

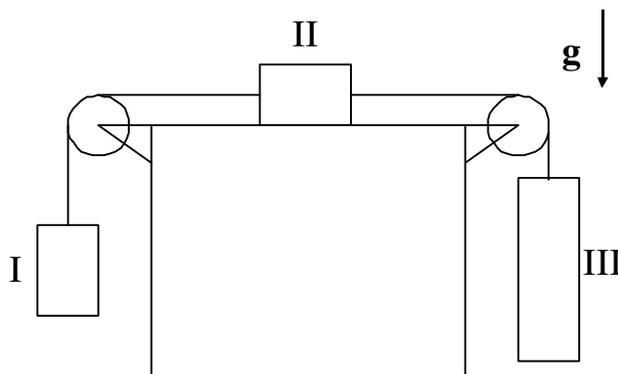
**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных учреждений (2012 г.).
Физика. 11 класс**

Вариант 1

Задача 1 (4 балла). Известно, что при подъеме тела с поверхности Земли сила F его притяжения к Земле уменьшается. А как изменяется эта сила при погружении тела в шахту, доходящую до центра Земли? Постройте график зависимости силы F от расстояния r между телом и центром Земли. Масса тела равна m . Считать Землю однородным шаром радиусом R_3 , массой M_3 . Гравитационная постоянная G .

Задача 2 (3 балла). Уклон длиной $S=100$ м лыжник прошел за $t_0=20$ с, двигаясь с ускорением $a=0,3$ м/с². Какова скорость лыжника в конце уклона V_k ?

Задача 3 (3 балла). Система из трех тел I, II и III, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями, движется с постоянным ускорением (см. рис.). Нити перекиннуты через гладкие невесомые блоки. Среднее тело перемещается по шероховатой горизонтальной поверхности неподвижной подставки, коэффициент трения между телом и подставкой равен $\mu=0,2$. Массы тел I и II одинаковы и равны m , масса тела III равна $2m$, величина m равна 1 кг. Какова сила натяжения нити F_2 , связывающей тела II и III? Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².

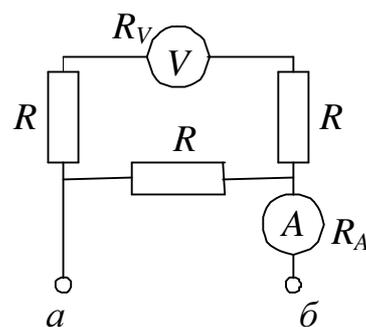


К задаче 3

Задача 4 (4 балла). На горизонтальную пластину насыпано немного мелкого песка. Пластина совершает гармонические колебания в вертикальном направлении с частотой $f=1000$ Гц. При этом песчинки подпрыгивают на высоту $H=5$ мм относительно среднего положения пластины. Считая удары песчинок о пластину абсолютно неупругими, найти амплитуду колебаний пластины A . Ускорение свободного падения $g=9,8$ м/с².

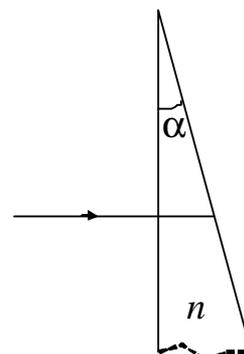
Задача 5 (3 балла). Какое давление рабочей смеси P_2 устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ, если в такте сжатия температура повышается с $t_1=50$ °С до $t_2=250$ °С, а объем уменьшается с $V_1=0,75$ л до $V_2=0,12$ л? Первоначальное давление равно $P_1=80$ кПа.

Задача 6 (3 балла). Определить напряжение U_{ab} между точками a и b в электрической цепи, изображенной на рисунке. Показание вольтметра $U=250$ В. Сопротивления всех резисторов и сопротивление вольтметра одинаковы и равны $R=R_V=1000$ Ом, сопротивление амперметра $R_A=250$ Ом.



К задаче 6

Задача 7 (3 балла). Луч света падает из воздуха нормально на боковую грань стеклянной призмы с преломляющим углом $\alpha=20^\circ$ (см. рис.). На сколько градусов δ отклонится луч от своего первоначального направления при выходе из призмы, если он внутри призмы падает на вторую боковую грань? Абсолютный показатель преломления стекла $n=1,6$.



К задаче 7

Задача 8 (3 балла). Тонкий стержень длиной $L=70$ см согнули под прямым углом и положили на горизонтальную поверхность. Длина одной из частей стержня, образующих прямой угол, равна $L_1=30$ см. В пространстве имеется однородное вертикальное магнитное поле с индукцией $B=4$ мТл. Найти величину результирующей силы Ампера F , действующей на стержень, если по нему пропускать ток $I=10$ А.

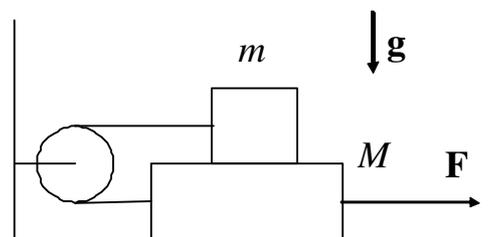
**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных учреждений (2012 г.).
Физика. 11 класс**

Вариант 2

Задача 1 (4 балла). Как изменилась бы продолжительность земного года, если бы масса Земли стала равной массе Солнца, а расстояние между ними осталось тем же?

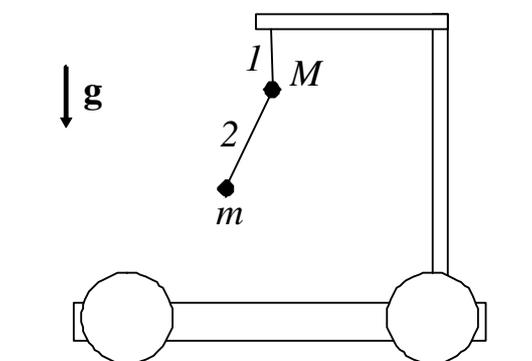
Задача 2 (3 балла). Поезд, двигаясь под уклон, прошел за время $t_0=20$ с путь $S=340$ м и развил скорость $V=19$ м/с. С каким ускорением a двигался поезд?

Задача 3 (3 балла). На гладком горизонтальном столе лежит брусок массой $M=2$ кг, на котором находится брусок массой $m=1$ кг (см. рис.) Оба бруска соединены легкой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок. Какую горизонтальную силу F нужно приложить к нижнему бруску, чтобы он начал двигаться вправо с постоянным ускорением $a=0,5g$? Коэффициент трения между брусками $\mu=0,5$. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².



К задаче 3

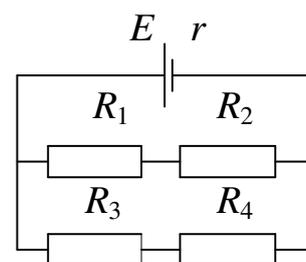
Задача 4 (4 балла). К установленному на тележке штативу на легкой нерастяжимой нити 1 подвешен маленький шарик массой M , к которому на легкой нерастяжимой нити 2 подвешен другой маленький шарик массой m (см. рисунок). Под действием внешней силы, изменяющейся со временем по гармоническому закону с частотой ω , тележка совершает малые колебания в горизонтальном направлении. При какой длине L нити 2 нить 1 будет все время оставаться строго вертикальной? Влиянием воздуха на движение тел пренебречь. Ускорение свободного падения равно g .



К задаче 4

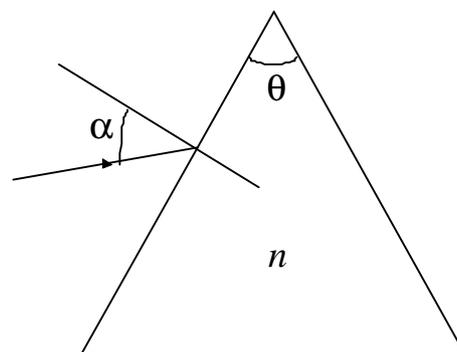
Задача 5 (3 балла). В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КАМАЗ температура воздуха в начале такта сжатия была $t_1=50$ °С. Найти температуру воздуха в конце такта сжатия t_2 , если его объем уменьшается в $n=17$ раз, а давление возрастает в $l=50$ раз.

Задача 6 (3 балла). На схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника $E=95$ В, внутреннее сопротивление $r=0,5$ Ом. Сопротивления внешней цепи $R_1=6$ Ом, $R_2=12$ Ом, $R_3=3$ Ом, $R_4=15$ Ом. Найти напряжение U_3 на сопротивлении R_3 .



К задаче 6

Задача 7 (3 балла). Луч света падает из воздуха под углом $\alpha=50^\circ$ на боковую грань прямой треугольной стеклянной призмы с преломляющим углом $\theta=60^\circ$ (см. рис.). Найти угол преломления δ луча при выходе из призмы через вторую боковую грань. Абсолютный показатель преломления стекла $n=1,6$. Углы α и θ лежат в плоскости, параллельной основанию призмы.



К задаче 7

Задача 8 (3 балла). Тонкий стержень длиной $L=1$ м согнули посередине так, что две его части образуют прямой угол, и положили на горизонтальную поверхность. В пространстве имеется однородное вертикальное магнитное поле с индукцией $B=3$ мТл. Найти величину результирующей силы Ампера F , действующей на стержень, если по нему пропускать ток $I=5$ А.

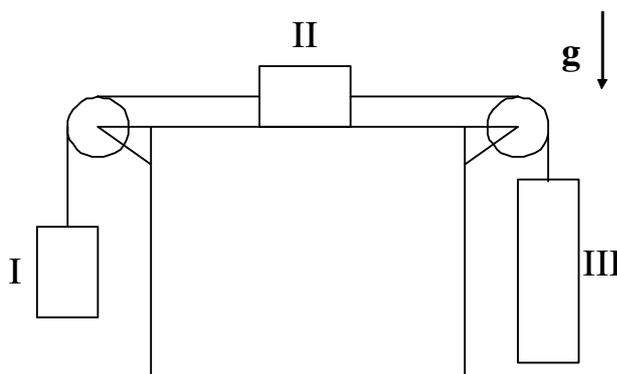
**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных
образовательных учреждений (2012 г.).
Физика. 11 класс**

Вариант 3

Задача 1 (4 балла). Известно, что при подъеме тела с поверхности Земли сила F его притяжения к Земле уменьшается. А как изменяется эта сила при погружении тела в шахту, доходящую до центра Земли? Постройте график зависимости силы F от расстояния r между телом и центром Земли. Масса тела равна m . Считать Землю однородным шаром радиусом R_3 , массой M_3 . Гравитационная постоянная G .

Задача 2 (3 балла). На последнем участке длиной $l=1$ км тормозного пути S скорость поезда уменьшилась на величину $|\Delta v|=10$ м/с. Определите скорость V_0 в начале тормозного пути S , если тормозной путь поезда составил $S=4$ км, а торможение было равнозамедленным.

Задача 3 (3 балла). С каким ускорением a движется система из трех тел I, II и III, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями (см. рис.)? Нити перекинуты через гладкие невесомые блоки. Среднее тело перемещается по шероховатой горизонтальной поверхности неподвижной подставки, коэффициент трения между телом и подставкой равен $\mu=0,2$. Массы тел I и II одинаковы и равны m , масса тела III равна $2m$. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².



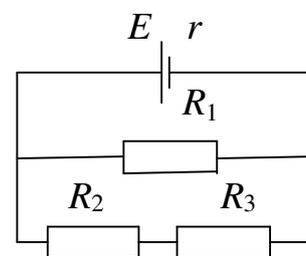
К задаче 3

Задача 4 (4 балла). На горизонтальную пластину насыпано немного мелкого песка. Пластина совершает гармонические колебания в вертикальном направлении с частотой $f=1000$ Гц. При этом песчинки подпрыгивают на высоту $H=5$ мм относительно среднего положения пластины. Считая удары песчинок о пластину абсолютно неупругими, найти амплитуду колебаний пластины A . Ускорение свободного падения $g=9,8$ м/с².

Задача 5 (3 балла). В нерабочем состоянии при температуре $t_1=7^0$ С давление газа в колбе газонаполненной электрической лампы накаливания равно $P_1=80$ кПа. Найти температуру газа в горящей лампе, если давление в рабочем режиме возрастает до $P_2=100$ кПа.

Задача 6 (3 балла).

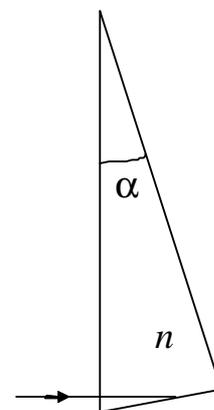
На схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника $E=95$ В, внутреннее сопротивление $r=0,5$ Ом. Сопротивления внешней цепи $R_1=18$ Ом, $R_2=12$ Ом, $R_3=6$ Ом. Найти напряжение U_3 на сопротивлении R_3 .



К задаче 6

Задача 7 (3 балла). Луч света падает из воздуха нормально на боковую грань прямой стеклянной призмы, в основании которой лежит равнобедренный треугольник с углом при вершине $\alpha=20^0$ (см. рис.). На сколько градусов δ отклонится луч при выходе из призмы от своего первоначального направления, если он внутри призмы падает на грань, образующую основание равнобедренного треугольника? Абсолютный показатель преломления стекла $n=1,6$.

Задача 8 (3 балла). Тонкий стержень длиной $L=110$ см согнули под прямым углом и положили на горизонтальную поверхность. Длина одной из частей стержня, образующих прямой угол, равна $L_1=30$ см. В пространстве имеется однородное вертикальное магнитное поле с индукцией $B=2$ мТл. Найти величину результирующей силы Ампера F , действующей на стержень, если по нему пропускать ток $I=10$ А.



К задаче 7

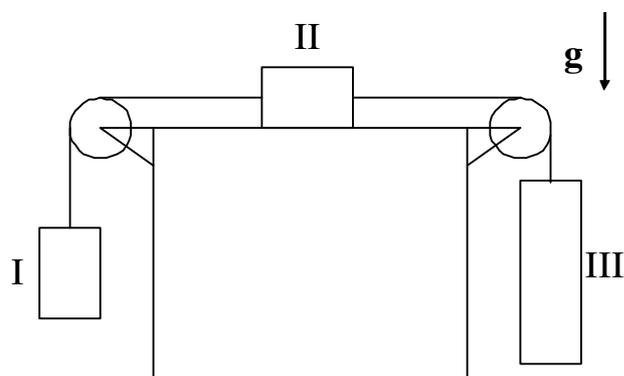
**Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных учреждений (2012 г.).
Физика. 11 класс**

Вариант 4

Задача 1 (4 балла). Как изменилась бы продолжительность земного года, если бы масса Земли стала равной массе Солнца, а расстояние между ними осталось тем же?

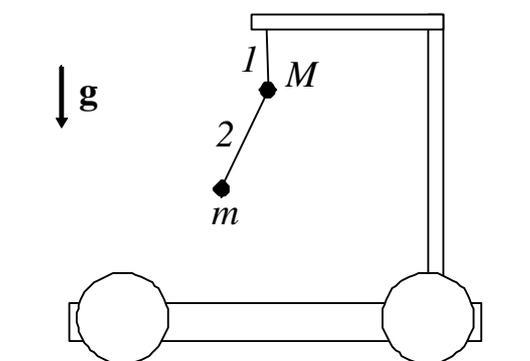
Задача 2 (3 балла). За время $t_0=2$ с прямолинейного равноускоренного движения тело прошло путь $S=20$ м, увеличив свою скорость в $n=3$ раза. Определите начальную скорость тела V_0 .

Задача 3 (3 балла). Система из трех тел I, II и III, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями, движется с постоянным ускорением (см. рис.). Нити перекинуты через гладкие невесомые блоки. Среднее тело перемещается по шероховатой горизонтальной поверхности неподвижной подставки, коэффициент трения между телом и подставкой равен $\mu=0,2$. Массы тел I и II одинаковы и равны m , масса тела III равна $2m$, величина m равна 1 кг. Какова сила натяжения нити F_1 , связывающей тела I и II? Ускорение свободного падения $g=10$ м/с².



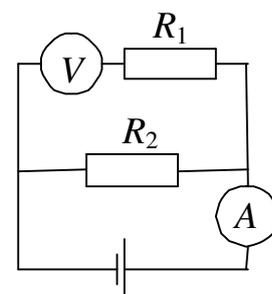
К задаче 3

Задача 4 (4 балла). К установленному на тележке штативу на легкой нерастяжимой нити 1 подвешен маленький шарик массой M , к которому на легкой нерастяжимой нити 2 подвешен другой маленький шарик массой m (см. рисунок). Под действием внешней силы, изменяющейся со временем по гармоническому закону с частотой ω , тележка совершает малые колебания в горизонтальном направлении. При какой длине L нити 2 нить 1 будет все время оставаться строго вертикальной? Влиянием воздуха на движение тел пренебречь. Ускорение свободного падения равно g .



К задаче 4

Задача 5 (3 балла). Измеряемое давление воздуха в автомобильной камере при температуре $t_1=-13^{\circ}$ С было $p_1=160$ кПа (избыточное над атмосферным). Каким стало измеряемое избыточное давление p_2 , если в результате длительного движения автомобиля воздух в камере нагрелся до $t_2=37^{\circ}$ С? Атмосферное давление равно $P_0=100$ кПа.

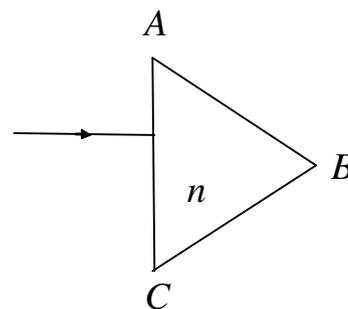


К задаче 6

Задача 6 (3 балла).

В электрической цепи, изображенной на рисунке, сопротивления равны $R_1=500$ Ом, $R_2=1000$ Ом, показание амперметра $I=0,04$ А, показание вольтметра $U=10$ В. Найти сопротивление вольтметра R_V .

Задача 7 (3 балла). Основание стеклянной прямой призмы имеет форму равностороннего треугольника ABC . Луч света падает из воздуха нормально на одну из боковых граней призмы (см. рисунок). Найти угол φ между лучом, выходящим из призмы, и продолжением падающего луча. Абсолютный показатель преломления стекла $n=1,5$.



К задаче 7

Задача 8 (3 балла). Тонкий стержень длиной $L=80$ см согнули посередине так, что две его части образуют прямой угол, и положили на горизонтальную поверхность. В пространстве имеется однородное вертикальное магнитное поле с индукцией $B=5$ мТл. Найти величину результирующей силы Ампера F , действующей на стержень, если по нему пропускать ток $I=10$ А.

ОТВЕТЫ ЗАДАНИЙ ОЛИМПИАДЫ 2012

Вариант 1

1. $F = GM_3m/r^2$ при $r \geq R_3$, $F = GM_3mr/R_3^3$ при $r < R_3$.
2. $V_k = (2S + at_0^2)/(2t_0) = 8$ м/с.
3. $F_2 = (3 + \mu)mg/2 = 16$ Н.
4. $A = \sqrt{2gH / (2\pi f)^2 - g^2 / (2\pi f)^4} \approx 5 \cdot 10^{-5}$ м.
5. $P_2 = P_1 V_1 T_2 / (T_1 V_2) \approx 810$ кПа, где $T_1 = t_1 + 273,15$ и $T_2 = t_2 + 273,15$ — значения абсолютной температуры смеси, К.
6. $U_{ab} = U \left(3 + 4 \frac{R_A}{R} \right) = 1000$ В.
7. $\delta = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha \approx 13^\circ$.
8. $F = IB \sqrt{L_1^2 + (L - L_1)^2} = 2 \cdot 10^{-2}$ Н.

Вариант 2

1. При выполнении условий задачи продолжительность земного года уменьшилась бы в $\sqrt{2}$ раз.
2. $a = 2(Vt_0 - S)/t_0^2 = 0,2$ м/с².
3. $F = (M + m)a + 2\mu mg = 25$ Н.
4. $L = g(M + m)/(\omega^2 M)$; также считать верным ответ $L = g(M + m)/(4\pi^2 \omega^2 M)$, если ω — не циклическая, а обычная частота.
5. $T_2 = T_1 \cdot l/n \approx 950$ К, $t_2 \approx 677$ °С, где $T_1 = t_1 + 273,15$ и $T_2 = t_2 + 273,15$ — значения абсолютной температуры воздуха, К.
6. $U_3 = ER_3 / (2r + R_1 + R_2) = 15$ В, где учтено $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$ (без использования этого условия ответ выглядит громоздким).
7. $\delta = \arcsin(n \sin(\theta - \arcsin(\sin \alpha / n))) \approx 56^\circ$.
8. $F = IBL / \sqrt{2} \approx 1,06 \cdot 10^{-2}$ Н.

Вариант 3

1. $F=GM_3m/r^2$ при $r \geq R_3$, $F=GM_3mr/R_3^3$ при $r < R_3$.
2. $V_0 = |\Delta V| \sqrt{\frac{S}{l}} = 20 \text{ м/с}$.
3. $a=(1-\mu)g/4=2 \text{ м/с}^2$.
4. $A = \sqrt{2gH / (2\pi f)^2 - g^2 / (2\pi f)^4} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.
5. $T_2=P_2T_1/P_1 \approx 350 \text{ К}$, $t_2 \approx 77 \text{ }^\circ\text{С}$, где $T_1=t_1+273,15$ и $T_2=t_2+273,15$ — значения абсолютной температуры газа, К.
6. $U_3=ER_3/(2r+R_1)=30 \text{ В}$, где учтено $R_1=R_2+R_3$ (без использования этого условия ответ выглядит громоздким).
7. $\delta=\alpha=20^\circ$; угол падения луча на основание равнобедренного треугольника превышает предельный угол полного отражения $\theta_{\text{пред}}=\arcsin(1/n) \approx 38,7^\circ$ при $n=1,6$.
8. $F = IB\sqrt{L_1^2 + (L - L_1)^2} = 1,71 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$.

Вариант 4

1. При выполнении условий задачи продолжительность земного года уменьшилась бы в $\sqrt{2}$ раз.
2. $V_0=2S/((n+1)t_0)=5 \text{ м/с}$.
3. $F_1=(5-\mu)mg/4=12 \text{ Н}$.
4. $L=g(M+m)/(\omega^2 M)$; также считать верным ответ $L=g(M+m)/(4\pi^2\omega^2 M)$, если ω — не циклическая, а обычная частота.
5. $p_2=(p_1+P_0)T_2/T_1-P_0=210 \text{ кПа}$ (сверх атмосферного), где $T_1=T_1+273,15$ и $T_2=t_2+273,15$ — значения абсолютной температуры воздуха, К.
6. $R_V=U(R_1+R_2)/(IR_2-U)=500 \text{ Ом}$.
7. $\varphi=180^\circ-2\alpha=60^\circ$, где $\alpha=60^\circ$ — угол падения луча на первую встретившуюся на его пути внутри призмы боковую грань; угол α превышает предельный угол полного отражения $\theta_{\text{пред}}=\arcsin(1/n) \approx 41,8^\circ$ при $n=1,5$.
8. $F = IBL / \sqrt{2} \approx 2,83 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$.

ВАРИАНТ 1

Задача 1 (Динамика-гравитация)

Известно, что при подъеме тела с поверхности Земли сила F его притяжения к Земле уменьшается. А как изменяется эта сила при погружении тела в шахту, доходящую до центра Земли? Постройте график зависимости силы F от расстояния r между телом и центром Земли. Масса тела равна m . Считать Землю однородным шаром радиусом R_3 , массой M_3 . Гравитационная постоянная G .

Ответ: $F=GM_3m/r^2$ при $r \geq R_3$, $F=GM_3mr/R_3^3$ при $r < R_3$.

Решение

При $r > R_3$, где R_3 — радиус Земли, сила F равна:

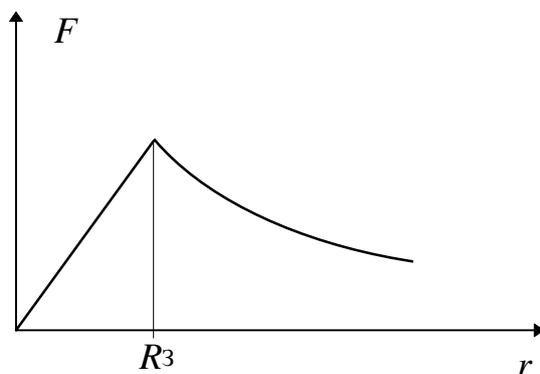
$$F=GM_3m/r^2.$$

При погружении тела в шахту действующая на тело гравитационная сила зависит только от массы части земного шара радиусом r , равным расстоянию от тела до центра Земли:

$$F=G((M_3/(4\pi R_3^3/3))(4\pi r^3/3)m/r^2)=GM_3mr/R_3^3,$$

где M_3 — масса Земли, R_3 — радиус Земли, $M_3/(4\pi R_3^3/3)$ — плотность вещества Земли, $4\pi r^3/3$ — объем части земного шара радиусом r , равным расстоянию от тела до центра Земли.

График искомой зависимости имеет вид:



К решению задачи 1

ВАРИАНТ 1

Задача 2 (прямолинейное равноускоренное движение)

Уклон длиной $S=100$ м лыжник прошел за $t_0=20$ с, двигаясь с ускорением $a=0,3$ м/с². Какова скорость лыжника в конце уклона V_k ?

Ответ: $V_k=(2S+at_0^2)/(2t_0)=8$ м/с.

Решение

Из формулы пути при равноускоренном движении:

$$S=V_0t+at_0^2/2$$

найдем начальную скорость V_0 :

$$V_0=(2S-at_0^2)/(2t_0).$$

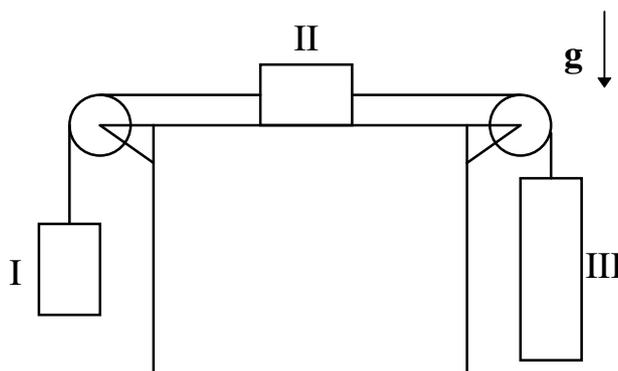
Из формулы скорости при равноускоренном движении найдем конечную скорость лыжника:

$$V_k=V_0+at_0=(2S+at_0^2)/(2t_0)=8 \text{ м/с.}$$

ВАРИАНТ 1

Задача 3 (Динамика прямолинейного движения, сила трения)

Система из трех тел I, II и III, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями, движется с постоянным ускорением (см. рис.). Нити перекинуты через гладкие невесомые блоки. Среднее тело перемещается по шероховатой горизонтальной поверхности неподвижной подставки, коэффициент трения между телом и подставкой равен $\mu=0,2$. Массы тел I и II одинаковы и равны m , масса тела III равна $2m$, величина m равна 1 кг. Какова сила натяжения нити F_2 , связывающей тела II и III? Ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$.



К задаче 3

Ответ: $F_2=(3+\mu)mg/2=16 \text{ Н}$.

Решение

Уравнения движения I, II и III тел соответственно имеют следующий вид:

$$ma=F_1-mg,$$

$$ma=F_1-F_2-\mu mg,$$

$$2ma=2mg-F_2.$$

Здесь a — ускорение тел, μmg — действующая на тело II сила трения скольжения, F_2 — сила натяжения нити, связывающей тела II и III. Решив систему относительно трех неизвестных величин a , F_1 и F_2 , получим:

$$a=(1-\mu)g/4=2 \text{ м/с}^2,$$

$$F_1=(5-\mu)mg/4=12 \text{ Н},$$

$$F_2=(3+\mu)mg/2=16 \text{ Н}.$$

ВАРИАНТ 1

Задача 4 (Колебания — ЗСЭ)

На горизонтальную пластину насыпано немного мелкого песка. Пластина совершает гармонические колебания в вертикальном направлении с частотой $f=1000$ Гц. При этом песчинки подпрыгивают на высоту $H=5$ мм относительно среднего положения пластины. Считая удары песчинок о пластину абсолютно неупругими, найти амплитуду колебаний пластины A . Ускорение свободного падения $g=9,8$ м/с².

Ответ: $A = \sqrt{2gH / (2\pi f)^2 - g^2 / (2\pi f)^4} \approx 5 \cdot 10^{-5}$ м.

Решение

Направим координатную ось x вертикально вверх и положим $x=0$ в среднем положении пластины.

Зависимость вертикальной координаты пластины от времени описывается законом:

$$x = A \sin(\omega t),$$

где $\omega = 2\pi f$ — циклическая частота колебаний.

Зависимость проекции скорости пластины на ось x от времени описывается выражением:

$$V_x = A\omega \cos \omega t.$$

Зависимость проекции ускорения пластины на ось x от времени описывается выражением:

$$a_x = -A\omega^2 \sin \omega t.$$

Песчинки отрываются от пластины и подпрыгивают при движении пластины снизу вверх. Обозначим координату пластины в момент отрыва песчинки через h .

В момент отрыва от пластины песчинки сила, с которой песчинка давит на пластину, становится равной нулю. Поэтому ускорение песчинки в этот момент равно ускорению свободного падения g :

$$a_x = -A\omega^2 \sin \omega t_0 = -g. \quad (1)$$

Уравнение (1) определяет момент t_0 отрыва песчинки от пластины. Из него удобно выразить величину $\sin \omega t$:

$$\sin \omega t_0 = g / (A\omega^2).$$

Координата пластины и песчинки в момент ее отрыва равна (с учетом полученного выражения для $\sin \omega t_0$):

$$h = A \sin \omega t_0 = g / \omega^2.$$

Скорость пластины и песчинки в момент ее отрыва, которую обозначим через V_{x0} , равна:

$$V_{x0} = A\omega \cos \omega t_0.$$

Запишем закон сохранения энергии песчинки для моментов ее отрыва и пребывания в высшей точке траектории на высоте H (m — масса песчинки):

$$mgh + mV_{x0}^2 / 2 = mgH. \quad (2)$$

Преобразуем это уравнение с учетом ранее полученных выражений для h и V_{x0} :

$$\begin{aligned} g/\omega^2 + A^2\omega^2 \cos^2 \omega t_0 / (2g) &= H, \\ g/\omega^2 + A^2\omega^2 (1 - \sin^2 \omega t_0) / (2g) &= H, \\ g/\omega^2 + A^2\omega^2 (1 - g^2 / (A^2\omega^4)) / (2g) &= H, \end{aligned}$$

$$g/(2\omega^2) + A^2\omega^2/(2g) = H.$$

Отсюда найдем искомую амплитуду колебаний пластины A :

$$A = \sqrt{2gH/\omega^2 - g^2/\omega^4} = \sqrt{2gH/(2\pi f)^2 - g^2/(2\pi f)^4} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

$$\text{Итак, } A = \sqrt{2gH/(2\pi f)^2 - g^2/(2\pi f)^4} \approx 5 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

ВАРИАНТ 1

Задача 5 (законы идеального газа)

Какое давление рабочей смеси P_2 устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ, если в такте сжатия температура повышается с $t_1=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $t_2=250\text{ }^{\circ}\text{C}$, а объем уменьшается с $V_1=0,75\text{ л}$ до $V_2=0,12\text{ л}$? Первоначальное давление равно $P_1=80\text{ кПа}$.

Ответ: $P_2=P_1V_1T_2/(T_1V_2)\approx 810\text{ кПа}$, где $T_1=t_1+273,15$ и $T_2=t_2+273,15$ — значения абсолютной температуры смеси, К.

Решение

Параметры газа в начале и конце такта сжатия свяжем, используя объединенный газовый закон:

$$P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2,$$

где $T_1=t_1+273,15$ и $T_2=t_2+273,15$ — значения абсолютной температуры смеси (К).

Отсюда искомое давление P_2 равно:

$$P_2=P_1V_1T_2/(T_1V_2)\approx 810\text{ кПа}.$$

ВАРИАНТ 1

Задача 6 (законы постоянного тока)

Определить напряжение U_{ab} между точками a и b в электрической цепи, изображенной на рисунке. Показание вольтметра $U=250$ В. Сопротивления всех резисторов и сопротивление вольтметра одинаковы и равны $R=R_V=1000$ Ом, сопротивление амперметра $R_A=250$ Ом.

Ответ: $U_{ab} = U \left(3 + 4 \frac{R_A}{R} \right) = 1000$ В.

Решение

Ток через вольтметр равен:

$$I_V = \frac{U}{R_V} = \frac{U}{R}.$$

Напряжение на сопротивлении R_2 :

$$U_{R_2} = I_V 3R = 3U.$$

Ток через сопротивление R_2 :

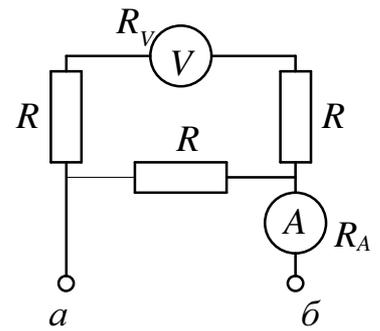
$$I_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2} = \frac{3U}{R}.$$

Ток I_A через амперметр равен:

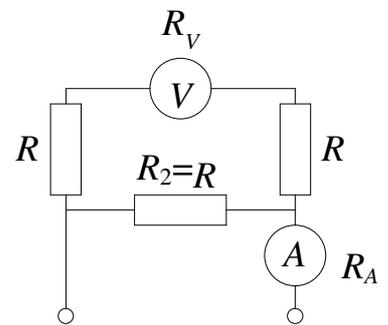
$$I_A = I_V + I_{R_2} = \frac{U}{R} + \frac{3U}{R} = \frac{4U}{R} = 1 \text{ А}.$$

Напряжение между точками a и b :

$$U_{ab} = U_{R_2} + I_A R_A = 3U + \frac{4U}{R} R_A = U \left(3 + 4 \frac{R_A}{R} \right) = 1000 \text{ В}.$$



К задаче 3

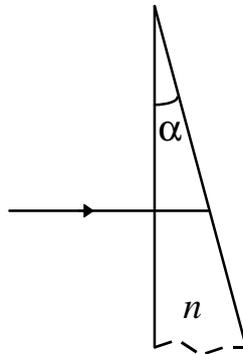


К задаче 3

ВАРИАНТ 1

Задача 7 (оптика-закон преломления)

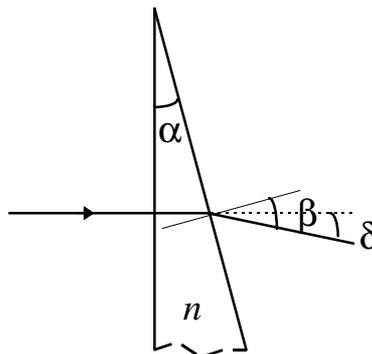
Луч света падает из воздуха нормально на боковую грань стеклянной призмы с преломляющим углом $\alpha=20^\circ$ (см. рис.). На сколько градусов δ отклонится луч от своего первоначального направления при выходе из призмы, если он внутри призмы падает на вторую боковую грань? Абсолютный показатель преломления стекла $n=1,6$.



К задаче 7

Ответ: $\delta = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha \approx 13^\circ$.

Решение.



К решению задачи 7

Угол падения луча на вторую боковую грань внутри призмы равен преломляющему углу призмы α . Поэтому закон преломления луча на второй боковой грани имеет вид:

$$n \sin \alpha = \sin \beta,$$

где β — угол преломления.

Искомый угол отклонения δ равен (см. рисунок к решению задачи):

$$\delta = \beta - \alpha = \arcsin(n \sin \alpha) - \alpha \approx 13^\circ.$$

ВАРИАНТ 1

Задача 8 (Закон Ампера)

Тонкий стержень длиной $L=70$ см согнули под прямым углом и положили на горизонтальную поверхность. Длина одной из частей стержня, образующих прямой угол, равна $L_1=30$ см. В пространстве имеется однородное вертикальное магнитное поле с индукцией $B=4$ мТл. Найти величину результирующей силы Ампера F , действующей на стержень, если по нему пропускать ток $I=10$ А.

Ответ: $F = IB\sqrt{L_1^2 + (L - L_1)^2} = 2 \cdot 10^{-2}$ Н.

Решение.

Обозначим через L_2 длину второй стороны угла, образованного двумя частями стержня ($L_2=L-L_1=40$ см). На две части стержня действуют силы Ампера $F_1=IL_1B$ и $F_2=IL_2B=I(L-L_1)B$, перпендикулярные друг к другу (см. рис.). Суммарная сила Ампера равна:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = IB\sqrt{L_1^2 + L_2^2} = IB\sqrt{L_1^2 + (L - L_1)^2} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Н.}$$

