

# Физика Вариант 0

## Инструкция по выполнению работы

Для выполнения работы дается 3 астрономических часа (180 минут). Максимальный итоговый балл за выполненную работу – 100 баллов. Решение каждого задания должно сопровождаться пояснениями. Пояснения должны содержать: схематический рисунок, если он необходим для решения задачи, составление системы уравнений, решение полученной системы уравнений относительно **искомой величины в общем виде**, получение числового ответа в соответствии с требованиями к ответу, указанными в условии задачи. Максимальным баллом оценивается полное правильное решение задачи, приведшее к правильному ответу в общем виде и правильному числовому ответу.

**Желаем успеха!**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	гига	мега	кило	гекто	деци	санти	мили	микро	нано	пико	фемто	атто
Приставка	Г	М	к	г	д	с	м	мк	н	п	ф	а
Множитель	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-18}$
<b>Константы</b>												
ускорение свободного падения								$g = 10 \text{ м/с}^2$				
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 Авогадро								$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$				
постоянная Больцмана								$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$				
скорость света в вакууме								$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$				
коэффициент пропорциональности в законе Кулона								$k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$				
элементарный электрический заряд								$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$				
Постоянная Планка								$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$				
Число $\pi$								$\pi = 3,14$				
<b>Соотношение между различными единицами</b>								<b>Масса частиц</b>				
температура						0 К = – 273 °С		электрона		9,1 · 10 <sup>-31</sup> кг		
атомная единица массы						1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг		протона		1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг		
1 атомная единица массы эквивалентна						931, 5 МэВ		нейтрона		1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг		
1 электрон-вольт						1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж						
<b>Плотность</b>								подсолнечного масла		900 кг/м <sup>3</sup>		
воды		1000 кг/м <sup>3</sup>		керосина		800 кг/м <sup>3</sup>		алюминия		2700 кг/м <sup>3</sup>		
древесины		400 кг/м <sup>3</sup>		ртути		13600 кг/м <sup>3</sup>		железа		7800 кг/м <sup>3</sup>		
<b>Удельная теплоемкость</b>								<b>Удельная теплота</b>				
воды		4,2 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)		свинца		130 Дж/(кг · К)		парообразования воды		2,3 · 10 <sup>6</sup> Дж/кг		
льда		2,1 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)		меди		380 Дж/(кг · К)		плавления свинца		2,5 · 10 <sup>4</sup> Дж/кг		
железа		460 Дж/(кг · К)		алюминия		900 Дж/(кг · К)		плавления льда		3,3 · 10 <sup>5</sup> Дж/кг		
чугуна		500 Дж/(кг · К)										
<b>Молярная масса</b>												
азота		28 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль		кислорода		32 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль						
аргона		40 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль		гелия		4 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль						
водорода		2 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль		углекислого газа		44 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль						
воздуха		29 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль		лития		6 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль						
<b>Нормальные условия:</b>				давление 10 <sup>5</sup> Па				температура 0 °С				

1. За время 3 с после начала равноускоренного движения первый вагон поезда проходит мимо наблюдателя, стоящего в начальный момент времени у начала этого вагона. За какое время пройдет мимо наблюдателя весь поезд, состоящий из 9 вагонов? Промежутками между вагонами пренебречь. Ответ представьте в единицах СИ. (10 баллов)

2. Газ находится под поршнем в горизонтальном цилиндрическом сосуде. Поршень может передвигаться в цилиндре без трения. Атмосферное давление равно  $10^5$  Па. Объем газа 50 л. С какой силой нужно подействовать на поршень, чтобы объем газа уменьшился до 10 л? Площадь поршня  $10 \text{ см}^2$ . Сжатие газа изотермическое. Ответ представьте в единицах СИ. **(10 баллов)**
3. Электрон со скоростью  $2 \cdot 10^7$  м/с влетает в однородное электрическое поле с напряженностью  $2,5 \cdot 10^4$  В/м и движется в направлении против силовых линий. Определите кинетическую энергию электрона в тот момент, когда он пройдет в поле расстояние 7 см. Ответ представьте в килоэлектронвольтах и округлите до десятых. **(10 баллов)**
4. Маятник массой 25 г отклонили от положения равновесия, при этом сила упругости нити равна 0,2 Н. Найдите силу, возвращающую маятник в положение равновесия. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до сотых. **(10 баллов)**
5. Смешали  $1 \text{ м}^3$  воздуха влажностью 20% и  $2 \text{ м}^3$  воздуха влажностью 30 %. При этом обе порции были взяты при одинаковых температурах. Определите относительную влажность смеси. Ответ выразите в процентах и округлите до целого числа. **(10 баллов)**
6. Мыльная пленка образует клин. Пучок монохроматического света, падая на клин нормально, создает в проходящем свете интерференционную картину чередующихся темных и светлых полос. В месте, где находится третья, считая от ребра клина, светлая полоса, толщина пленки составляет 675 нм. Показатель преломления пленки равен  $4/3$ . Определите длину волны света. Ответ представьте в нанометрах. **(15 баллов)**
7. На чашку, подвешенную на пружине жесткостью  $k = 100$  Н/м, падает с высоты  $h = 1$  м груз массой  $m = 1$  кг и остается на чашке, то есть удар груза о дно чашки можно считать абсолютно неупругим. Чашка начинает колебаться. Рассчитайте амплитуду колебаний чашки. Ответ представьте в единицах СИ и округлите до сотых. Массой чашки пренебречь. **(15 баллов)**
8. С помощью камеры Вильсона, помещенной в однородное магнитное поле с индукцией 0,01 Тл, наблюдается упругое рассеяние  $\alpha$ -частицы на неподвижных ядрах дейтерия. Найдите начальную энергию  $\alpha$ -частицы, если радиусы кривизны начальных участков траекторий ядра дейтерия и  $\alpha$ -частицы после рассеяния оказались равными 0,1 м. Обе траектории лежат в плоскости перпендикулярной линиям индукции магнитного поля. Считать массу  $\alpha$ -частицы равной  $4m_p$ . Ответ представьте в электронвольтах и округлите до целого числа. **(20 баллов)**

Председатель предметной комиссии,  
доцент

\_\_\_\_\_ Е. В. Лисичко

**Задача.** По наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $30^\circ$ , движется тело массой 5 кг. К этому телу с помощью нерастяжимой нити, перекинутой через блок, привязано тело такой же массы, движущееся вертикально вниз. Коэффициент скольжения между телом и наклонной плоскостью 0,05. Определите ускорение тел и силу натяжения нити.

**Дано:**

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m_1 = m_2 = 5 \text{ кг}$$

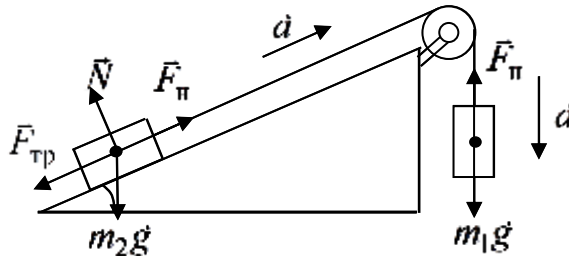
$$\mu = 0,05$$

**Найти:**

$$a = ?$$

$$F_H = ?$$

**Решение:**



Покажем на рисунке силы, действующие на каждое тело.

Запишем для каждого из тел уравнение движения (второй закон Ньютона) в векторной форме:

$$\begin{cases} m_1 \vec{g} + \vec{F}_H = m_1 \vec{a} \\ m_2 \vec{g} + \vec{F}_H + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m_2 \vec{a} \end{cases}$$

Затем в проекциях на выбранные оси координат:

$$\begin{cases} m_1 g - F_H = m_1 a & (\text{на ось } z) \\ m_2 g \sin \alpha - F_H + F_{\text{тр}} = -m_2 a & (\text{на ось } x). \\ N - m_2 g \cos \alpha = 0 & (\text{на ось } y) \end{cases}$$

Учитывая, что  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , где  $N = m_2 g \cos \alpha$ , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} m_1 g - F_H = m_1 a \\ m_2 g \sin \alpha - F_H + \mu m_2 g \cos \alpha = -m_2 a \end{cases}$$

Вычтем из первого уравнения второе:

$$m_1 g - m_2 g \sin \alpha - \mu m_2 g \cos \alpha = m_1 a + m_2 a.$$

Искомое ускорение равно:

$$a = \frac{g(m_1 - m_2 \sin \alpha - \mu m_2 \cos \alpha)}{m_1 + m_2}.$$

Вычислим  $a$ :

$$a = \frac{9,8(5 - 5 \cdot \sin 30 - 0,05 \cdot 5 \cdot \cos 30)}{5 + 5} = 2,28 \left( \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right).$$

Силу натяжения найдем из первого уравнения системы:

$$F_{\text{H}} = m_1 g - m_1 a = 5 \cdot 9,8 - 5 \cdot 2,28 = 38,6 \text{ (Н)}.$$

**Ответ:**  $a = 2,28 \left( \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \right)$ ;  $F_{\text{H}} = 38,6 \text{ Н}$