введем ось OX и OY с центром в центре линзы. Тогда расстояние от изображения до линзы – это координаты X точек, а высота точки по отношению к главной оси – координаты Y .

$$\begin{matrix} A & B & d_B = a - l & Y \end{matrix}$$



Обе точки (A и B) находятся на расстоянии от линзы больше чем фокусное.

Следовательно, изображения этих точек A' и B' будут «перевернутым», т.е. будут лежать с другой стороны главной оптической оси. Запишем основные уравнения для собирающей линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_A} + \frac{1}{f_{A'}}, \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d_B} + \frac{1}{f_{B'}}$$

Таким образом

$$\begin{aligned} f_{A'} &= \frac{d_A F}{d_A - F} = \frac{0,4 \cdot 0,2}{0,4 - 0,2} = 0,4 \text{ м} \\ f_{B'} &= \frac{d_B F}{d_B - F} = \frac{(0,4 - 0,1) \cdot 0,2}{(0,4 - 0,1) - 0,2} = \frac{0,3 \cdot 0,2}{0,3 - 0,2} = 0,6 \text{ м} \end{aligned}$$

Запишем соотношение для высот точек

$$\frac{h}{h_{A'}} = \frac{d_A}{f_{A'}}, \quad \frac{h}{h_{B'}} = \frac{d_B}{f_{B'}}$$

Таким образом

$$\begin{aligned} h_{A'} &= \frac{f_{A'} \cdot h}{d_A} = \frac{d_A F}{d_A - F} \frac{h}{d_A} = 0,4 \frac{0,15}{0,4} = 0,15 \text{ м} \\ h_{B'} &= \frac{f_{B'} \cdot h}{d_B} = \frac{d_B F}{d_B - F} \frac{h}{d_B} = 0,6 \frac{0,15}{0,3} = 0,3 \text{ м} \end{aligned}$$

$$x_{A'} = f_{A'} = 0,4 \text{ м}$$

$$x_{B'} = f_{B'} = 0,6 \text{ м}$$

$$y_{A'} = -h_{A'} = -0,15 \text{ м}$$

$$y_{B'} = -h_{B'} = -0,3 \text{ м}$$

Длина отрезка по теореме Пифагора равна

$$L = \sqrt{(x_{A'} - x_{B'})^2 + (y_{A'} - y_{B'})^2} = \sqrt{(0,4 - 0,6)^2 + (-0,15 + 0,3)^2} = \sqrt{0,2^2 + 0,15^2} = 0,25 \text{ м}$$

Ответ:

$$L = 0,25 \text{ м}$$

Таблица ответов 1 (№ 1-16)

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер ответа	2	4	2	4	1	4	2	3
Номер задания	9	10	11	12	13	14	15	16
Номер ответа	2	4	4	2	4	1	1	3

Таблица ответов 2 (№ 17-20)

Номер вопроса	17	18	19	20
Формула (Выражение, составленное только из переменных указанных в условии задачи и справочных данных)	$u = \frac{m}{m + M} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right) l}$	$Q = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \frac{C_1 U^2}{2}$	$T_2 = \frac{2PV - v_1 RT_1}{v_2 R}$	-
Численное значение (Точное или округленное в соответствии с условиями задачи)	0,5	0,03	300	0,25
Размерность (В системе СИ, если иное не указано в условии зада-	м/с	Дж	К	м

чи)				
-----	--	--	--	--