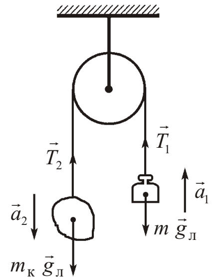
11 класс

Вариант №1

Задача №1



Поскольку вес гири на Земле и камня на Луне одинаков, то

$$m\,g \quad m_к\,g_л, \qquad (1)$$

где $m_к$ масса камня; g, $g_л$ ускорение силы тяжести на Земле и на Луне соответственно.

Рассмотрим движение гири и камня, подвешенных на нити, перекинутой через блок (см. рисунок).

Запишем уравнения движения гири и камня в виде

$$m\,a \quad T \quad m\,g_л; \qquad m_к\,a \quad m_к\,g_л \quad T, \qquad (2)$$

где учтено, что нить нерастяжима (ускорения тел $a_1 \quad a_2 \quad a$), а блок невесом (силы натяжения нити $T_1 \quad T_2 \quad T$).

Из уравнений (2) с учетом (1) получим:

$$a \quad g_л\frac{m_к \quad m}{m \quad m_к} \quad g\frac{m}{m_к}\frac{m_к \quad m}{m \quad m_к}; \qquad m\,m_к\,a \quad m_к^2\,a \quad m\,m_к\,g \quad m^2\,g;$$

$$a\,m_к^2 \quad m\,(g \quad a)\,m_к \quad m^2\,g \quad 0; \qquad m_к \quad \frac{m\,(g \quad a) \quad \sqrt{m^2\,(g \quad a)^2 \quad 4\,m^2\,g\,a}}{2\,a}.$$

Поскольку

$$m_к \quad \frac{m\,[(g \quad a) \quad \sqrt{(g \quad a)^2 \quad 4\,g\,a}\,]}{2\,a} \quad 1{,}4\ кг; \qquad m_к \quad \frac{m\,[(g \quad a) \quad \sqrt{(g \quad a)^2 \quad 4\,g\,a}\,]}{2\,a} \quad 5{,}75\ кг,$$

а ускорение силы тяжести на Луне в несколько раз меньше, чем на Земле, то масса камня $m_к$ 5,75 кг.

Ответ: $m_к \quad \frac{m\,[(g \quad a) \quad \sqrt{(g \quad a)^2 \quad 4\,g\,a}\,]}{2\,a} \quad 5{,}75$ кг.

Задача №2

Поскольку шарики расположены в порядке убывания их масс, то после соударения любой из налетающих шариков продолжит движение в первоначальном направлении.

Если масса первого самого тяжелого шарика равна m, то масса второго – $(1 \quad)\,m$, третьего – $(1 \quad)^2\,m$ и т.д.

Записав законы сохранения импульса и энергии при столкновении первого и второго шариков

$$m \quad _1 \quad m\,u \quad (1 \quad)\,m \quad _2; \qquad \frac{m \quad _1^2}{2} \quad \frac{m\,u^2}{2} \quad \frac{(1 \quad)\,m \quad _2^2}{2}$$

(где u скорость первого шарика после соударения), найдем скорость $_2$ второго шарика после соударения:

$$u \quad _1 \quad (1 \quad) \quad _2; \qquad _1\,[\ _1 \quad (1 \quad) \quad _2]^2 \quad (1 \quad) \quad _2^2; \qquad _2 \quad \frac{2}{2} \quad _1.$$

Очевидно, скорости третьего, четвертого и т.д. (включая 2010-й) шариков после столкновений равны, соответственно

$$_3 \quad \frac{2}{2}^{\,2} \quad _1; \qquad _4 \quad \frac{2}{2}^{\,3} \quad _1; \quad .\ .\ . \quad _{2010} \quad \frac{2}{2}^{\,2009} \quad _1.$$

Следовательно, промежуток времени между столкновением i-го и $(i \quad 1)$-го шариков

$$t_{i,\,i\ 1} \quad \frac{l}{\ _i} \quad \frac{l}{\ _1}\frac{2}{2}^{\,i\ 1},$$

где i 1, 2, 3, . . ., 2010.

Время, через которое начнет двигаться самый легкий шарик:

$$t \quad \frac{l}{\ _1} \quad \frac{l}{\ _2} \quad \frac{l}{\ _3} \quad \ldots \quad \frac{l}{\ _{2010}} \quad \frac{l}{\ _1} \quad \frac{l}{\ _1}\frac{2}{2} \quad \frac{l}{\ _1}\frac{2}{2}^{\,2} \quad \ldots \quad \frac{l}{\ _1}\frac{2}{2}^{\,2009};$$

$$t \quad \frac{l}{\ _1}\frac{1 \quad \frac{2}{2}^{\,2010}}{1 \quad \frac{2}{2}} \quad \frac{2\,l}{\ _1} \quad 1 \quad \frac{2}{2}^{\,2010} \quad 200\ с.$$

Ответ: $t \quad \frac{2\,l}{\ _1} \quad 1 \quad \frac{2}{2}^{\,2010} \quad 200$ с.

Задача №3

После освобождения поршня он начнет двигаться в сторону той части сосуда, где давление газа меньше, и в положении равновесия поршня давления по обе стороны от него станут одинаковыми.

Так как температуры газов не менялись, то, записав закон Бойля – Мариотта для газа в одной и другой частях сосуда,

$$P_1\,V \quad P_2\,(V \quad h\,S); \qquad n\,P_1\,V \quad P_2\,(V \quad h\,S)$$

(где $V \quad \tfrac{1}{2}\,l\,S$ половина объема цилиндра; P_1, $n\,P_1$ начальные давление газа в частях сосуда; P_2 конечное давление в обеих частях сосуда; h расстояние, на которое передвинется поршень), получим:

$$n\,P_2\,(\tfrac{1}{2}\,l\,S \quad h\,S) \quad P_2\,(\tfrac{1}{2}\,l\,S \quad h\,S); \qquad n\,(\tfrac{1}{2}\,l \quad h) \quad (\tfrac{1}{2}\,l \quad h); \qquad h \quad l\,\frac{n \quad 1}{2\,(n \quad 1)} \quad 10\ см.$$

Ответ: $x \quad l\,\frac{n \quad 1}{2\,(1 \quad n)} \quad 10$ см.

Задача №4

При сгорании топлива массой m выделится количество теплоты

$$Q \quad q\,m,$$

часть которой

$$Q' \quad Q$$

будет затрачена на работу двигателя мощностью N в течение времени t

$$A \quad N \quad t.$$

Следовательно,

$$Q' \quad A; \qquad q\,m \quad N \quad t; \qquad m \quad \frac{N \quad t}{q} \quad 2000\ кг.$$

Ответ: $m \quad \frac{N \quad t}{q} \quad 2000$ кг.

Задача №5

Поскольку конденсатор заряжен и отключен от источника, то заряд на его обкладках меняться не будет, т.е.

$$q \quad C\,U; \qquad q \quad C'\,U',$$

где $C \quad _0\,S/d$ начальная емкость конденсатора (S площадь обкладки; d расстояние между обкладками); C', U' конечная емкость конденсатора и установившееся напряжение между его обкладками.

После частичного погружения конденсатора в керосин, его можно рассматривать как два конденсатора, соединенных параллельно:

$$C' \quad C_1 \quad C_2,$$

где $C_1 \quad _0\,\tfrac{2}{3}\,S/d$ емкость конденсатора с воздушным зазором; $C_2 \quad _0\,\tfrac{1}{3}\,S/d$ емкость конденсатора с зазором, заполненным керосином.

Следовательно,

$$C' \quad _0\,\tfrac{2}{3}\,S/d \quad _0\,\tfrac{1}{3}\,S/d \quad \tfrac{2}{3}\,C \quad \tfrac{1}{3} \quad C \quad \tfrac{1}{3}\,C\,(2 \quad);$$

$$C\,U \quad C'\,U'; \qquad C\,U \quad \tfrac{1}{3}\,C\,(2 \quad)\,U'; \qquad U' \quad \frac{3\,U}{2} \quad 75\ В.$$

Ответ: $U' \quad \frac{3\,U}{2} \quad 75$ В.

Задача №6

Записав формулу тонкой собирающей линзы для случая действительного изображения предмета в виде

$$\frac{1}{d} \quad \frac{1}{f} \quad \frac{1}{F}$$

(где f расстояние от линзы до изображения Солнца) и формулу увеличения линзы

$$k \quad \frac{f}{d},$$

получим:

$$f \quad \frac{d\,F}{d \quad F}; \qquad k \quad \frac{F}{d \quad F} \quad 10^{-11}.$$

Ответ: $k \quad \frac{F}{d \quad F} \quad 10^{-11}$.

Председатель центральной методической комиссии по физике ________________

11 класс

Вариант №2

Задача №1

В состоянии невесомости пустое сиденье и сиденье с космонавтом вернутся в состояние, когда пружина недеформирована.

От момента освобождения сжатой пружины до момента, когда пружина вернется в недеформированное состояние, движение можно рассматривать как колебание пружинного маятника, который начинает движение из крайней точки. При этом время движения до положения равновесия будет равно четверти периода колебаний такого «маятника»:

$$t_0 \quad \tfrac{1}{4}T_0 \quad \tfrac{1}{2} \sqrt{m_0/k}; \qquad t \quad \tfrac{1}{4}T \quad \tfrac{1}{2} \sqrt{(M \quad m_0)/k}$$

где M – масса космонавта; k – коэффициент жесткости пружины.

Следовательно,

$$\frac{t_0}{t} \quad \sqrt{\frac{m_0}{M \quad m_0}}; \qquad M \quad m_0[(\ t/\ t_0)^2 \quad 1] \quad 80 \text{ кг.}$$

Ответ: $M \quad m_0[(\ t/\ t_0)^2 \quad 1] \quad 80$ кг.

Задача №2

При движении брусков от одного момента столкновения до следующего сила F на пути l будет совершать одинаковую работу

$$A \quad F\,l.$$

Записав теорему об изменении механической энергии на участке от момента начала движения первого бруска до момента столкновения первого и второго брусков в виде

$$\frac{m\ _1^2}{2} \quad 0 \quad F\,l,$$

найдем скорость, которую приобретет первый брусок к моменту столкновения со вторым:

$$_1 \quad \sqrt{2F\,l/m}.$$

Поскольку между брусками происходят абсолютно неупругие соударения, то на основании закона сохранения импульса, записанного в проекции на направление движения тел,

$$m\ _1 \quad 2m\ _2$$

найдем общую скорость двух брусков после первого столкновения:

$$_2 \quad \tfrac{1}{2}\ _1 \quad \tfrac{1}{2}\sqrt{2F\,l/m} \quad \sqrt{\tfrac{1}{2}F\,l/m}.$$

Записав теорему об изменении механической энергии на участке от момента первого столкновения до момента столкновения двух брусков с третьим бруском в виде

$$\frac{2m\ _2^{\prime 2}}{2} \quad \frac{2m\ _2^2}{2} \quad F\,l,$$

найдем скорость, которую приобретут два первых бруска к моменту столкновения с третьим:

$$_2 \quad \sqrt{F\,l/m \quad _2^2} \quad \sqrt{F\,l/m \quad \tfrac{1}{2}F\,l/m} \quad \sqrt{\tfrac{3}{2}F\,l/m},$$

а на основании закона сохранения импульса

$$2m\ _2 \quad 3m\ _3$$

найдем скорость трех брусков после столкновения:

$$_3 \quad \tfrac{2}{3}\ _2 \quad \tfrac{2}{3}\sqrt{\tfrac{3}{2}F\,l/m} \quad \sqrt{\tfrac{2}{3}F\,l/m}.$$

Аналогично, скорость $_3$ трех брусков в промежутке между вторым и третьим столкновениями

$$\frac{3m\ _3^2}{2} \quad \frac{3m\ _3^2}{2} \quad F\,l; \qquad _3 \quad \sqrt{\tfrac{2}{3}F\,l/m \quad _3^2} \quad \sqrt{\tfrac{2}{3}F\,l/m \quad \tfrac{2}{3}F\,l/m} \quad \sqrt{\tfrac{4}{3}F\,l/m},$$

а скорость $_4$ четырех брусков после третьего столкновения

$$3m\ _3 \quad 4m\ _4; \qquad _4 \quad \tfrac{3}{4}\ _3 \quad \tfrac{3}{4}\sqrt{\tfrac{4}{3}F\,l/m} \quad \sqrt{\tfrac{3}{4}F\,l/m}.$$

Очевидно, после 2010-го столкновения скорость всех брусков будет равна

$$\sqrt{\frac{2010\,F\,l}{2011\,m}} \quad 1 \text{ м/с.}$$

Ответ: $\sqrt{\dfrac{2010\,F\,l}{2011\,m}} \quad 1$ м/с.

Задача №3

После соединения второго и третьего сосудов газ массой m_2, первоначально содержавшийся в третьем сосуде, расширится и заполнит второй и третий сосуды. Поскольку объемы сосудов одинаковы, то после установления равновесного состояния в каждом из сосудов окажется половина количества газа.

После того, как второй сосуд отсоединили от третьего и соединили с первым, газы, содержавшиеся в сосудах, займут общий объем $2V$ и после установления равновесного состояния будут находиться при давлении P.

Записав уравнение Менделеева – Клапейрона для газа массой m_1 до соединения первого и второго сосудов и для газа массой $(m_1 \quad \tfrac{1}{2}m_2)$ после соединения сосудов

$$P_1 V \quad \frac{m_1}{}R\,T; \qquad P\,2V \quad \frac{m_1 \quad \tfrac{1}{2}m_2}{}R\,T,$$

найдем первоначальное давление в первом сосуде:

$$\frac{P_1}{2P} \quad \frac{m_1}{m_1 \quad \tfrac{1}{2}m_2}; \qquad P_1 \quad P\frac{2\,m_1}{m_1 \quad \tfrac{1}{2}m_2} \quad P\frac{4\,m_1}{2\,m_1 \quad m_2} \quad 16 \text{ кПа.}$$

Ответ: $P_1 \quad P\dfrac{4\,m_1}{2\,m_1 \quad m_2} \quad 16$ кПа.

Задача №4

За время $_1$ вода в первом стакане получила количество теплоты

$$Q_1 \quad N\ _1$$

(где N количество теплоты, поступающей за единицу времени от окружающей среды), которое ушло на нагревание воды на t градусов:

$$N\ _1 \quad c\,m_1\ t. \qquad (1)$$

За время $_2$ лед и вода во втором стакане получили количество теплоты

$$Q_2 \quad N\ _2,$$

которое ушло на плавление льда и на нагревание всей воды на t градусов:

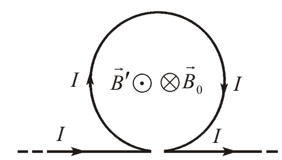
$$N\ _2 \quad m_л \quad c\,(m_2 \quad m_л)\ t. \qquad (2)$$

Из (1) (2) находим:

$$N \quad \frac{c\,m_1}{_1}; \qquad _2 \quad \frac{m_л \quad c\,(m_2 \quad m_л)\ t}{N} \quad _1\frac{m_л \quad c\,(m_2 \quad m_л)\ t}{c\,m_1} \quad 10 \text{ мин.}$$

Ответ: $_2 \quad _1\dfrac{m_л \quad c\,(m_2 \quad m_л)\ t}{c\,m_1} \quad 10$ мин.

Задача №5



Поскольку в центре петли, образованной проводом, магнитное поле создают прямой провод и кольцо, то индукция результирующего поля

$$\vec{B} \quad \vec{B}' + \vec{B}_0,$$

где $\vec{B}'$, $\vec{B}_0$ индукция магнитного поля прямого провода и кольца соответственно.

Так как поле прямого провода направлено на нас (см. рисунок), а поле кольца от нас, то

$$B \quad B_0 \quad B'.$$

Если провод выпрямить, то магнитное поле в той же точке будет создавать только прямой провод. При этом индукция поля будет равна

$$B' \quad B_0 \quad B \quad 9\ 10^{-7} \text{ Тл.}$$

Ответ: $B' \quad B_0 \quad B \quad 9\ 10^{-7}$ Тл.

Задача №6

Записав формулу тонкой собирающей линзы для случая действительного изображения предмета в виде

$$1/d \quad 1/f \quad 1/F$$

(где $d \quad h$ расстояние от спутника до Земли; f расстояние от объектива фотоаппарата до изображения фонарей) и формулу увеличения линзы

$$k \quad h/L \quad f/d$$

(где L минимальное расстояние между фонарями), получим:

$$f \quad \frac{d\,F}{d \quad F}; \qquad L \quad h\frac{d \quad F}{F} \quad h\frac{h \quad F}{F} \quad 50 \text{ м.}$$

Ответ: $L \quad h\dfrac{h \quad F}{F} \quad 50$ м.

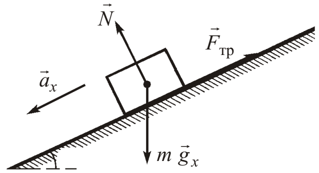
Председатель центральной методической комиссии по физике

11 класс

Вариант №3

Задача №1

Рассмотрим движение бруска массой m с доски, установленной на неизвестной планете под углом к горизонту (см. рисунок).



Запишем уравнение движения бруска в виде

$$m\,a_x \quad m\,g_x \sin \quad F_{тр}; \qquad (1)$$

$$0 \quad N \quad m\,g_x \cos \ , \qquad (2)$$

где a_x – ускорение бруска; g_x – ускорение силы тяжести на данной планете.

Учитывая связь силы трения и силы нормальной реакции опоры $F_{тр} \quad N$, из системы уравнений (1) (2) получим:

$$N \quad m\,g_x \cos\ ; \quad m\,a_x \quad m\,g_x \sin \quad m\,g_x \cos\ ; \quad a_x \quad g_x\,(\sin \quad \cos\ ).$$

Следовательно, за время t_2 брусок пройдет по доске путь

$$S \quad \frac{a_x\ t_2^2}{2} \quad \frac{g_x\,(\sin \quad \cos\ )\ t_2^2}{2}. \qquad (3)$$

Аналогично, при соскальзывании с доски, установленной под углом к горизонту на Земле,

$$S \quad \frac{g\,(\sin \quad \cos\ )\ t_1^2}{2}, \qquad (4)$$

где g ускорение силы тяжести на Земле.

Из системы уравнений (3) (4) находим:

$$\frac{g_x\,(\sin \quad \cos\ )\ t_2^2}{2} \quad \frac{g\,(\sin \quad \cos\ )\ t_1^2}{2}; \quad g_x \quad g\,(\ t_1/\ t_2)^2 \quad 15{,}3\ \text{м/с}^2.$$

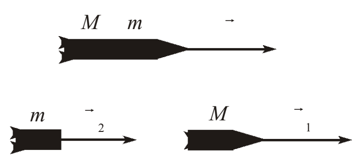
Ответ: $g_x \quad g\,(\ t_1/\ t_2)^2 \quad 15{,}3$ м/с^2.

Задача №2

На основании закона сохранения импульса

$$(M \quad m)\,\vec{} \quad M\,\vec{}_1 \quad m\,\vec{}_2,$$

где m масса последней ступени ракеты-носителя; $\vec{}_1$, $\vec{}_2$ скорости космического корабля и последней ступени после ее отделения, причем $_1 \quad 1{,}01$, $_2 \quad _1 \quad 0{,}04 \quad 0{,}97$.



Поскольку импульсы системы до и после разделения тел направлены в одну сторону (см. рисунок), то

$$(M \quad m) \quad M \quad m \ _2,$$

или

$$(M \quad m) \quad M\,1{,}01 \quad m\,0{,}97\ .$$

Отсюда находим

$$m \quad {}^1\!/_3\,M \quad 1\ \text{т}.$$

Ответ: $m \quad {}^1\!/_3\,M \quad 1$ т.

Задача №3

Чтобы исследовательский зонд мог плавать в атмосфере Венеры, его плотность

$$_з \quad \frac{m}{V}$$

должна быть равна плотности атмосферы планеты, которую можно найти, записав уравнение Менделеева – Клапейрона в виде

$$P \quad -R\,T.$$

Следовательно,

$$\frac{m}{V} \quad \frac{P}{R\,T}; \quad V \quad \frac{m\,R\,T}{P} \quad 14{,}6\ \text{м}^3.$$

Ответ: $V \quad \dfrac{m\,R\,T}{P} \quad 14{,}6$ м^3.

Задача №4

В начальном состоянии газ в сосуде находился при давлении

$$P_1 \quad \frac{2\,m\,g}{S} \qquad (1)$$

(где $2\,m$ масса поршня и гири; S – площадь поперечного сечения сосуда), а после того, как гирю сняли,

$$P_2 \quad \frac{m\,g}{S}. \qquad (2)$$

Если первоначально поршень был расположен на высоте h_1 от дна цилиндра и занимал объем $V_1 \quad h_1\,S$, то после снятия гири газ расширится до объема $V_2 \quad h_2\,S$, и поршень будет расположен на высоте h_2 от дна цилиндра.

Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для газа в начальном и конечном состояниях:

$$P_1\,V_1 \quad R\,T_1; \quad P_2\,V_2 \quad R\,T_2$$

(где T_2 конечная температура газа), или с учетом выражений (1) (2)

$$2\,m\,g\,h_1 \quad R\,T_1; \quad m\,g\,h_2 \quad R\,T_2. \qquad (3)$$

На основании закона сохранения энергии:

$$^3\!/_2 \quad R\,T_1 \quad m\,g\,h_1 \quad ^3\!/_2 \quad R\,T_2 \quad m\,g\,h_2,$$

или с учетом уравнений (3)

$$^3\!/_2 \quad R\,T_1 \quad ^1\!/_2 \quad R\,T_1 \quad ^3\!/_2 \quad R\,T_2 \quad R\,T_2.$$

Отсюда находим

$$T_2 \quad ^4\!/_5\,T_1 \quad 320\ \text{К}.$$

Ответ: $T_2 \quad ^4\!/_5\,T_1 \quad 320$ К.

Задача №5

Чтобы сложить две заряженные пластины, надо совершить работу $A_2 \quad A$ по преодолению силы отталкивания пластин. Чтобы сложить с ними третью пластину, надо совершить работу $2\,A$ по преодолению силы отталкивания двух пластин. При этом работа, совершаемая при складывании трех пластин, $A_3 \quad A_2 \quad 2\,A \quad 3\,A$. Чтобы сложить с тремя пластинами четвертую, надо совершить работу $3\,A$ по преодолению силы отталкивания уже трех пластин. При этом работа, совершаемая при складывании четырех пластин, $A_4 \quad A_3 \quad 3\,A \quad 6\,A$. И т.д.

Следовательно, чтобы сложить n пластин надо совершить работу

$$A_n \quad A_{n\ 1} \quad (n \quad 1)A \quad A_{n\ 2} \quad (n \quad 2)A \quad (n \quad 1)A \quad A_{n\ 3} \quad (n \quad 3)A \quad (n \quad 2)A \quad (n \quad 1)A,$$

т.е.

$$A_n \quad A \quad 2A \quad 3A \quad 4A \quad \ldots \quad (n \quad 3)A \quad (n \quad 2)A \quad (n \quad 1)A \quad A\,\frac{n\,(n \quad 1)}{2}.$$

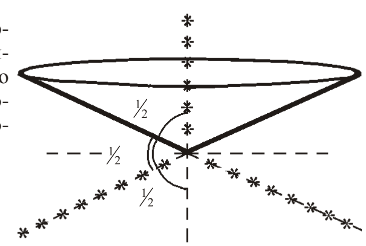
При $n \quad 2011$

$$A_{2011} \quad 2021055\,A \quad 2\ \text{Дж}.$$

Ответ: $A_{2011} \quad 2021055\,A \quad 2$ Дж.

Задача №6

Чтобы лучи, идущие от источников, отражались от поверхности конуса не более одного раза, мнимые изображения источников должны быть расположены на поверхности точно такого же конуса, но расположенного зеркально относительно исходного (см. рисунок). Очевидно, что минимальный угол раствора конуса



$$120^{\circ}.$$

Ответ: 120°

Председатель центральной методической комиссии по физике ____________