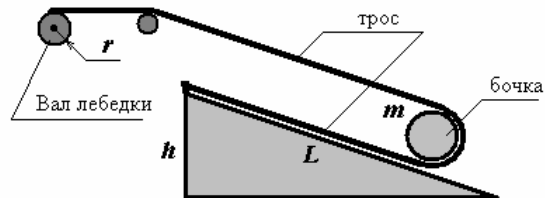




**Республиканская физическая олимпиада
(III этап).
2005 год.
9 класс.**

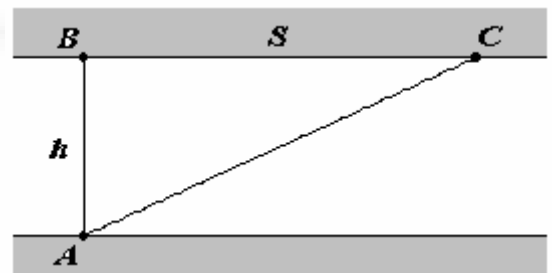
Задача 1. «Лебедка»

Для погрузки массивных бочек на платформу используется наклонная плоскость и лебедка. Один конец троса закреплен в верхней точке наклонной плоскости, трос охватывает бочку, второй конец троса наматывается на вал лебедки. Двигатель лебедки питается электрогенератором, развивающим постоянную мощность P_0 , КПД лебедки равен η , радиус вала лебедки r . Лебедка поднимает бочку массой m на высоту h по наклонной плоскости длиной L , массой троса можно пренебречь. Определите частоту вращения n (число оборотов в единицу времени) вала лебедки и время подъема бочки.



Задача 2. «Триатлон»

В соревнованиях необходимо преодолеть расстояние от точки A , расположенной на одном берегу канала шириной $h = 100\text{ м}$, до точки C , расположенной на другом берегу. Вода в канале неподвижна. Точка B расположена строго напротив точки A . Обозначим расстояние BC - S . Один спортсмен, «байдарочник», преодолевает дистанция на байдарке по воде (ясное дело, что байдарочник свою байдарку не бросит и пешком не ходит); второй, «пловец – бегун» может, как плыть по воде, так и бежать по берегу, причем он плавает в два раза медленнее байдарочника, но бежит в два раза быстрее его. Спортсмены стартуют одновременно.



Пусть второй спортсмен решил двигаться сначала вплавь по прямой AB , а затем по берегу бегом по прямой BC .

1.1 В первом туре соревнований точка финиша установлена так, что $S = h$. Найдите отношение времен движения спортсменов $\frac{t_1}{t_2}$ на этом маршруте.

1.2 После поданного протеста, второму спортсмену предоставлено право выбора расстояния S . При каком значении S спортсмены придут к финишу одновременно, если оба спортсмена будут придерживаться прежних стратегий?

1.3 В последнем туре финиш установлен на расстоянии $S = 600\text{ м}$ от точки B . Какова оптимальная траектория движения «пловца-бегуна» на этой дистанции? Чему будет равно отношение времен движения спортсменов $\frac{t_1}{t_2}$ на этом маршруте, если «пловец-бегун»

будет двигаться по «траектории минимального времени», а «байдарочник» своим принципам не изменяет?

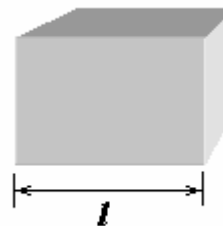
Задача 3. «Термометр»

Большинство веществ при нагревании расширяются. Относительное расширение тел обычно **мало**, поэтому может быть описано простейшими линейными зависимостями.

Если однородный брусок нагревается, то все его линейные размеры увеличиваются пропорционально, длина его стороны l зависит от температуры t° (в градусах Цельсия) по закону

$$l = l_0(1 + \alpha t^\circ), \quad (1)$$

где α называется коэффициентом линейного расширения.



Очевидно, что при нагревании увеличивается и объем бруска, причем его объем зависит от температуры по закону

$$V = V_0(1 + \beta t^\circ), \quad (2)$$

где β называется коэффициентом объемного расширения.

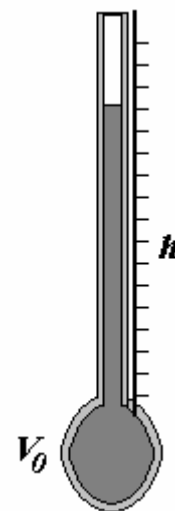
3.1 Какой физический смысл имеют параметры l_0, V_0, α, β в уравнениях (1) и (2)?

3.2 Установите связь между параметрами α, β одного вещества.

Уверены, что вы знакомы с устройством ртутного термометра: длинная стеклянная цилиндрическая трубка соединена с небольшим стеклянным баллоном, заполненным ртутью. При нагревании ртуть расширяется, длина столбика ртути увеличивается. Его длина измеряется по шкале, которая проградуирована в градусах Цельсия.

В рассматриваемом термометре при температуре $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$:

- внутренний объем баллона $V_0 = 200\text{мм}^3$;
- внутренний диаметр трубки $d_0 = 0,20\text{мм}$;
- ртуть полностью заполняет баллончик, но не заходит в трубку;
- коэффициент объемного расширения ртути равен $\beta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;
- коэффициент линейного расширения стекла $\alpha = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.



3.3 Пренебрегая тепловым расширением стекла, постройте график зависимости высоты уровня ртути в трубке h (в мм) от измеряемой температуры t° (в градусах Цельсия).

3.4 Пусть термометр проградуирован без учета теплового расширения стекла (как указано в предыдущем пункте 3.2). Найдите относительную погрешность показания такого термометра, связанную с тепловым расширением стекла, при температуре $t_1 = 10^\circ\text{C}$.

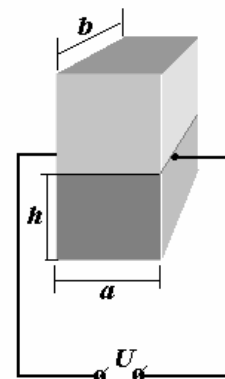
Задача 4. «Поможем Техасу»

В Техасе выпал снег, и «они» не знают, что с ним делать!

Для плавления снега создано следующее снегоплавильное устройство. В глубокую яму шириной $a = 1,0\text{м}$ и длиной $b = 5,0\text{м}$ постоянно засыпают снег, находящийся при температуре плавления. Две противоположные боковые стены ямы металлические и подсоединены к источнику постоянного напряжения $U = 1,0\text{кВ}$. В дне ямы имеется кран для слива талой воды и поддержания его на постоянном уровне $h = 1,5\text{м}$.

Характеристики воды известны:

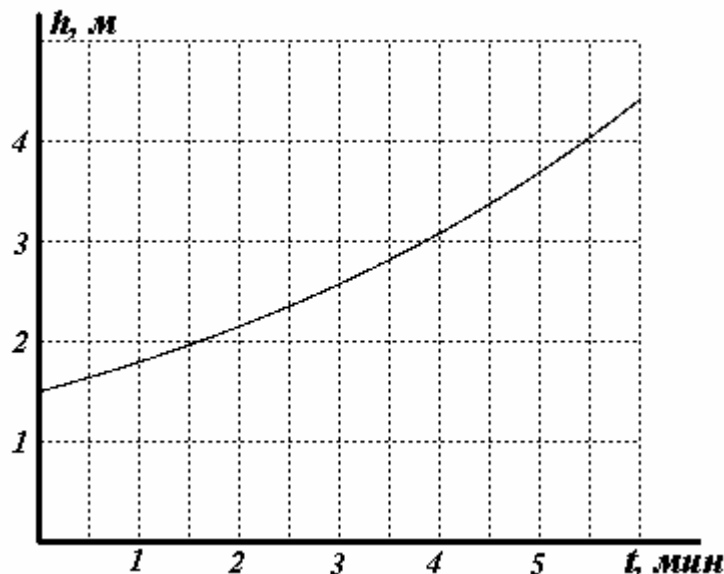
- плотность $\gamma = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;



- удельная теплота плавления снега $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{дж}}{\text{кг}}$;
- удельное электрическое сопротивление талой воды $\rho = 1,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- проводимостью снега можно пренебречь.

4.1 Определите производительность (объем талой воды в единицу времени) данной установки.

В некоторый момент времени сливной кран засорился, и уровень воды в яме стал резко нарастать. Зависимость уровня воды от времени $h(t)$ показана на графике.



4.2 Объясните приведенную зависимость, дайте ее описание на «языке формул и уравнений».

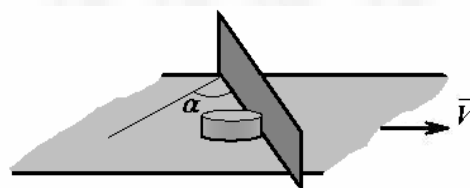
4.3 За какое время вода заполнит всю яму, если ее глубина $H = 6,0 \text{ м}$?



**Республиканская физическая олимпиада
(III этап).
2005 год.
10 класс.**

Задача 1. «Транспортер»

Для механического снятия готовых изделий с ленты транспортера, движущейся горизонтально со скоростью V , используется неподвижная вертикальная направляющая переключина, установленная под углом α на ленте. Коэффициент трения изделий о ленту транспортера равен μ_1 , а о направляющую переключину — μ_2 .



1.1 При каком минимальном угле α_{min} изделия будут соскальзывать с ленты транспортера?

1.2 Найдите установившуюся скорость u движения изделий вдоль направляющей.

Задача 2. «Кипение»

При температуре 100°C и нормальном атмосферном давлении с поверхности воды за время $t = 1,0 \text{ с}$ испаряется $N = 5 \cdot 10^6$ молекулярных слоев воды. Плотность водяного пара при этих условиях равна $\rho = 0,60 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность воды $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

При кипении испарение происходит не только со свободной поверхности, но и «внутри» жидкости, т.е. в пузырьки.

2.1 Пусть внутри жидкости образовался микроскопический пузырек. Найдите зависимость его радиуса $r(t)$ от времени.

При всплытии пузырька в воде, на него действует тормозящая сила, формулу для которой записывают в виде

$$F = C_x \frac{1}{2} \rho_0 v^2 S, \quad (1)$$

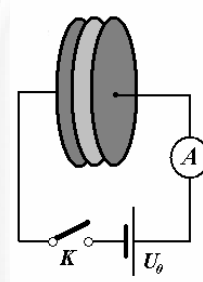
где ρ_0 - плотность воды, v - скорость движения пузырька S - максимальная площадь его поперечного сечения, C_x - безразмерный коэффициент лобового сопротивления, для шарика он равен $C_x \approx 0,60$.

2.2 Постройте график зависимости скорости всплытия пузырька от времени $v(t)$, начиная от момента его зарождения.

2.3 Пусть пузырек зародился вблизи дна кастрюли с кипящей водой, уровень которой $h = 25\text{см}$. Оцените радиус r_{max} пузырька у поверхности воды.

Задача 3. «Диэлектрик, или проводник?»

Плоский конденсатор образован двумя параллельными пластинами площадью $S = 25\text{см}^2$ каждая, расположенными на расстоянии $h = 2,0\text{мм}$ друг от друга. Между обкладками конденсатора расположена пластинка толщиной $\frac{h}{2}$, имеющая ту же площадь, изготовленная из материала с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2,5$ и удельным электрическим сопротивлением $\rho = 1,0 \cdot 10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения $U_0 = 5,0\text{кВ}$ через чувствительный амперметр.



3.1 Постройте примерные графики зависимости заряда конденсатора и силы тока через амперметр от времени после замыкания ключа.

3.2 Оцените характерное время существования тока в цепи.

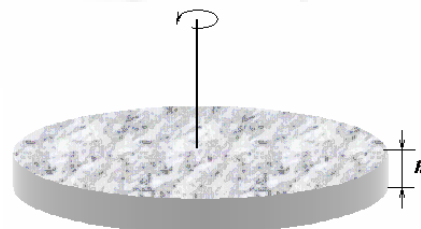
3.3 Какое количество теплоты выделится в пластинке внутри конденсатора за время существования тока в цепи?

$$\text{Электрическая постоянная } \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Задача 4. «Плоская Земля»

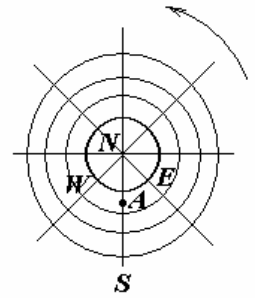
Древние греки считали, что Земля является плоским диском, вращающимся вокруг своей оси. Примем и мы, что Земля является плоским диском достаточно большого радиуса (скажем, более 40 000 км).

Будем также считать, что период обращения диска вокруг своей оси равен одним суткам. Среднюю плотность материала диска примем равной средней



плотности Земли $\rho = 5,5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$\text{Гравитационная постоянная равна } G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$



Познакомимся с «географией» плоской Земли. Она напоминает обычную карту земного шара с северным полюсом в центре. Точка пересечения оси вращения планеты с поверхностью диска является северным полюсом N . Далее аналогично: любую радиальную прямую, выходящую из северного полюса будем называть *меридианом*. Легко догадаться, что южного полюса S , как такового, на плоской планете нет — его роль играют все точки края диска. Соответственно, окружности, точки которых находятся на равном расстоянии от полюса, назовем *параллелями*. Движение по параллелям в направлении вращения Земли будет соответствовать движению на восток (E), а в противоположном направлении — на запад (W). Пусть Афины находятся в точке A , расположенной на расстоянии $r_0 = 4,0 \cdot 10^3$ км от северного полюса N .

4.1 Какой должна быть толщина h этого диска, чтобы ускорение свободного падения на северном полюсе N было $g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$?

4.2 Для связи с жителями «другой стороны» плоской Земли вдоль оси ее вращения пробурена сквозная тонкая шахта. Если без начальной скорости в шахту опустить камешек, то он, пройдя сквозь шахту, окажется на другой стороне Земли. Найдите максимальную скорость v_{max} камешка при таком движении. Силой сопротивления воздуха пренебречь.

4.3 Для связи с жителями «своей стороны» плоской Земли из Афин с помощью суперкатапульты производится выстрел «снарядом» с начальной скоростью $v_0 = 100 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Силой сопротивления воздуха пренебречь.

а) найдите величину и направление смещения ΔS снаряда от меридиана за время его полета при выстреле вдоль меридиана (рассмотрите два случая).

б) найдите величину и направление смещения ΔS снаряда от параллели за время его полета при выстреле вдоль параллели (рассмотрите два случая).

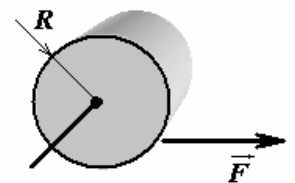


Республиканская физическая олимпиада (III этап). 2005 год. 11 класс.

Задача 1. «Хорошо ли Вы знаете силу трения?»

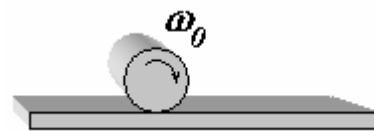
1.0 Тонкостенный цилиндр радиуса R и массы m (которая равномерно распределена по боковой поверхности цилиндра) может вращаться без вокруг неподвижной оси. К боковой поверхности цилиндра прикладывают постоянную силу \vec{F} , направленную по касательной к поверхности. Покажите, что изменение угловой скорости ω вращения цилиндра подчиняется уравнению

$$mR^2 \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = FR. \quad (1)$$

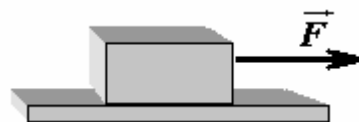


Даже если вы не можете доказать это уравнение, то никто не запрещает вам использовать его в дальнейшем. Кроме того, напоминаем, что плоскопараллельное движение твердого тела можно представить в виде суммы поступательного движения его центра масс и вращения, вокруг оси, проходящей через центр масс тела.

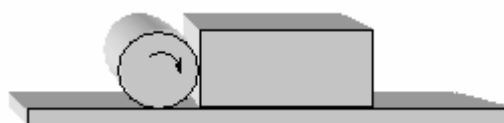
1.1 Тонкостенную цилиндрическую трубку радиуса R раскрутили до угловой скорости ω_0 и аккуратно положили на горизонтальную поверхность (без начальной поступательной скорости). Найдите скорость установившегося движения оси цилиндра. Трением качения пренебречь.



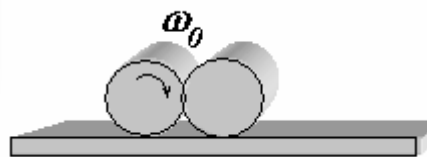
1.2 Небольшой прямоугольный брусок массы $m = 1,0\text{кг}$ находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен $\mu = 0,20$. К бруску прикладывают постоянную горизонтально направленную силу F . Постройте график зависимости модуля ускорения бруска от модуля приложенной силы.



1.3 На горизонтальной поверхности расположен брусок. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен $\mu = 0,20$. Рядом с бруском располагают сильно раскрученный тонкостенный цилиндр массы $m_1 = 1,0\text{кг}$, диаметр которого равен высоте бруска. Коэффициент трения между боковой поверхностью цилиндра и горизонтальной поверхностью, а также с поверхностью бруска равен $\mu = 0,20$. При какой максимальной массе бруска цилиндр сможет сдвинуть его с места? Чему будет равно ускорение бруска, если его масса $m_2 = 0,10\text{кг}$?



1.4 На горизонтальной поверхности покоится тонкостенный цилиндр. Рядом с ним аккуратно кладут такой же цилиндр, но сильно раскрученный вокруг собственной оси. Коэффициенты трения между цилиндрами и поверхностью, а также между боковыми поверхностями цилиндров одинаковы и равны $\mu = 0,20$. С какими ускорениями начнут двигаться эти цилиндры?



Задача 2. «Хорошо ли Вы знаете закон преломления света?»

2.1 Показатель преломления воздуха зависит как от температуры, так и от давления. Будем считать, что в наших условиях показатель преломления зависит только от температуры, причем эта зависимость имеет вид

$$n = 1 + \frac{a}{T}, \quad (1)$$

Для воздуха при нормальном давлении постоянная $a \approx 8,6 \cdot 10^{-2} \text{ К}$.

Воздух над дорогой под действием солнечных лучей разогревается, из-за чего сухой асфальт может казаться «мокрым». Пусть в достаточно тонком слое над дорогой температура воздуха превышает среднюю температуру $t_0 = 17^\circ\text{C}$ на величину Δt . На некотором минимальном расстоянии S от себя наблюдатель может видеть «лужи» на дороге.

Объясните появление «луж».

Постройте график зависимости $S(\Delta t)$.

Глаз наблюдателя находится на высоте $h = 1,0\text{м}$ от дороги

Для моделирования миража в лаборатории ее размеры явно недостаточны, поэтому воздух «остроумно» можно заменить на кусок органического стекла, показатель преломления которого гораздо сильнее зависит от температуры. В качестве источника света используется тонкая светящаяся нить S . В дальнейшем рассматривайте лучи:

а) идущие под малыми углами к оси системы и на малом расстоянии от нее (параксиальное приближение);

б) лучи в плоскости, содержащей ось системы, и перпендикулярной нити.

2.2 На расстоянии $a = 40\text{см}$ от источника расположили тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 20\text{см}$. На каком расстоянии b от линзы следует расположить экран, чтобы на нем было четкое изображение нити?



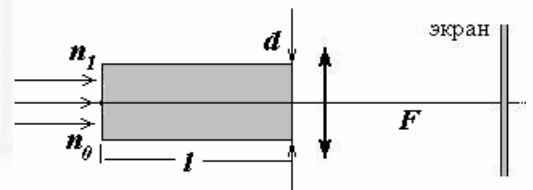
2.3 Не меняя положение источника и линзы, вплотную к источнику расположили прямоугольный брусок из органического стекла.



Его длина $l = 20\text{см}$, показатель преломления $n_0 = 1,5$.

На каком расстоянии b от линзы следует расположить экран, чтобы опять на нем получилось четкое изображение источника?

2.4 Брусок стали освещать параллельным пучком света. Экран расположили в фокальной плоскости линзы. После чего брусок стали нагревать с одной стороны. В результате неравномерного нагрева показатель преломления бруска стал изменяться линейно от $n_0 = 1,5$ на одной стороне до $n_1 = n_0 + \delta n$, где $\delta n = 2,0 \cdot 10^{-4}$ на другой. Направление изменения температуры перпендикулярно направлению распространения света. Как изменилась картина на экране после указанного нагрева бруска? Толщина бруска $d = 4,0\text{см}$.



Задача 3. «Что вы знаете о Солнце?»

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$;

Скорость света $c = 3,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

Среднее расстояние от Земли до Солнца $L = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$;

Угловой размер Солнца, видимый с Земли $\alpha = 32'$;

Масса Земли $m = 6,0 \cdot 10^{24} \text{ кг}$;

Период обращения Земли вокруг Солнца 1 год (точно);

Солнечная постоянная (количество солнечной энергии Солнца, падающей в течение 1с на площадку площадью 1м^2 , поставленную на границе атмосферы, перпендикулярно к солнечным лучам) $\gamma = 1,4 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$;

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ К}^4}$;

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

Используя эти данные, оцените:

3.1. Температуру поверхности Солнца.

3.2. Через какой промежуток времени масса Солнца уменьшится на 10%.

3.3. Считая, что солнечная атмосфера состоит из атомарного водорода, оцените эффективную толщину Солнечной атмосферы.

