

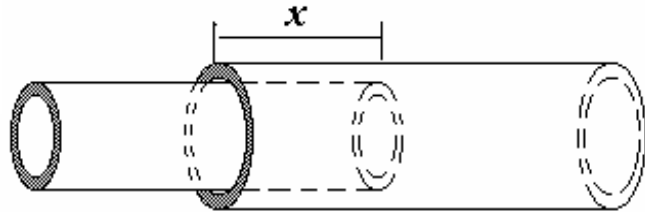


**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год**

9 класс

Задача 1.

Молодой, но талантливый физик Федя сконструировал переменный резистор, состоящий из двух трубок изготовленных из одинакового материала. Внешний радиус одной из них практически совпадает с внутренним диаметром второй, поэтому одна трубка может двигаться внутри другой. Для облегчения скольжения Федя смазал их солидолом.



Проведя элементарные расчеты, Федя получил очевидный результат: сопротивление резистора должно линейно зависеть от длины перекрывающейся части трубок x . (Федя - хороший математик, поэтому никаких математических ошибок в его расчетах не было!)

Однако проведенный эксперимент привел к парадоксальному на первый взгляд результату: во-первых, сопротивление резистора оказалось значительно больше рассчитанного, во-вторых, это сопротивление оказалось обратно пропорциональным величине x .

1. Воспроизведите расчеты, проведенные Федей. Какую линейную функцию он получил?
2. Объясните результаты эксперимента. Получите формулу, описывающую полученные экспериментальные результаты.

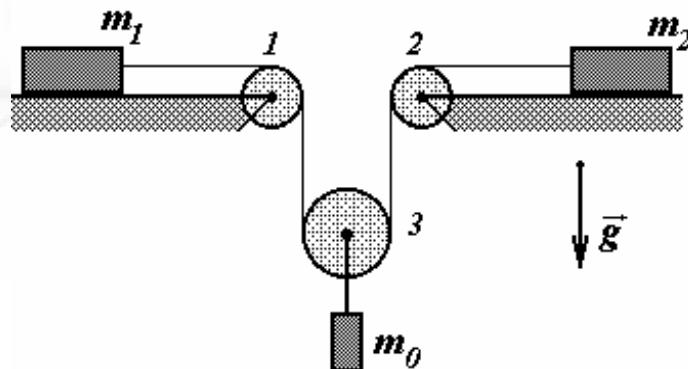
Необходимые параметры установки задайте самостоятельно.

Задача 2.

В установке, показанной на рисунке, массы грузов равны $m_0 = 0,25 \text{ кг}$, $m_1 = 0,55 \text{ кг}$, $m_2 = 0,75 \text{ кг}$.

Грузы связаны легкой нитью, переброшенной через систему блоков.

Блоки 1,2 неподвижные, блок 3 подвижный (к его оси прикреплен нижний груз), все блоки невесомы, радиус блока 3 равен $r = 2,3 \text{ см}$. Найдите скорости всех грузов и угловую скорость блока 3 через время $\tau = 0,22 \text{ с}$ после начала движения. Трением грузов о горизонтальные поверхности и в осях блоков пренебречь, считать, что нить движется по блокам без проскальзывания.

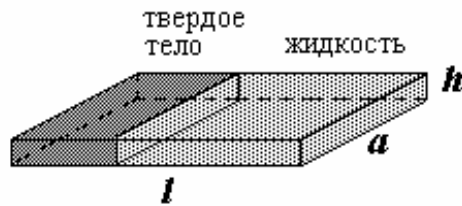


Ускорение свободного падения считать равным $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Задача 3.

В последнее время появились медицинские грелки, разогрев которых происходит за счет кристаллизации жидкости, находящейся внутри грелки. Кристаллизация инициируется с помощью катализатора (в этом случае кристаллизация проходит в широком диапазоне температур).

Внутренний объем грелки представляет собой параллелепипед размерами $a \times h \times l$. Кристаллизация начинается с одного из торцов, граница отвердевшей области движется с малой постоянной скоростью v . Найдите зависимость температуры грелки от времени (с начала кристаллизации). Чему равна максимальная температура грелки?



Удельная теплота кристаллизации равна λ , удельная теплоемкость рабочего вещества в жидком состоянии равна C_0 , а в твердом состоянии на $\eta = 10\%$ меньше, начальная температура равна t_0 , изменением плотности вещества, теплоемкостью сосуда и потерями теплоты в окружающую среду пренебречь. Считайте, что в любой момент времени температура во всех точках грелки одинакова (вследствие высокой теплопроводности вещества).

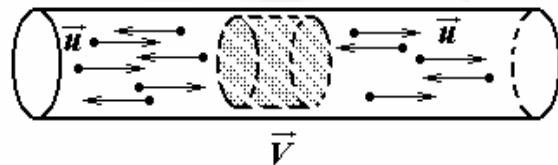
Рекомендуем в ходе решения задачи (при необходимости) использовать приближенную формулу $\frac{1}{1+z} \approx 1-z$, погрешность которой при $z \leq 0,1$ не превышает 1%

Задача 4.

1. Пусть при движении тела в вязкой среде сила сопротивления пропорциональна скорости движения $F_{\text{сопр.}} = \beta_1 V$. На это тело начинает действовать постоянная сила F_0 . Постройте примерный график зависимости скорости тела от времени, найдите скорость установившегося движения, оцените время достижения этой скорости. Масса тела равна m .

2. Пусть при движении тела в вязкой среде сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости движения $F_{\text{сопр.}} = \beta_2 V^2$. На это тело начинает действовать постоянная сила F_0 . Постройте примерный график зависимости скорости тела от времени, найдите скорость установившегося движения, оцените время достижения этой скорости. Масса тела равна m .

3. Рассмотрите следующую простейшую модель возникновения силы сопротивления воздуха. Пусть цилиндрический поршень площадью поперечного сечения S движется



без трения внутри очень длинной горизонтальной трубы. Внутри трубы параллельно ее оси движутся маленькие частицы одинаковой массы m (которая значительно меньше массы поршня), причем скорости всех частиц одинаковы и равны u (приблизительно половина этих частиц движется в одном направлении, а остальные в противоположном). Концентрация частиц (число частиц в единице объема) равна n . Удары частиц о поршень можно считать абсолютно упругими. Найдите зависимость средней силы сопротивления, действующей на поршень со стороны частиц, от скорости тела V . Рассмотрите случаи $V < u$ и $V > u$. Постройте примерный график этой зависимости.

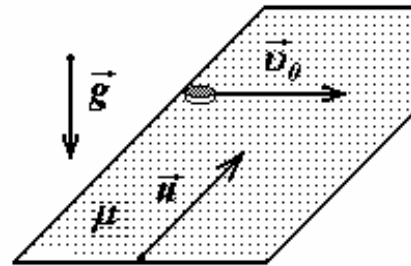


**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год**

10 класс

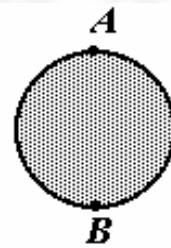
Задача 1.

Небольшая шайба выезжает на горизонтальную ленту транспортера, движущуюся с постоянной скоростью \vec{u} , перпендикулярно направлению ее движения. Начальная скорость шайбы \vec{v}_0 ($\vec{v}_0 \perp \vec{u}$), коэффициент трения шайбы о ленту μ . Определите минимальную скорость шайбы v_{min} относительно земли в процессе ее движения.



Задача 2.

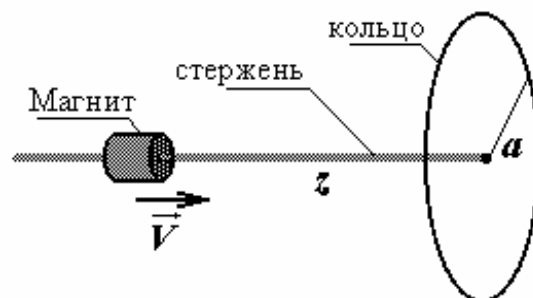
В глубинах Вселенной был обнаружен однородный астероид сферической формы радиуса R , состоящий из редких химических элементов. Измерения с помощью высокоточного гравиметра (прибора для измерения величины ускорения свободного падения g) показали, что ускорение свободного падения во всех точках на его поверхности было одинаково по модулю $|\vec{g}| = g_0$. В результате добычи полезных ископаемых



внутри астероида в некотором месте образовалась сферическая полость, не выходящая на его поверхность. Повторные измерения с помощью высокоточного гравиметра показали, что вследствие разработки астероида значения g изменились: минимальное ускорение свободного падения на его поверхности $g_{min} = 0,938 g_0$ достигается в некоторой точке A (уменьшение g составило $\eta_1 = 6,2\%$), а максимальное значение $g_{max} = 0,993 g_0$ — в диаметрально противоположной точке B на его поверхности (уменьшение g составило $\eta_2 = 0,70\%$.) Определите по этим данным положение и глубину залегания a центра полости, а также ее радиус r .

Задача 3.

При движении в магнитном поле в проводниках возникают токи Фуко, приводящие к появлению сил, так называемой, «магнитной вязкости». Попробуйте рассчитать эту силу в одном конкретном и не очень сложном случае. Маленький постоянный



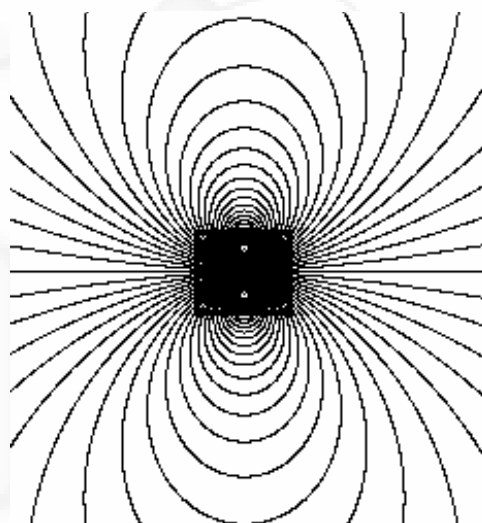
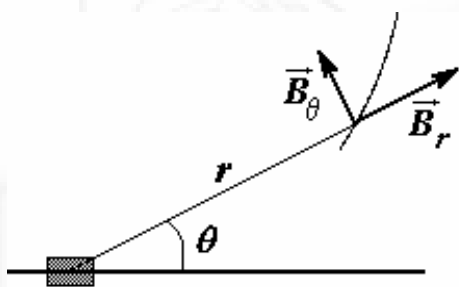
кольцевой магнит движется с постоянной скоростью V по длинному прямому

стержню, находящемуся на оси тонкого неподвижного кольца радиуса a . Электрическое сопротивление кольца равно R , его индуктивностью можно пренебречь.

Магнитное поле магнита в произвольной точке A удобно описывать с помощью следующих координат: r - расстояние от центра магнита до рассматриваемой точки, θ - угла между осью магнита и направлением на точку A . Вектор магнитной индукции легко разложить на составляющие: \vec{B}_r - радиальную, \vec{B}_θ - азимутальную. Эти компоненты поля зависят от координат по законам

$$B_r = b \frac{2 \cos \theta}{r^3}; \quad B_\theta = b \frac{\sin \theta}{r^3}.$$

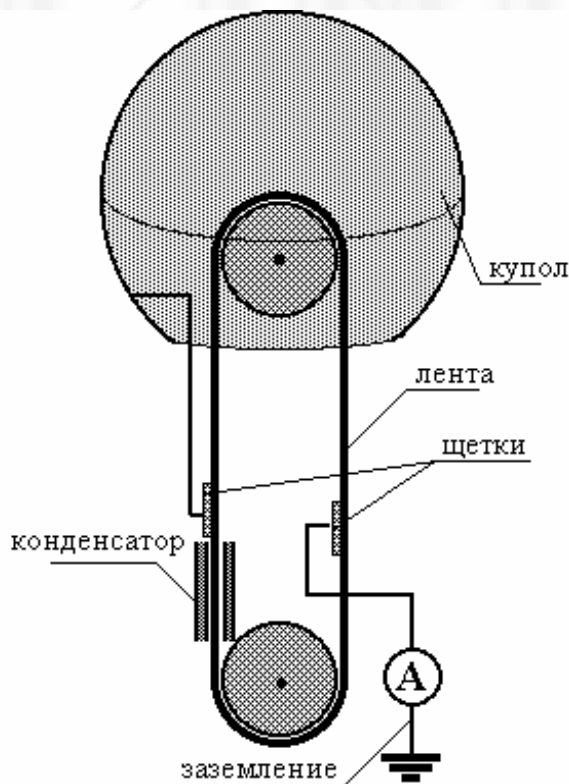
Для наглядности силовые магнитные линии такого поля показаны на рисунке.



Найдите силу, действующую со стороны кольца на движущийся магнит, в точке, отстоящей на расстоянии z от центра кольца.

Задача 4.

В генераторе Ван-дер-Граафа лента (см. рис) толщиной h и шириной a , выполненная из материала с диэлектрической проницаемостью ϵ , приводится в движение с небольшой скоростью v электродвигателем. При движении лента проходит между обкладками плоского конденсатора, раздвинутыми на небольшое расстояние d , не касаясь их. На конденсатор подается напряжение U . Возникшие на ленте поляризационные заряды снимаются с внешней поверхности ленты с помощью щетки (со стороны отрицательной обкладки конденсатора) и подаются на внутреннюю поверхность



металлическом купола генератора, создавая достаточно сильные электростатические поля (высокие напряжения) в окружающем купол пространстве. Заряды с внутренней стороны ленты отводятся через шину заземления. При расчетах примите, что купол является «полной» сферой радиуса R , диэлектрическая проницаемость воздуха $\varepsilon \approx 1$.

Найдите:

1) поверхностную плотность σ' поляризационных зарядов на ленте при выходе из конденсатора;

2) заряд металлической сферы генератора $q(t)$ через время t после начала его работы. Считайте, что все поляризационные заряды снимаются с ленты на выходе из конденсатора. Потерь заряда нет.

3) силу тока в шине заземления I_3 ;

4) используя закон Ома в дифференциальной форме ($\vec{j} = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{E}$), найдите установившийся заряд q^* на сфере генератора в предположении, что воздух — слабопроводящая среда с удельным сопротивлением ρ .

5) при достаточно больших напряжениях вокруг сферы генератора может наблюдаться коронный разряд. Найдите установившийся заряд q^{**} на сфере генератора при коронном разряде, если связь между плотностью тока и напряженностью поля в этом случае имеет приближенный вид $\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} + \beta \vec{E} |\vec{E}|$,

где β — известная постоянная.

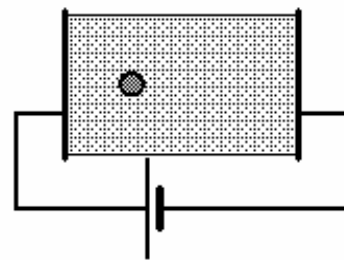


**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год
11 класс**

Задача 1.

Между пластинами плоского конденсатора, расположенными на расстоянии h друг от друга, находится слабопроводящая вязкая жидкость. Удельное электрическое сопротивление жидкости равно ρ , ее диэлектрическая проницаемость ε .

К пластинам конденсатора приложено постоянное электрическое напряжение U . Внутри жидкости помещают небольшой легкий проводящий шарик, электрический заряд которого равен q_0 . При движении шарика в жидкости на него действует сила вязкого трения $F = \beta v$, где v - скорость шарика, β - известный коэффициент. На какое максимальное расстояние сместится шарик в процессе движения. Известно, что пластин конденсатора шарик не достигает, действием силы тяжести пренебречь.



Задача 2.

По современным космологическим представлениям звезды возникают из газопылевых туманностей. Будем считать, что звезда образовалась, если в облаке начинают протекать термоядерные реакции.

Допустим, что газовое облако, состоящее из атомарного водорода, диаметром $3 \cdot 10^{16}$ м и массой $2 \cdot 10^{30}$ кг, равномерно распределенной по объему облака, начинает сжиматься под действием гравитационного притяжения. Будем считать, что в процессе сжатия до образования звезды можно пренебречь столкновениями частиц облака между собой.

1. Докажите, что в процессе сжатия распределение массы внутри облака будет оставаться однородным.

2. Оцените, при каком радиусе облака в нем начнутся термоядерные реакции.

Считайте, что термоядерные реакции начинаются, когда температура достигает значения $1 \cdot 10^7$ К.

Потерями энергии на излучение в процессе сжатия пренебречь.

3. Оцените время сжатия облака до образования звезды.

Считайте, что в процессе сжатия можно пренебречь давлением газа.

Гравитационная постоянная $G \approx 7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$.

Задача 9.

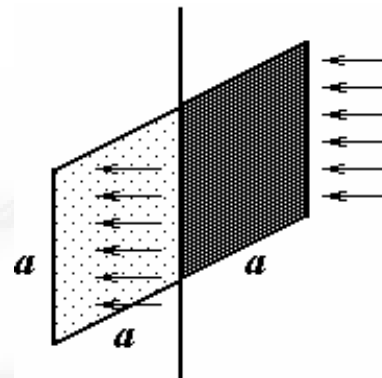
Для демонстрации существования давления света используется простой прибор - радиометр. Внутри стеклянной колбы, из которой откачан воздух, расположена легкая «вертушка», состоящая из нескольких лепестков, способная вращаться с очень малым трением вокруг вертикальной оси. Лепестки изготовлены из металлической фольги, одна сторона которой зеркальна, а вторая зачернена. Хорошо известно, что при нормальном падении давление света на зеркальную поверхность больше, чем на зачерненную, поэтому вертушка должна вращаться зачерненной стороной вперед.

Однако опыт показывает, что часто вертушка вращается в противоположном направлении. Ваша задача (с нашей помощью) - объяснить движение вертушки, при освещении ее светом.

Рассмотрим упрощенную модель такого прибора: вертушка содержит только два алюминиевых лепестка, изготовленные в форме квадрата со стороной $a = 1,0\text{ см}$, одна из сторон лепестка прикреплена непосредственно к оси вращения. Толщина фольги $h = 1,0\text{ мм}$.

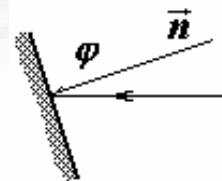
Считайте, что одна сторона лепестков идеально зеркальная, а вторая абсолютно черная. Прибор освещается горизонтальным параллельным пучком света.

Энергетическая интенсивность падающего света равна $I_0 = 1,2 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$. Скорость света принять равной $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Во всех пунктах, где это возможно, приведите также ответы в численном виде.



1. Чему равны силы давления света при нормальном падении на зеркальную и зачерненную стороны лепестка?

2. Пусть свет падает на поверхность под углом φ к нормали. Найдите силы, действующие на зеркальную и зачерненную стороны лепестка.



3. Будем называть начальным положение лепестков, при котором они расположены перпендикулярно падающему свету. Постройте график зависимости суммарного момента сил светового давления на вертушку от угла поворота вертушки. Положительным, считайте направление вращения против часовой стрелки (как показано на рисунке). Постройте график зависимости момента сил светового давления от угла поворота.



Найдите среднее значение момента сил, усредненное по полному обороту вертушки.

В какую сторону должна вращаться вертушка?

Основная причина вращения в «неправильном» направлении - наличие остаточного газа в колбе, давление которого на пластинку зависит от температуры.

В колбе находится гелий при низком давлении $p = 50 \text{ Па}$. Температуру газа в колбе считайте постоянной и равной $T_0 = 290 \text{ К}$. Молярная масса гелия

$$\mu = 4,0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}.$$

Будем считать, что вертушка вращается достаточно быстро, поэтому при расчете теплофизических характеристик можно проводить усреднение по полному обороту вертушки.

4. Найдите среднюю по одному обороту вертушки плотность потока теплоты, поглощаемого зачерненной стороной одного лепестка.

Плотность потока теплоты это количество передаваемой теплоты в единицу времени, на единицу площади $q = \frac{Q}{\Delta t \Delta S}$.

5. Если температура поверхности превышает температуру газа, то поверхность отдает теплоту окружающему газу. Плотность потока теплоты, отдаваемой газу пропорциональна разности температур поверхности $q = \beta(T - T_0)$, где β - коэффициент теплоотдачи. Считайте, что молекулы отраженные от нагретой поверхности имеют распределение скоростей, соответствующее температуре поверхности.

Вычислите коэффициент теплоотдачи, для газа, находящегося в рассматриваемой колбе.

6. Найдите среднюю температуру лепестка пластинки и разность температур зачерненной и зеркальной поверхностей.

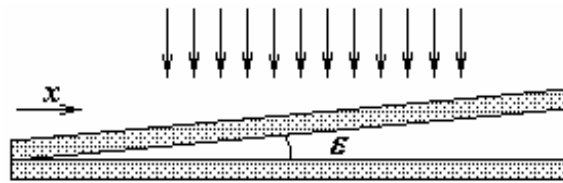
Плотность потока теплоты через пластинку определяется законом $q = \gamma \frac{\Delta T}{h}$, где ΔT - разность температур различных сторон пластинки, γ - коэффициент теплопроводности, который для алюминия равен $\gamma = 205 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

7. Учитывая, что разные стороны лепестка имеют разность температур ΔT , оцените разность давлений газа на разные стороны лепестка. Оцените момент сил давления газа на вертушку.

8. Получите окончательную формулу для оценки отношения моментов сил давления света и газа. До какого давления следует откачать газ в колбе, чтобы «увидеть» давление света?

Задача 10.

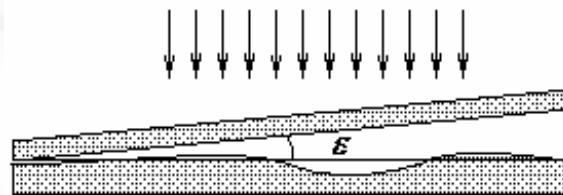
Для контроля качества полировки поверхностей используют интерференционные методы. Две идеально плоские стеклянные пластинки расположены под малым углом $\varepsilon = 1,5'$ (угловые минуты)



друг к другу и освещаются параллельным монохроматическим световым потоком, падающим нормально по отношению к нижней пластинке. Затем пластинки фотографируют в отраженном свете. Полученная при этом фотография показана на рис.1. Там же указан масштаб изображения.

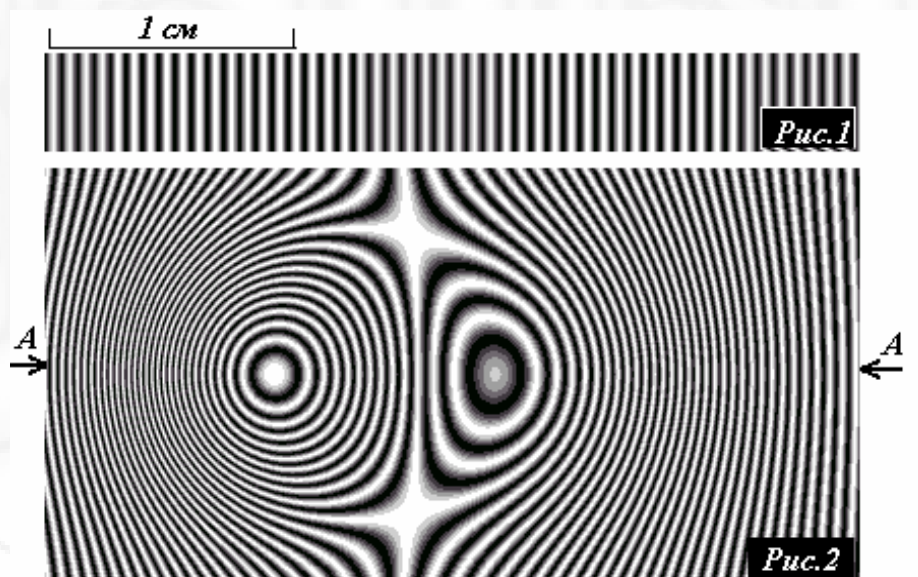
1. Определите по этим данным длину волны падающего света.

2. Нижнюю пластинку заменили на пластинку, поверхность которой имеет неровности. Полученная в этом случае (при сохранении остальных параметров установки) фотография показана на рис. 2.



Нарисуйте примерный профиль поверхности этой пластинки в сечении А-А.

Чему равны максимальные высоты выпуклостей и впадин на этой поверхности?





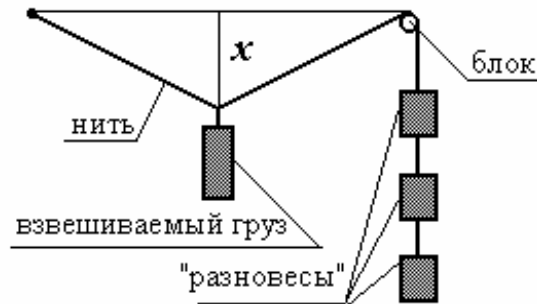
**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год
(экспериментальный тур)**

9 класс

Задача 1.

Прибор, который вам предстоит использовать, изображен на рисунке.

Величина прогиба нити x от отношения масс подвешенных грузов. **Кстати, грузы можно менять местами.** Поэтому этот прибор можно использовать в качестве весов.



1. Предложите способ использования прибора в качестве весов. Проградуируйте предложенные вами весы. Измерьте неизвестную массу груза.

2. Снова закрепите один конец нити на гвозде, а другой, перекинутый через "блок", удерживайте рукой. Подвесьте к середине нити груз некоторой известной массы и, натягивая нить рукой, определите положение груза, при котором нить порвется. Исследуйте зависимость этого положения от массы подвешенного груза. Определите максимальную силу натяжения, которую еще способна выдержать нить.

ОБОРУДОВАНИЕ: штатив, планка с гвоздями, линейка, набор грузов, нитки, груз неизвестной массы, миллиметровая бумага.

Задача 2.

Стержень, подвешенный горизонтально на двух длинных нитях, можно закрутить, после чего он начнет раскручиваться. Ваша задача исследовать динамику вращения такого стержня.

Используйте нити длиной не менее 50 см (в решении укажите длину ваших нитей).

1. Подвесьте на двух нитях карандаш. Проверьте экспериментально, можно ли считать вращение карандаша равноускоренным. Определите угловое ускорение вращения карандаша.
2. Подвесьте на нитях той же длины металлический стержень. Измерьте угловое ускорение при раскручивании этого стержня. Сравните с предыдущим результатом.
3. Исследуйте зависимость углового ускорения раскручивания стержня от расстояния между стержнями.

ОБОРУДОВАНИЕ: штатив, секундомер, два стержня, линейка, нитки.



**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год
(экспериментальный тур)**

10 класс.

Задача 1

Маятник состоит из стержня с закрепленными на нем двумя одинаковыми грузами.

1. Покажите, что если считать грузы материальными точками и пренебречь массой стержня, то период колебаний такого маятника рассчитывается по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2(x^2 + L^2)}{g(x + L)}},$$

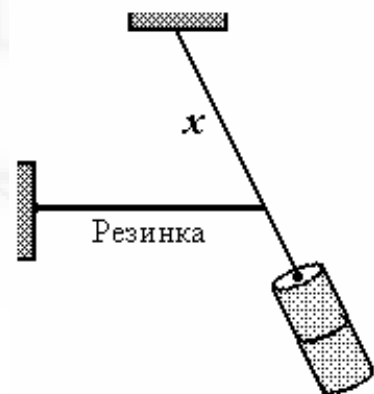
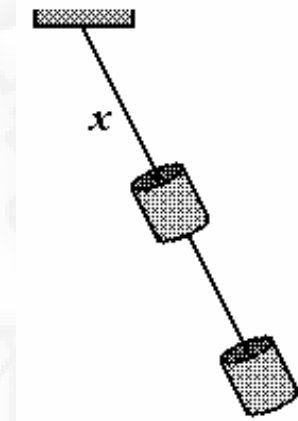
где L - длина стержня.

2. Проверьте экспериментально эту формулу.

Опустите верхний груз в самое нижнее положение. Прикрепите к стержню резинку, так, чтобы в положении равновесия она была не деформирована.

3. Исследуйте зависимость периода колебаний такого маятника от точки крепления резинки x .

4. Объясните полученную зависимость (проведите сравнение экспериментальной и теоретической зависимостей).

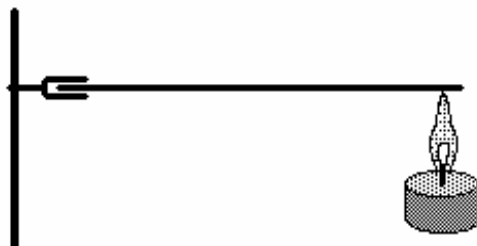


Задача 2.

Вам необходимо исследовать процесс теплопередачи по металлическим стержням и трубке, заполненной водой. В качестве источника тепла используйте пламя свечи. В качестве датчика температуры используйте тонкий слой парафина, нанесенный на

стержни и на стеклянную трубку. Температура плавления парафина около 50°C , температура пламени свечи около 900°C .

1. Исследуйте процесс теплопередачи по металлическим стержням, расположенным горизонтально. Получите зависимость длины x расплавленного участка парафина на стержне от времени t .



В некоторых «умных книжках» написано, что эта зависимость описывается уравнением $x^2 = Kt$, (1)

где K - некоторый коэффициент.

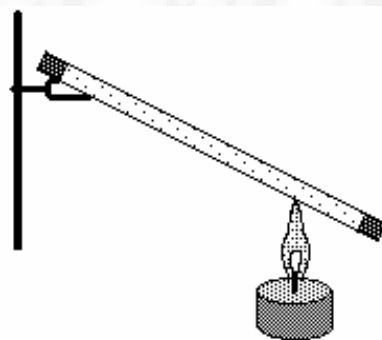
Проверьте экспериментально этот закон.

Определите коэффициент для всех ваших стержней.

Объясните, почему граница расплавленной области останавливается.

2. Исследуйте процесс теплопередачи по трубке с водой, расположенной под углом к горизонту.

Нагревайте трубку на расстоянии нескольких сантиметров от ее конца, чтобы не сжечь пластилин!



Получите зависимость длины x расплавленного участка парафина на трубке от времени t . Подчинится ли эта зависимость закону (1)?

В качестве характеристики теплопередачи используйте среднюю скорость движения границы расплавленной области $V = \frac{S}{\Delta t}$.

Увеличивается или уменьшается эта величина при увеличении угла наклона трубки?

Обоснуйте свой вывод экспериментально, дайте ему разумное теоретическое объяснение.

ОБОРУДОВАНИЕ: Штатив, набор проволок, стеклянная трубка, свеча, парафин, линейка, секундомер.

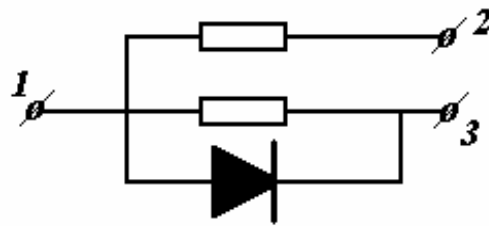


**Белорусская
республиканская физическая олимпиада
Витебск, 2003 год
(экспериментальный тур)**

11 класс

Задача 1.

Внутри коробки («красного ящика») находятся два резистора и диод, соединенные по схеме, показанной на рисунке. Диод может быть включен в любом направлении. На коробке выводы обозначены «А», «В» и «С».



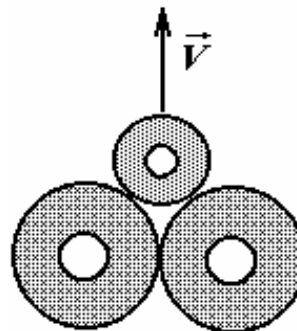
1. Поставьте им в соответствие точки 1,2, и 3 на приведенной схеме.
2. Определите сопротивления резисторов.
3. Постройте вольтамперную характеристику диода при напряжениях от 0 до 1,5 В в прямом направлении.

Приборы и оборудование: «красный ящик» с тремя выводами, вольтметр, амперметр, микроамперметр, источник питания, реостат, соединительные провода.

Внимание! Первоначально во всех измерениях используйте амперметр и только при необходимости используйте микроамперметр, иначе вы можете вывести микроамперметр из строя.

Задача 2.

Два кольцевых магнита расположенных рядом, можно использовать в качестве «магнитной пушки», в которой «снарядом» служит маленький кольцевой магнит. (Все магниты легко удерживать одной рукой).



Чтобы движение магнита по бумаге было стабильным, рекомендуем регулярно протирать его о бумагу.

1. Установите «пушку» на наклонной плоскости. Исследуйте зависимость дальности полета от угла наклона плоскости к горизонту. Определите скорость вылета «снаряда» из пушки и коэффициент трения магнита о бумагу..
2. Исследуйте «столкновения» двух одинаковых магнитов, один из которых покоится. Проверьте справедливость закона сохранения энергии для таких взаимодействий.
3. Исследуйте столкновения малого магнита с большим. Постройте зависимость угла отклонения траектории малого магнита от прицельного параметра.
Прицельный параметр - расстояние от центра неподвижного магнита до прямой, вдоль которой направлена начальная скорость движущегося малого магнита.

ОБОРУДОВАНИЕ: Бумага, набор кольцевых магнитов, линейка, плоская подставка.