



УТВЕРЖДАЮ

Ректор УрГУПС

А.Г. Галкин

« 01 » 02 20 19 г.

## **Демонстрационный вариант**

контрольных измерительных материалов вступительного испытания по физике,  
проводимого УрГУПС самостоятельно, в тестовой форме

### **1. Пояснения к демонстрационному варианту контрольных измерительных материалов по ФИЗИКЕ**

При ознакомлении с демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов (КИМ) следует иметь в виду, что задания, включённые в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на вступительном экзамене, приведён в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки поступающих для вступительного испытания по физике, проводимого УрГУПС самостоятельно, в тестовой форме.

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику вступительных испытаний, проводимых УрГУПС самостоятельно, и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве и форме заданий, об уровне их сложности.

### **2. Инструкция по выполнению работы**

Вступительный экзамен по физике проводится в виде компьютерного тестирования. Каждый вариант экзаменационной работы состоит из двух частей и включает в себя 20 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 1,5 часа (90 мин).

Часть 1 содержит 16 заданий - тестовые задания закрытой формы и задания на соответствие. Тестовое задание закрытой формы - задание, к которому дается список ответов, среди которых может быть как один правильный ответ, так и несколько. Тестовые задания на соответствие - задания, в которых объектам одной группы надо поставить в соответствие объекты другой группы.

Часть 2 содержит 4 задания открытой формы. Тестовые задания открытой формы - задания, ответ к которым испытуемый должен дать самостоятельно.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. При выполнении заданий можно пользоваться черновиком.

Ответы на задания при компьютерном тестировании оцениваются автоматически. Задания части 1 оцениваются 2 баллами, части 2 – 3 баллами. В тестовых заданиях на множественный выбор и на соответствие засчитывается частично правильный ответ. Баллы, полученные за выполненные задания, суммируются. На основе результатов выполнения всех заданий определяются первичные баллы. Максимальный первичный балл – 44. Первичные баллы переводятся в тестовые по 100-балльной шкале.

3. Справочные данные, которые могут понадобиться при выполнении работы.

*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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

**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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Астрономические величины**

средний радиус Земли	$R_\oplus = 6370 \text{ км}$
радиус Солнца	$R_\odot = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$
температура поверхности Солнца	$T = 6000 \text{ К}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древеси́ны (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

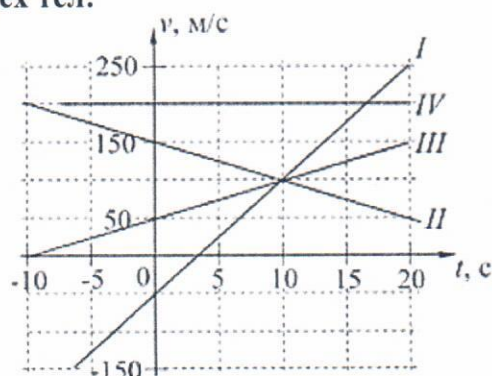


<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг		
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг		
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление – $10^5$ Па, температура – $0^\circ\text{C}$			
<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

## Часть 1

### Задание 1.

На рисунке представлены графики зависимости скорости от времени для четырех тел:



Сопоставьте уравнения графиков движения номерам прямых:

$v = 50 + 10 \cdot t$	I
$v = 200$	II
$v = 150 - 5 \cdot t$	III
$v = 50 + 5 \cdot t$	IV

### Решение:

При равномерном движении  $v = \text{Const}$ . При равноускоренном движении  $v = v_0 + a \cdot t$

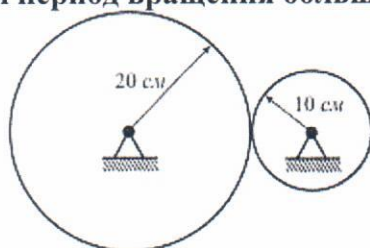
$v = 50 + 10 \cdot t$	График I. Соответствует равноускоренному движению. Скорость движения увеличивается с ускорением $10 \text{ м/с}^2$
$v = 200$	График IV. Соответствует равномерному движению, когда скорость постоянна и не зависит от времени (прямая, параллельная оси времени).
$v = 150 - 5 \cdot t$	График II. Соответствует равнозамедленному движению. С увеличением времени скорость движения падает с ускорением $-5 \text{ м/с}^2$
$v = 50 + 5 \cdot t$	График III. Соответствует равноускоренному движению. Скорость движения увеличивается с ускорением $5 \text{ м/с}^2$

**Ответ:**

$v = 50 + 10 \cdot t$	I
$v = 200$	IV
$v = 150 - 5 \cdot t$	II
$v = 50 + 5 \cdot t$	III

### Задание 2.

Зубчатое колесо радиусом 20 см. находится во внешнем зацеплении с зубчатым колесом радиусом 10 см. Оба колеса вращаются вокруг неподвижных осей, причем период вращения большего колеса равен 0,1 с.



Период вращения меньшего колеса равен \_\_\_\_ с. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 0,05
2. 0,2
3. 1
4. 2

**Решение:**

Линейные скорости точек соприкосновения колес равны  $v_1 = v_2$

Поскольку  $v = \omega \cdot R = \frac{2\pi}{T} \cdot R$

Следовательно  $\frac{R_1}{T_1} = \frac{R_2}{T_2}$

Отсюда, для периода меньшего колеса получим

$$T_1 = T_2 \cdot \frac{R_1}{R_2} = 0,1 \cdot \frac{10}{20} = 0,05 \text{ с}$$

**Ответ:** номер 1 (0,05 с.)

### Задание 3.

На высоте трех земных радиусов сила притяжения Землей искусственного спутника меньше, чем на поверхности в \_\_\_\_ раз (раза). Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 9
2. 4
3. 16
4. 25

**Решение:**

Сила притяжения на высоте  $h$  определяется выражением

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{(R + h)^2}$$

Тогда сила тяготения на поверхности Земли равна

$$F_0 = G \frac{m_1 \cdot m_2}{(R + h)^2}$$

А на высоте  $h=3R$

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{16R^2}$$

То есть меньше в 16 раз

**Ответ:** номер 3 (в 16 раз)

#### Задание 4.

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Металлический шар, подвешенный к невесомой пружине жесткостью  $k = 5 \text{ кН/м}$ , удлиняет ее на  $x = 20 \text{ см}$ . Масса шара равна \_\_\_\_\_ кг. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 5
2. 100
3. 20
4. 500

**Решение:**

Шар находится в равновесии, т.к. сила тяжести уравновешивается силой упругости

$$mg = kx$$

Откуда,

$$m = \frac{k \cdot x}{g} = \frac{5 \cdot 1000 \cdot 0,2}{10} = 100 \text{ (кг)}$$

*Примечание:* все величины переводим в систему СИ

**Ответ:** номер 2 (100 кг).

#### Задание 5.

С помощью рычага груз массой 245 кг подняли на высоту 6 см, приложив к длинному плечу рычага силу 500 Н, конец которого опустился на 0,3 м. КПД рычага равен \_\_\_\_\_ %. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 49
2. 50
3. 80
4. 98

**Решение:**

Полезная работа равна произведению силы тяжести груза массой 245 кг на высоту 0,06 м (переводим в систему СИ).

Полная работа равна произведению приложенной к рычагу силы, равной 500 Н, на расстояние 0,3 м.

Следовательно, КПД равен

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн.}}}{A_{\text{полн.}}} = \frac{2450 \cdot 0,06}{500 \cdot 0,3} = 0,98 = 98\%$$

**Ответ:** номер 4 (98%)

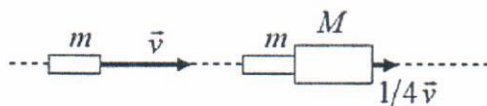


### Задание 6.

Буксир массой  $m$ , движущийся по инерции в стоячей воде, сталкивается с баржей массой  $M$  и движет ее впереди себя. Скорость буксира после столкновения уменьшилась в 4 раза. Отношение  $M/m$  равно... Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 2
2. 3
3. 4
4. 4,5

**Решение:**



По закону сохранения импульса

$$mv = (m + M) \cdot \frac{1}{4}v$$

$$m = \frac{1}{4}m + \frac{1}{4}M$$

$$\frac{3}{4}m = \frac{1}{4}M \quad \text{Отсюда} \quad \frac{M}{m} = 3$$

**Ответ:** номер 2 (отношение равно 3)

### Задание 7.

Если тело на пружине совершает колебания по закону  $x=2\sin(2\pi t)$ , то его ускорение через 1 с. от начала движения равно \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 0
2. 2
3.  $8\pi^2$
4.  $-8\pi^2$

**Решение:**

Ускорение при гармонических колебаниях определяется

$$a = x'' = -\omega^2 x_0 \sin(\omega t)$$

Так как  $x_0=2$  м  $x=2\sin(2\pi t)$   $t=1$  с

То ускорение равно

$$a = 2 \cdot 4\pi^2 \cos(2\pi \cdot 1) = 0$$

**Ответ:** номер 1 (0 м/с<sup>2</sup>)

### Задание 8.

Если концентрации водорода и кислорода и среднеквадратичные скорости движения их молекул одинаковы, то давление кислорода... Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

(Молярная масса кислорода  $32 \cdot 10^{-3}$  кг/моль, молярная масса водорода  $2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль, Постоянная Авогадро  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>).

1. Больше давления водорода в 16 раз

2. Равно давлению водорода
3. Меньше давления водорода в 8 раз
4. Меньше давления водорода в 16 раз

**Решение:**

Давление газа

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 v^2}{2}$$

где  $n$  – концентрация молекул,

$m_0$  – масса молекулы газа,

$v^2$  – средний квадрат скорости движения молекул.

Масса молекулы

$$m_0 = \frac{\mu}{N_A}$$

где  $\mu$  – молярная масса,

$N_A$  – постоянная Авогадро.

Тогда

$$p = \frac{n \cdot v^2}{3} \cdot \frac{\mu}{N_A}$$

Поэтому

$$\frac{p_{O_2}}{p_{H_2}} = \frac{\mu_{O_2}}{\mu_{H_2}} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 16$$

**Ответ:** номер 1 (больше давления водорода в 16 раз).

### Задание 9.

В сосуде постоянного объема  $V$  первоначально находился  $\nu=1$  моль воздуха при давлении  $P$  и температуре  $T$ . В сосуд добавили 2 моля воздуха. Чтобы сохранить давление в сосуде постоянным, необходимо температуру газа ... Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. Оставить неизменной
2. Уменьшить в 3 раза
3. Увеличить в 3 раза
4. Увеличить в 2 раза

**Решение:**

Уравнение состояния идеального газа

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Число молей в сосуде увеличилось в 3 раза. Чтобы сохранить давление в сосуде постоянным при постоянном объеме ( $M$  и  $R$  тоже константы), необходимо температуру газа уменьшить в 3 раза.

**Ответ:** номер 2 (уменьшить температуру в 3 раза)

### Задание 10.

Идеальному газу, находящемуся в цилиндре с поршнем, сообщили количество теплоты  $Q = 20$  кДж. При этом газ, перемещая поршень, совершил работу  $A = 5$  кДж. Изменение внутренней энергии газа будет равно \_\_\_\_\_ кДж. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 5
2. 15

3. 20

4. 25

**Решение:**

По второму началу термодинамики количество теплоты, подведенное к газу, идет на увеличение внутренней энергии газа и на совершение работы газом

$$Q = \Delta U + A$$

Следовательно

$$\Delta U = Q - A = 20 - 5 = 15 \text{ (кДж)}$$

**Ответ:** номер 2 (15 кДж)

**Задание 11.**

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k=9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . Точечные заряды  $Q = +20 \text{ нКл}$  и  $q = -10 \text{ нКл}$  расположены на расстоянии  $l = 1 \text{ м}$ . Напряженность поля, создаваемого зарядом  $Q$  в точке расположения заряда  $q$ , будет а) равна \_\_\_\_\_ В/м, б) направлена...

Проведите вычисления и выберите правильные ответы:

1. 180

2. 90

3. Направлена в сторону, противоположную от заряда  $Q$  в сторону

4. Направлена в сторону заряда  $Q$

**Решение:**

Численное значение напряженности поля, создаваемого зарядом  $Q$  в точке расположения заряда  $q$  рассчитывается по формуле:

$$E = k \frac{Q}{l^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{20 \cdot 10^{-9}}{1^2} = 180 \text{ (В/м)}$$

Направление напряженности определяется по направлению силы, действующей на пробный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

**Ответ:** номера 1 и 3 (180, направлена в противоположную от заряда  $Q$  сторону)

**Задание 12.**

Если батарея, замкнутая на сопротивление 5 Ом, дает ток в цепи 5 А, а замкнутая на сопротивление 2 Ом, дает ток 8 А, то ток короткого замыкания батареи равен \_\_\_\_\_ А. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 9,7

2. 11

3. 13,3

4. 15

**Решение:**

Согласно закону Ома для полной цепи

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r)$$

$$\varepsilon = I_2(R_2 + r)$$

Исключая из этих уравнений ЭДС, получим

$$r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1} = \frac{5 \cdot 5 - 2 \cdot 8}{8 - 5} = 3 \text{ (Ом)}$$

Тогда



$$\varepsilon = 5 \cdot (5 + 3) = 40 \text{ (В)}$$

А ток короткого замыкания

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{40}{3} = 13,3 \text{ (А)}$$

**Ответ:** номер 3 (13,3 А)

### Задание 13.

Закон электромагнитной индукции может быть записан в виде формулы...

Выберите правильный ответ:

1.  $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
2.  $E = -\frac{A}{q}$
3.  $E = I(R + r)$
4.  $E = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

**Решение:**

Закон электромагнитной индукции может быть записан в виде формулы

$$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

**Ответ:** номер 1.

### Задание 14.

Зависимость напряжения на обкладках конденсатора емкостью  $0,26 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}$  в колебательном контуре от времени имеет вид (в единицах СИ):

$$u(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 10^3 t)$$

Максимальная энергия электрического поля в контуре равна \_\_\_\_\_ Дж. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1.  $1,3 \cdot 10^{-6}$
2.  $1,3 \cdot 10^{-7}$
3.  $2,6 \cdot 10^{-6}$
4.  $2,6 \cdot 10^{-7}$

**Решение:**

Уравнение гармонических колебаний имеет вид:

$$u(t) = u_0 \cos(\omega t)$$

Сравнивая с исходным уравнением, получаем, что максимальное значение напряжения на конденсаторе  $u_0 = 10 \text{ В}$ , тогда для максимального значения энергии электрического поля

$$E = \frac{Cu_0^2}{2} = \frac{0,26 \cdot 10^{-7} \cdot 10^2}{2} = 0,13 \cdot 10^{-6} \text{ (Дж)}$$

**Ответ:** номер 2 ( $0,13 \cdot 10^{-6} = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$ )

### Задание 15.

Если действительное изображение предмета, помещенного в 15 см. от линзы, получается на расстоянии 30 см. от нее, то фокусное расстояние линзы равно... м. Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1. 0,1
2. 0,5
3. 1
4. 2

**Решение:**

Фокусное расстояние линзы определяется по формуле

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

где  $d = 15$  см. – расстояние от предмета до линзы,

$f = 30$  см. – расстояние от линзы до изображения

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{0,15} + \frac{1}{0,30} = \frac{2 + 1}{0,3} = \frac{1}{0,1}$$

То есть  $F = 0,1$  м.

**Ответ:** номер 1 (0,1 м)

### Задание 16.

Если длина волны электромагнитного излучения 600 нм., то масса фотона равна \_\_\_\_\_ кг. (Постоянная Планка  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, скорость света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с).

Проведите вычисления и выберите правильный ответ:

1.  $3,7 \cdot 10^{-35}$
2.  $3,7 \cdot 10^{-36}$
3.  $3,7 \cdot 10^{-37}$
4.  $3,7 \cdot 10^{-38}$

**Решение:**

Энергия фотона

$$\varepsilon = mc^2 \quad \text{где } m \text{ – масса фотона, } c \text{ – скорость света,}$$

$$\varepsilon = h\nu \quad \text{где } h \text{ – постоянная Планка, } \nu \text{ – частота электромагнитного излучения.}$$

Отсюда

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

Скорость света

$$c = \lambda\nu$$

где  $\lambda = 600$  нм =  $6 \cdot 10^{-7}$  м – длина волны электромагнитного излучения

Тогда

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

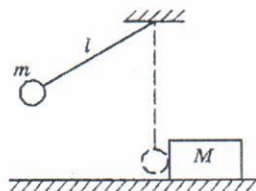
Подставим

$$m = \frac{h}{\lambda \cdot c} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{6 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^8} = 0,37 \cdot 10^{-35} = 3,7 \cdot 10^{-36} \text{ (кг)}$$

**Ответ:** номер 2 ( $3,7 \cdot 10^{-36}$  кг)

**Задание 17.**

Маленький шарик массой  $m = 0,3$  кг подвешен на легкой нерастяжимой нити  $l = 0,9$  м, которая разрывается при силе натяжения  $T_0 = 6$  Н. Шарик отведен от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит 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  $u$  (в м/с) бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



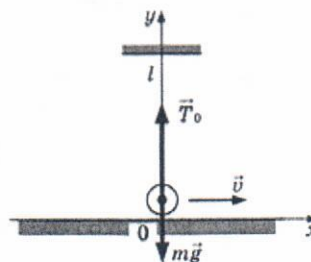
**Решение:**

Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом  $l$  со скоростью  $\vec{v}$ . В этот момент действующие на шарик сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}_0$  направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  инерционной системы отсчета  $Ox$ , связанной с Землей:

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

Откуда

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



При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок». В проекциях на ось  $Ox$  получаем

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

где  $u$  — проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось.

Отсюда:

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

**Ответ:** 0,5

**Задание 18.**

Сосуд объемом 10 л. Содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г. При температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси? Ответ округлить с точностью до десятых.



**Решение:**

Запишем уравнение Клайперона-Менделеева для водорода и гелия в смеси:

$$p_{H_2} V = \frac{m_{H_2}}{\mu_{H_2}} RT$$
$$p_{He} V = \frac{m_{He}}{\mu_{He}} RT$$

Согласно закону Дальтона давление смеси:

$$p = p_{H_2} + p_{He}$$

Кроме того, масса смеси:

$$m = m_{H_2} + m_{He}$$

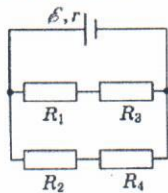
Решая систему уравнений, получаем:

$$\frac{m_{H_2}}{m_{He}} = \frac{\frac{pV}{RT} - \frac{m}{\mu_{He}}}{\frac{m}{\mu_{H_2}} - \frac{pV}{RT}} = \frac{\frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}}}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} - \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300}} \approx 1,5$$

**Ответ:** 1,5

**Задание 19.**

В схеме, изображенной на рисунке, сопротивление резисторов  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 9$  Ом. ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 20$  В, ее внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Определите мощность (Вт), выделяемую на резисторе  $R_3$ . (Ответ укажите с точностью до десятых).



**Решение:**

Резисторы  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_4$  соединены друг с другом последовательно, а пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи:

$$R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(4 + 6)(6 + 9)}{4 + 6 + 6 + 9} = 6 \text{ Ом}$$

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{20}{6 + 2} = 2,5 \text{ А}$$

Напряжение на внешней цепи

$$U = I \cdot R_0 = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ В}$$

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{15}{4 + 6} = 1,5 \text{ А}$$

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_3$

$$N_3 = I_1^2 \cdot R_3 = 1,5^2 \cdot 6 = 13,5 \text{ Вт}$$

**Ответ:** 13,5

**Задание 20.**

Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Какое запирающее напряжение  $U$  (Вольт) нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился? (модуль заряда электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл., постоянная Планка  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с., скорость света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с.)

**Решение:**

Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие

$$eU = \frac{m_e v_{max}^2}{2}$$

где  $e$  – модуль заряда электрона

$m_e$  – масса электрона

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{max}^2}{2}$$

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$ , получим

$$U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В}$$

**Ответ:** 1,4