

МИНИСТЕРСТВО НАРОДНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Ф И З И К А

IV ЭТАП

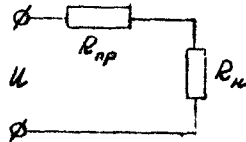
1990 год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР, IV ЭТАП, IX КЛАСС /ФТ-IV-9-90/

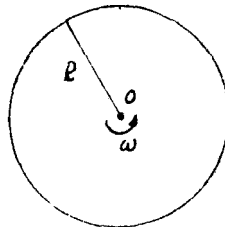
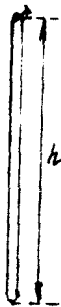
1. Стоя на льду, человек пытается сдвинуть с места тяжёлые санки за привязанную к ним верёвку. Масса саней $M = 100$ кг, человека $m = 60$ кг. Коэффициент трения саней о лёд $k_1 = 0,2$, человека $k_2 = 0,3$. Под каким углом α к горизонту нужно тянуть за верёвку?

2. Свинцовая проволока диаметра $d = 0,3$ мм плавится при пропускании через неё тока $I = 1,8$ А, а проволока диаметра $D = 0,6$ мм — при токе $I = 5$ А. При каком токе разорвёт цепь /см.рис./ предохранитель, составленный из двух свинцовых проволок указанных диаметров, соединённых параллельно?



А из двадцати тонких и одной толстой, соединённых параллельно? Считать, что сопротивление нагрузки R_n гораздо больше сопротивления предохранителя, а длины проволок одинаковые.

3.



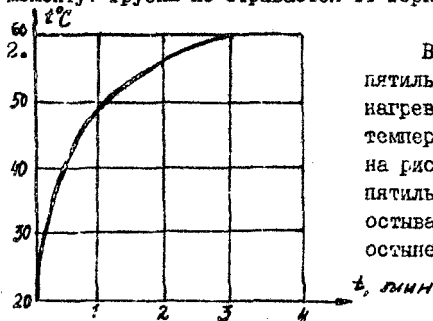
$$2\pi R = 2h$$

Резиновое кольцо повесили на гвоздь /см.рис./. При этом его длина оказалась равной $2h$. После этого кольцо раскрутили в горизонтальной плоскости до угловой скорости ω такой, что его длина так же оказалась равной $2h$ /см.рис./. Найти угловую скорость вращения кольца.

4. Донатор с частотой ν_1 непрерывно излучает очень короткие импульсы в направлении самолёта. На борту самолёта импульсы принимаются с частотой ν_2 . Определите скорость самолёта v по направлению на донатор, если скорости радиоволн равна c .

ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР, IV ЭТАП, X КЛАСС /ФТ-IV-10-90/

1. На гладком горизонтальном столе находится несимметричная подвижная горка, размеры которой показаны на рисунке. Масса горки M ; на неё наезжает со скоростью v_0 грузик массы m . Через время t груз покидает горку. На какое расстояние сместится горка к этому моменту? Грузик не отрывается от горки в процессе движения.

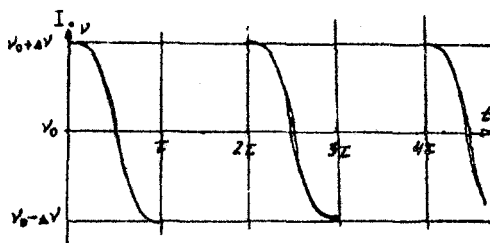


- В стакан с водой опустили кипятильник и вода начала понемногу нагреваться. График зависимости температуры воды от времени приведён на рисунке. По истечении 3 минут кипятильник выключают и вода начинает остывать. Через какое время она остынет до 50 градусов?

3. Сосуд разделён жёсткой неподвижной перегородкой на два неравных объёма. Первоначально в первом из них - гелий при некотором давлении p_1 , во втором - аргон при давлении p_2 . Через длительное время из-за просачивания гелия сквозь перегородку в первом объёме стало давление равным p_2 , а во втором - p_1 . Найти отношение p_2/p_1 .
4. Лампочка для фонаря рассчитана на напряжение 2,5 В при токе 0,2 А. Для питания её от аккумулятора напряжением 6 В применяют электронное устройство, которое с высокой частотой то подключает, то отключает лампочку к источнику. Какую часть периода лампочка должна быть подключена? Внутреннее сопротивление источника 2 Ом.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР, IV ЭТАП, XI КЛАСС /ФТ-IV-II-90/



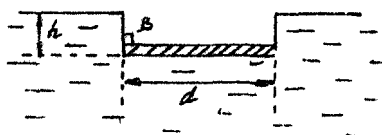
$$V_0 = 1,5 \cdot 10^9 \Gamma_4, \quad \Delta V = 3 \cdot 10^4 \Gamma_3,$$

$$\tau = 45 \text{ мин.}$$

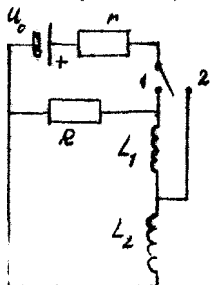
Получены радиосигналы, предположительно от внеземной цивилизации /ВЦ/ в созвездии Кита. Интересно, что сигналы принимаются с перерывами $\tau = 45$ минут сигнал есть, потом 45 минут он отсутствует, затем опять 45 минут есть и т.д. Более того, частота сигнала меняется, как показано на рисунке. Предполагая, что радиостанция, излучающая сигнал постоянной частоты

находится на искусственном спутнике, обращающемся по круговой орбите вокруг планеты ВЦ, найти массу этой планеты. Считать, что отрезок Земли - планета ВЦ лежит в плоскости орбиты спутника.

2. Круглую пластинку аккуратно положили на поверхность воды так, что она осталась на плаву за счёт сил поверхностного натяжения. Оказалось, что она погрузилась на глубину $h = 2$ мм, а угол между плоскостью пластинки и поверхностью воды равен $\beta = 90^\circ$ /см. рис./. Определить массу пластинки, если поверхностное натяжение воды равно $\sigma = 0,07$ Н/м, диаметр пластинки $d = 20$ мм.

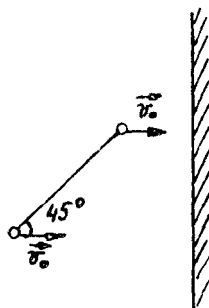


3.



В схеме на рисунке после установления токов мгновенно перебрасывают ключ из положения 1 в положение 2. Считая катушки L_1 , L_2 идеальными, определите количество тепла, которое выделится на резисторе R после перебрасывания ключа.

4.

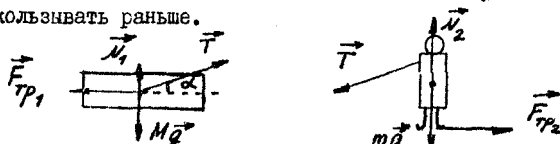


"Гантелька", составленная из двух очень маленьких массивных шариков, соединённых невесомым абсолютно жёстким стержнем, движется поступательно со скоростью \vec{v}_0 по направлению к неподвижной гладкой массивной стенке, причём ось "гантельки" составляет угол 45° с плоскостью стенки. Определить, как будет двигаться "гантелька" после абсолютно упругого соударения со стенкой.

ФИЗИКА, УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЯМ ФТ-IV-9, 10, II-90

9 класс.

1. Если тянуть горизонтально, то сила, удерживающая сани на льду, слишком велика, чтобы человек мог их сдвинуть - он начинает проскользывать раньше.



Он должен выбрать угол α так, чтобы за счёт силы натяжения верёвки T сила давления саней на лёд N_1 уменьшилась, а сила давления человека N_2 увеличилась:

$$k_1 N_1 = k_1 (Mg - T \sin \alpha) = T \cos \alpha,$$

$$k_2 N_2 = k_2 (mg + T \sin \alpha) = T \cos \alpha.$$

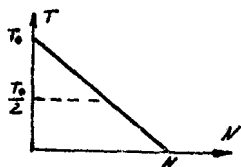
Решая эту систему относительно тангенса угла α , получаем:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \left(\frac{k_1 M}{k_2 m} - 1 \right) / \left(k_1 + k_2 \frac{M}{m} \right) \approx 0.21$$

2. Нужно учитывать распределение токов между провололочками - в какой именно из них раньше будет достигнуто предельное значение тока. В первом случае первой расплавится толстая /при токе в 5 А/. Легко подсчитать, что ток через тонкую будет при этом 1,25 А. Это значит, что при токе 6,25 А расплавится толстая провололочка и сразу после этого - тонкая /см. замечание/. Во втором случае первой расплавится тоже толстая /при полном токе $5 + 1,25 \cdot 20 = 30$ А/. Однако, ток равномерно распределится по всем тонким провололочкам и ещё не расплавит их / $30/20 = 1,5$ А $< 1,8$ А /. Только при токе 36 А они наконец начнут плавиться. Ответ: 6,25 А и 36 А.

Замечание: так как сопротивление нагрузки гораздо больше чем предохранителя, то ток в цепи определяется только нагрузкой и не зависит от сопротивления предохранителя.

3. На нерастяннутом кольце нанесём N равномерно расположенных рисок. После того, как мы повесили кольцо на гвоздь, риски расположатся неравномерно. Нарисуем график зависимости силы натяжения T в m -ном сечении кольца от номера m риски. Так как сила T пропорциональна длине кусочка кольца между рисками m , то графиком будет прямая линия.



Следовательно, средняя величина силы натяжения равна $\frac{T_0}{2}$, где $T_0 = mg$.

Поэтому кольцо удлинится на величину

$$\Delta l = 2h - L_0 = \frac{T_0}{2} \frac{1}{2k} = \frac{mg}{4}.$$

k - жёсткость резинового кольца.

Выделим маленький кусочек вращающегося кольца длины $x = R\alpha$. Масса его равна

$$m_0 = \frac{m\alpha}{2\pi} \quad \text{/см.рис/}.$$

Так как угол α мал ($\sin \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$), то условие равновесия вдоль направления радиуса запишется в виде

$$m_0 \vec{a}_y = \vec{T}_1 + \vec{T}_2, \quad a_y = \omega^2 R,$$

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T, \quad |\vec{T}_1 + \vec{T}_2| = 2T \sin \frac{\alpha}{2} \approx T\alpha = k(2h - L_0)\alpha,$$

L_0 - длина нерастянутого кольца. Отсюда находим

$$\omega = \pi \sqrt{\frac{g}{2h}}.$$

4. За время t число импульсов, принятых на самолёта, равно

$$N = \frac{vt + ct}{c \frac{1}{v_1}}.$$

Следовательно, частота принимаемых импульсов будет

$$\nu_2 = \frac{N}{t} = \nu_1 \left(1 + \frac{v}{c}\right).$$

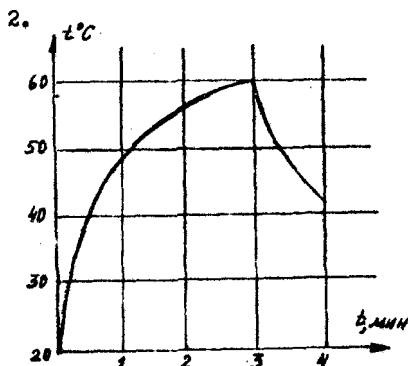
Откуда находится скорость самолёта:

$$v = c \left(\frac{\nu_2}{\nu_1} - 1 \right).$$

1. Центр масс системы движется по горизонтали с постоянной скоростью, значит за время t он сдвинется на $\ell_1 = mv_0 t / (M+m)$. Теперь нужно выделить два разных случая - при малой скорости груза, когда он не переедет горку /это условие записывается обычным образом:

$$mv = (m+M)u \quad (1), \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{(m+M)u^2}{2} + mgH \quad (2),$$

где u - критическая скорость груза/, то он покидает горку с той же стороны, с какой въехал - значит горка сдвинулась так же, как центр масс. А если он сможет переехать горку, придётся учесть его смещение на L относительно горки, и её смещение получится равным $\ell_2 = \frac{mv_0 t}{m+M} - \frac{uL}{m+M}$. Итак, при малой скорости груза горка сместится на ℓ_1 , а при большой - на ℓ_2 .



Начальный участок графика - почти прямолинейный, это значит, что потери тепла тут малы. Это даёт возможность оценить потери тепла при разных температурах воды в долях по отношению к мощности нагревателя. Для этого нужно сравнить наклоны касательных в разных точках графика. При 60 градусах тангенс угла уменьшается в 8 раз, значит 7/8 энергии уходит наружу. Аналогично - при 50 градусах, там уходит половина.

Примерный график остывания приведён. Из этого графика видно, что время остывания до 50 градусов - примерно 0,3 минуты.

3. Пусть первый объём V_0 , а второй - βV_0 . Тогда в первом объёме установится давление $p_1 V_0 / ((\beta+1)V_0)$, которое по условию равно p_2 , а во втором - $p_2 + p_1 \frac{V_0}{(\beta+1)V_0}$, которое по условию равно p_1 .

Имеем

$$p_1 \frac{V_0}{(\beta+1)V_0} = p_2, \quad p_2 + p_1 \frac{V_0}{(\beta+1)V_0} = p_1.$$

Отсюда $2p_2 = p_1$.

Ответ:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}.$$

4. Если коммутация производится с достаточно высокой частотой, то температура нити накала практически не меняется и лампочку можно заменить резистором 12,5 Ом. Тогда напряжение на лампочке при подключении составит $6 \cdot 12,5 / 14,5$ В. Если при периоде T время замыкания равно t , то баланс энергий будет следующим:

$$(6 \cdot 12,5 / 14,5)^2 \cdot t / 12,5 = 2,5 \cdot 0,2 \cdot T; \quad \frac{t}{T} = 0,23.$$

II класс.

1. Очевидно, что период обращения спутника T равен $2\pi = 90$ м.н. Тот факт, что половину времени сигналы не принимаются, говорит о том, что спутник в это время закрыт планетой, значит, он летает совсем близко к поверхности планеты.

Изменение частоты принимаемого сигнала связано с эффектом Доплера. Если скорость спутника v , то $\frac{\Delta \nu}{\nu} = \frac{v}{c}$, где c - скорость света.

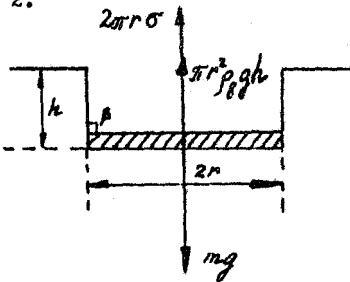
С другой стороны

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad \text{и} \quad \frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}.$$

Далее получаем

$$M = \frac{v^2 R}{G} = \frac{v^3 T}{2\pi G} = \left(c \frac{\Delta \nu}{\nu}\right)^3 \frac{\pi}{\pi G} \approx 2,8 \cdot 10^{24} \text{ кг.}$$

2.



Нарисуем силы, действующие на пластинку в вертикальном направлении /см.рис./ Здесь m - масса пластинки, ρ_w - плотность воды.

Из условия равновесия пластинки

$$2\pi r \sigma + \pi r^2 \rho_w g h = mg$$

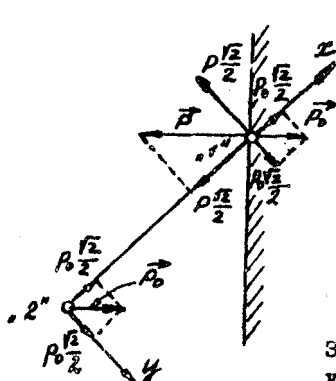
находим:

$$m = \pi r \left(\frac{2\sigma}{g} + r \rho_w h \right) \approx 1,2 \text{ г.}$$

3. До переключения ток в катушках $I_0 = \frac{U_0}{r}$, после переключения ток в катушке L_1 таким и останется, а в катушке L_2 упадет до нуля. Значит тепло перейдет энергия этой катушки

$$W = \frac{L_2 U_0^2}{2r}.$$

4. В результате столкновения верхнего шарика со стенкой он /н./, следовательно вся гантелька /получит некоторый импульс \vec{p} , перпендикулярный стенке. Найдём этот импульс из закона сохранения энергии при упругом ударе



$$\left\{ \begin{array}{l} W_0 = W, \\ W_0 = 2 \frac{p_0^2}{m}, \\ W = W_1 + W_2, \\ W_1 = \frac{1}{2m} \left[(p - p_0)^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 + \left(\frac{p}{2} - p_0 \right)^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 \right], \\ W_2 = \frac{1}{2m} \left[\frac{1}{2} p_0^2 + \left(\frac{p}{2} - p_0 \right)^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 \right]. \end{array} \right.$$

Здесь W_0 - энергия "гантельки" до удара, W - энергия "гантельки" после удара, W_1 и W_2 - энергии первого и второго шариков после удара, m - масса одного шарика, $p_0 = m v_0$.

Мы учли, что x - вая составляющая импульса \vec{p} , полученного от стенки, делится поровну между обоими шариками, а y - вая - целиком передаётся первому из них.

Решая систему, получаем

$$p = \frac{8}{3} p_0.$$

Таким образом, "гантелька" отразится от стенки с импульсом

$$p' = p - 2p_0 = \frac{2}{3} p_0.$$

Центр масс будет двигаться со скоростью $v' = \frac{1}{3} v_0$, а шарики будут двигаться по окружности вокруг центра масс со скоростью

$$v = \frac{2\sqrt{2}}{3} v_0$$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
по физике IV этап 9 класс экспериментальный
тур /53-4-9-90/

Задача № 1

Определите плотность вещества X в твердом состоянии. Вещество X не растворяется в воде и не вступает с ней в химические реакции. Плотность воды примите равной 1000 кг/м^3 .

Оборудование: стеклянный сосуд с водой, пробирка, линейка измерительная, неизвестное вещество.

Задача № 2

Исследуйте зависимость между объемом пузырька воздуха и скоростью его движения в трубке с водой.

Оборудование: сосуд с водой, трубка стеклянная, пластик, пипетка медицинская, часы с секундной стрелкой.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
по физике IV этап 10 класс экспериментальный
тур /ФЭ-4-10-90/

Задача № 1

Постройте график зависимости силы тока, протекающего через раствор медного купороса в зависимости от напряжения по электродам. Исследуйте поведение кривых при различных концентрациях раствора и изменении расстояния между электродами.

Оборудование: сосуд с водой, медный и стальной электроды, амперметр, вольтметр, соединительные провода, кристаллический CuSO_4 , весы с разновесами.

Задача № 2

Определите коэффициент трения железа по дереву.

Оборудование: линейки ученические деревянные с миллиметровыми делениями - 2 шт., шарик железный.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
по физике IY этап II класс экспериментальный
тур '43-4-II-90/

Задача № 1

Исследуйте характеристики своего глаза как оптического прибора. Определите спектральные границы его чувствительности, разрешающую способность глаза /угловую/, значения его оптической силы.

Оборудование: дифракционная решетка, электрическая лампа с прямой нитью накала /одна на класс/, измерительная линейка, рулетка, листы белой и черной бумаги.

Примечание: разрешающей способностью оптической системы называется минимальный угол между направлениями на две точки, при котором получаются два отдельных изображения этих точек. Считать глубину глазного яблока равной 2 см.

Задача № 2

Определите какую часть энергии падающего на него видимого света поглощает фильтр.

Оборудование: лампа на подставке – 2 шт., линза собирающая – 2 шт., источник питания, соединительные провода, экран, черная бумага, ножницы, нейтрально-серый фильтр, миллиметровая бумага.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

решений заданий экспериментального тура

9 классЗадача № 1

Поместим вещество X в пробирку, погрузив в воду и отметим глубину погружения. Удалим вещество и нальем вместо него воду - так, чтобы пробирка погружалась на ту же глубину. Объем этой порции неизвестного вещества определим, опустив его непосредственно в воду.

Итак, масса известна - эта масса заменяющей воды, объем - тоже известен. Если мы мерили объем, опуская X в эту же пробирку, то диаметр пробирки не нужно будет измерять.

Задача № 2

Скорость пузырька в зависимости от объема уменьшается по мере приближения диаметра пузырька к диаметру трубки. При достижении некоторого объема пузырька его скорость практически перестает меняться.

10 классЗадача № 1

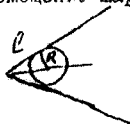
Собираем схему для измерений. Нужно заметить, что вольтметр дает отличные от нуля показания и без батарейки - разнородные электроды в электролите образуют сами гальванический элемент \mathcal{E} .

При других расстояниях между электродами кривые все равно проходят через точку \mathcal{E} .

Задача № 2

Поставим линейки на ребро так, чтобы они образовали угол. Помещаем в вершину этого угла железный шарик. Удерживая концы линеек вместе в вершине угла, сводим между собой другие концы линеек до тех пор, пока перемещение шарика не прекратится.

$$\mu = \frac{R}{\ell}$$



II классЗадача № 1

Измерить нужно несколько величин:

а. Спектральные границы чувствительности глаза. Можно воспользоваться дифракционной решеткой с известным периодом d и лампой накаливания в качестве источника со сплошным /и довольно широким спектром/. Получая спектры на экране из черной бумаги, измеряем углы для видимых границ - "красной" и "фиолетовой": $\lambda_{1,2} = d \sin \varphi_{1,2}$.

б. Разрешающую способность глаза, определяющую возможность наблюдать близко расположенные точечные источники, как разделенные, а не сливающиеся. Для этого на листе бумаги можно поставить две точки и определить расстояние, при наблюдении с которого они кажутся сливающимися. Кстати, зная диаметр глазного яблока и измерив угловую разрешающую способность можно оценить расстояние между чувствительными рецепторами глазного дна;

в. Пределы аккомодации глаза - ближнюю и дальнюю границы резкости. Зная эти расстояния и расстояние от хрусталика до глазного дна, можно пересчитать их в оптические силы - максимальное и минимальное значения.

Задача № 2

Получим с помощью двух линз изображение двух лампочек на одном экране, так чтобы у них была одинаковая яркость. Поместим перед одной из лампочек фильтр. Закроем часть линзы, дающей изображение второй лампочки, черной бумагой. Подберем такое положение черной бумаги, чтобы яркость изображения сравнялись. Отношения площадей открытой и закрытой части линзы покажет какая часть энергии поглощается.

