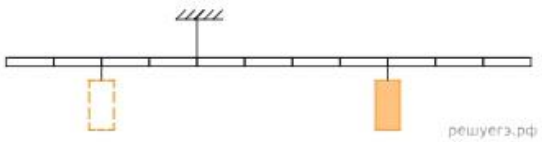
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Вариант 1 ФОТН/23

Укажите в каждом задании верный ответ:

1. Тело массой 0,2 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рис.).



Чему равна масса груза, который надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия? (Ответ дайте в килограммах.)

A) 0,3 B) 0,4

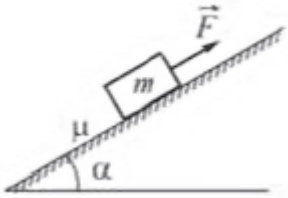
C) 0,75 D) 0,25

Решение.

Решение. Одним из условий равновесия стержня является то, что полный момент всех внешних сил относительно любой точки равен нулю. Рассмотрим моменты сил относительно точки опоры. Момент, создаваемый правым грузом равен $mg \cdot 4l$, он вращает стержень по часовой стрелке. Момент, создаваемый левым грузом: $Mg \cdot 2l$, — он вращает против часовой. Приравнивая моменты, получаем, что для равновесия к левому концу стержня необходимо подвесить груз массой

$$M = 2m = 2 \cdot 0{,}2 \text{ кг} = 0{,}4 \text{ кг}.$$

2. Брусок массой *m* двигают равномерно вверх вдоль наклонной шероховатой плоскости, расположенной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между поверхностью бруска и поверхностью плоскости равен μ. Модуль силы трения, действующей между поверхностью бруска и поверхностью плоскости, равен:



A) μ mg cosα B) 0

C) μ mg D) μ mg sinα

Решение: Поскольку брусок скользит, сила трения — это сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N$. Рассмотрим второй закон Ньютона в проекции на ось, перпендикулярную поверхности: $N - mg\cos\alpha = 0$. Следовательно, сила трения равна $F_{\text{тр}} = \mu mg\cos\alpha$

Примечание:

Поскольку брусок движется равномерно, его ускорение равно нулю, поэтому из второго закона Ньютона в проекции на ось, параллельную наклонной плоскости, для силы трения можно получить еще одно выражение: $F_{\text{тр}} = F - mg\sin\alpha$, однако данного ответа нет среди предложенных.

3. Два груза одинаковой массы подняли с одинаковой исходной высоты в верхнюю точку наклонной плоскости: один груз – втаскивая наверх вдоль наклонной плоскости, а другой – поднимая вертикально. При этом модуль работы силы тяжести, действующей на грузы:

1) больше при подъёме груза вертикально вверх
2) одинаковый для обоих грузов
3) для первого груза зависит от угла наклона плоскости
4) больше при подъёме груза вдоль наклонной плоскости

A) 1 B) 2

C) 3 D) 4

Решение: Поле силы тяжести — поле консервативной силы. Работа, совершаемая консервативными силами не зависит от траектории, по которой двигалось тело, а зависит только от начального и конечного положения тела.

4. Материальная точка движется вдоль оси *Ox*. Её координата *x* изменяется стечением времени *t* по закону $x(t) = 3 + 3t - 2t^2$ (все величины заданы в СИ). Чему равна проекция скорости на ось *Ox* в момент времени $t = 2$ с?

A) -17 м/с B) -12 м/с

C) 14 м/с D) -5 м/с

Решение. 1 способ:

Проекция скорости — это производная соответствующей координаты по времени, а потому закон изменения проекции скорости со временем имеет вид:

$$\upsilon_x(t) = \frac{dx(t)}{dt} = \frac{d(3 + 3t - 2t^2)}{dt} = 3 - 4t.$$

Следовательно, в момент времени $t = 2$ с проекция скорости на ось *Ox* равна:

$$\upsilon_x(2\ \text{с}) = 3 - 4 \cdot 2 = -5\ \text{м/с}.$$

2 способ:

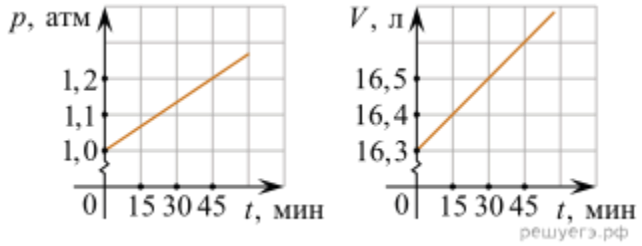
При равноускоренном движении зависимость координаты тела *x* от времени в общем виде следующая:

$$x(t) = x_0 + \upsilon_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}.$$

Сравнивая с выражением, данным в условии, получаем, что проекция на ось *Ox* начальной скорости равна $\upsilon_{0x} = 3$ м/с, а проекция ускорения равна $a_x = -4$ м/с^2. Таким образом, проекция скорости тела на ось *Ox* в момент времени $t = 2$ с равна

$$\upsilon_x(t = 2\ \text{с}) = \upsilon_{0x} + a_x \cdot 2\ \text{с} = 3\ \text{м/с} - 4\ \text{м/с}^2 \cdot 2\ \text{с} = -5\ \text{м/с}.$$

5. На графиках приведены зависимости давления *p* и объёма *V* от времени *t* для 0,4 молей идеального газа. Чему равна температура газа в момент *t* = 45 минут? Ответ выразите в градусах Кельвина с точностью до 10 К.



A) 250 B) 600

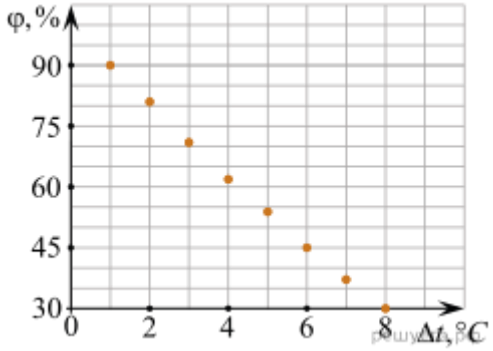
C) 300 D) 125

Решение. По графикам найдём значение объёма и температуры в момент времени 45 минут: $p = 1{,}2\ \text{атм}, V = 16{,}6\ \text{л}.$ Напишем уравнение Клапейрона — Менделеева и выразим из него температуру:

$$pV = \nu RT \Leftrightarrow T = \frac{pV}{\nu R},$$

$$T = \frac{1{,}2 \cdot 10^5\ \text{Па} \cdot 16{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{м}^3}{0{,}4\ \text{моль} \cdot 8{,}31\ \text{Дж/(моль} \cdot \text{К)}} \approx 600\ \text{К}.$$

6. На графике показаны значения относительной влажности воздуха φ, измеренные с помощью психрометра при температуре воздуха в помещении 16 °C (Δt — разность температур, показываемых сухим и влажным термометрами, входящими в состав психрометра).



Определите, какую температуру показывал влажный термометр при относительной влажности воздуха 45%. Ответ запишите в °C.

A) 15 B) 10

C) 18 D) 20

Решение. По графику находим, что влажность воздуха равнялась 45% при разности показаний сухого и влажного термометра равной 6 °C. Так как показание сухого термометра 16 °C, то влажный термометр показывает 10 °C.

7. Луч света идёт в воде, падает на плоскую границу раздела вода — воздух и целиком отражается от границы раздела. Затем угол падения луча на границу раздела начинают уменьшать. Выберите все верные утверждения о характере изменений углов, характеризующих ход луча, и о ходе самого луча.

1) Угол отражения луча будет уменьшаться.
2) Может появиться преломлённый луч.
3) Отражённый луч не исчезает.
4) Если преломление будет возможно, то угол преломления луча будет увеличиваться.
5) Угол отражения может стать больше угла падения.

A) 1, 4 B) 1, 2, 3

C) 1, 2, 5 D) 3, 4, 5

Решение. Для ответа на вопрос о верности утверждений мы должны использовать два факта

а) Закон Снеллиуса: $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$, где символ 1 относится к среде из которой луч выходит, т. е. к воде, а символ 2 относится к воздуху,

б) угол падения равен углу отражения.

Тогда:

1) С уменьшением угла падения угол отражения будет уменьшаться. Утверждение верно.

2) Существует критический угол, при котором не будет преломленного луча, т. е. имеем $\theta_2 = 90^\circ$, $\sin\theta_1 = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{1,333} \Leftrightarrow \theta_1 = 49^\circ$. При углах, меньшим чем критический, преломление возможно. Утверждение верно.

3) Отраженный луч не может исчезнуть. Утверждение верно.

4) С уменьшением угла падения угол преломления будет уменьшаться. Утверждение неверно.

5) Утверждение неверно.

8. Шар радиусом 20 см равномерно заряжен электрическим зарядом. В таблице представлены результаты измерений модуля напряжённости *E* электрического поля от расстояния r до поверхности этого шара. Чему равен модуль заряда шара? (Ответ дать в нКл.) Коэффициент *k* принять равным $9\cdot10^9$ Н·м²/Кл².

r, см	20	40	60	80	100
E, В/м	225	100	56,25	36	25

A) 7 B) 3

C) 4 D) 5

Решение. Напряжённость электрического поля любого сферически симметричного распределения зарядов, вне этих зарядов рассчитывается по формуле $E = k\frac{q}{r^2}$, где *r* — расстояние от центра симметрии, в данном случае от центра шара. Заметим, что в таблице нам дано расстояние от *поверхности* шара. Используя два любых соответственных значения *E* и *r*, найдём заряд шара:

$$q = \frac{Er^2}{k} = \frac{225\cdot(0,2+0,2)^2}{9\cdot10^9} = 4\cdot10^{-9}\ \text{Кл} = 4\ \text{нКл}.$$

9. В вакууме распространяются два параллельных пучка света. Свет первого пучка характеризуется длиной волны 600 нм, а свет второго пучка — частотой 10^{15} Гц. Во сколько раз отличается энергия фотона из второго пучка от энергии фотона из первого пучка? Скорость света принять равной $3\cdot10^8$ м/с.

A) 2 B) 4

C) 8 D) 6

Решение. Энергия фотона равна $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Отношение $\frac{E_2}{E_1}$ равно

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{h\nu_2}{\frac{hc}{\lambda_1}} = \frac{\nu_2\lambda_1}{c} = \frac{10^{15}\cdot600\cdot10^{-9}}{3\cdot10^8} = 2.$$

10. Точечное тело движется по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы, направленной вдоль оси OX. Известно что проекция импульса этого тела на указанную ось изменяется со временем по закону $p_x = -4 + t$. Чему равен модуль силы действующий на это тело.

A) 6 B) 4

C) -10 D) 0

Решение.
dP=Fdt
Забиваем на -4, тк это начальное значение и
dP=t
Ft=t
F = 1H

11. Прямолинейный проводник длиной 0,2 м находится в однородном магнитном поле с индукцией 4 Тл и расположен под углом 30 градусов к вектору индукции. Чему равен модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля при силе тока в нем 2 А? (Ответ дать в ньютонах.)

A) 0,5 B) 1,5

C) 0,8 D) 2

Решение: Сила Ампера, действующая со стороны магнитного поля на проводник с током, определяется выражением

$$F_{\text{А}} = IBL\sin\alpha = 2\ \text{А} \cdot 4\ \text{Тл} \cdot 0{,}2\ \text{м} \cdot \sin 30^\circ = 0{,}8\ \text{Н}.$$

12. Шарик массой 0,2 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной прямой. Какой должна быть масса шарика, чтобы частота его свободных вертикальных гармонических колебаний на этой же пружине была в 2 раза меньше?

A) 0,2 B) 4

C) 2 D) 0,1

Решение: Частота колебаний пружинного маятника с грузом массой m=0,2 кг и жесткостью пружины k определяется формулой

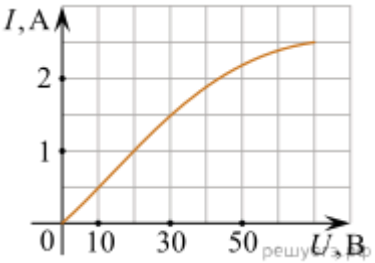
$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Для частоты в 2 раза меньше, то есть для v/2 эта формула запишется в виде

$$2\nu = \frac{1}{2 \cdot 2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{4m}}.$$

Из последнего выражения видно, что массу груза нужно увеличить в 4 раза, то есть нужно взять $0,2 \cdot 4 = 0,8$ кг

13. На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. Какова мощность тока в лампе при напряжении 30 В? (Ответ дайте в ваттах.)



A) 120 B) 175

C) 45 D) 15

Решение. Мощность тока в лампе пропорциональна произведению напряжения на лампе и силы текущего через неё тока: $P = UI$. Из графика видно, что при напряжении 30 В сила тока равна 1,5 А. Значит, мощность тока в лампе равна

$$P = 30\ \text{В} \cdot 1{,}5\ \text{А} = 45\ \text{Вт}.$$

14. Дифракционная решётка, имеющая 1000 штрихов на 1 мм своей длины, освещается параллельным пучком монохроматического света с длиной волны 420 нм. Свет падает перпендикулярно решётке. Вплотную к дифракционной решётке, сразу за ней, расположена тонкая собирающая линза. За решёткой на расстоянии, равном фокусному расстоянию линзы, параллельно решётке расположен экран, на котором наблюдается дифракционная картина. Выберите все верные утверждения.

1) Если заменить дифракционную решётку на другую, с бóльшим периодом, то угол, под которым наблюдается первый дифракционный максимум, увеличится.

2) Если увеличить длину волны падающего света, то максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов увеличится.

3) Если уменьшить длину волны падающего света, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.

4) Если заменить линзу на другую, с бóльшим фокусным расстоянием, и расположить экран так, чтобы расстояние от линзы до экрана по-прежнему было равно фокусному расстоянию линзы, то расстояние на экране между нулевым и первым дифракционными максимумами уменьшится.

5) Максимальный порядок наблюдаемых дифракционных максимумов равен 2.

A) 1 и 3 B) 2 и 4

C) 1, 2 и 5 **D) 3 и 5**

15. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите в ответе их номера.

1) Чем меньше сила трения колёс автомобиля о дорогу, тем на меньшей скорости машина может вписаться в заданный поворот.
2) При понижении температуры влажного воздуха может образовываться иней, туман или выпасть роса.
3) Действие электрического тока на магнитную стрелку может наблюдаться, только если электрический ток протекает по железному проводнику.
4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред скорость волны не изменяется.
5) Рентгеновские лучи обладают разной проникающей способностью через мягкие и костные ткани человека.

A) 1 и 5 B) 1, 2 и 4

C) 2 и 4 **D) 1,2 и 5**