УТВЕРЖДЕНО
Заместитель председателя оргкомитета
заключительного этапа Республиканской олимпиады

______________________ К.С. Фарино

«___» декабря 2009 г.

Республиканская физическая олимпиада 2010 год.
(III этап)
Теоретический тур

Оргкомитет и Жюри III этапа Республиканской олимпиады школьников 2010 года

Поздравляют Вас с наступившим Новым Годом
и желают успешного выступления на олимпиаде.

1. Полный комплект состоит из трех не связанных между собой заданий.

2. При оформлении работы каждую задачу начинайте с новой страницы. Первая половина тетради предназначена для чистовика, вторая - черновика. При недостатке бумаги обращайтесь к оргкомитету!

3. Подписывать тетради и отдельные страницы запрещается.

4. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

5. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к представителям Жюри.

9 класс.

Задача 1. Разминка «50 на 50»

1.1 Половину времени материальная точка движется со скоростью v_1, другую половину времени – со скоростью v_2. С какой постоянной на всем пути скоростью v_0 должна двигаться материальная точка, чтобы пройти то же расстояние?
1.2 Половину расстояния материальная точка движется со скоростью v_1, другую половину расстояния – со скоростью v_2. С какой постоянной на всем пути скоростью v_0 должна двигаться материальная точка, чтобы пройти такое же расстояние за то же время?

2.1 Смешивают две жидкости с удельными теплоемкостями c_1 и c_2. Масса каждой жидкости составляет половину массы смеси. Определите удельную теплоемкость c_0 смеси.
2.2 Смешивают две жидкости с удельными теплоемкостями c_1 и c_2. Известно, что при нагревании каждая жидкость поглощает половину тепла, переданного смеси. Какова удельная теплоемкость c_0 смеси.

3.1 К источнику тока поочередно подключают два резистора с сопротивлениями R_1 и R_2 на одно и то же время $\Delta t/2$. Какое сопротивление R_0 надо подключить к этому источнику, чтобы на нем за время Δt выделилось такое же количество тепла?
3.2 Решите предыдущий задачу предыдущего пункта, считая, что сопротивления подключают к источнику напряжения.

3.3 Через резистор пропускают в течение времени $\Delta t/2$ ток I_1, а затем ток I_2 в течение того же времени. Какой постоянный ток I_0 необходимо пропустить через этот резистор, чтобы за время Δt на нем выделилось такое же количество тепла?
3.4 Резистор подключают поочередно к источникам напряжения U_1 и U_2 так, что при каждом подключении на нем выделяется одно и то же количество тепла $Q/2$. К источнику с каким напряжением U_0 надо подключить резистор, чтобы на нем за это же время (равное суммарному времени подключения к двум источникам) выделилось такое же количество тепла Q?

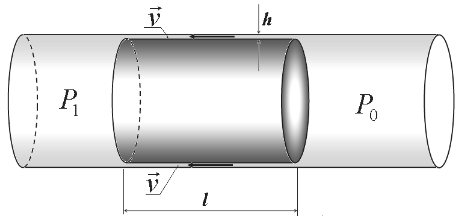
Примечание.

Источником тока называется такой источник, который обеспечивает постоянную силу тока во внешней цепи, независимо от сопротивления последней.

Источником напряжения называется такой источник, который обеспечивает постоянное напряжение во внешней цепи, независимо от сопротивления последней.

Задача 2. «Просачивание»

Внутри цилиндрической трубки с внутренним радиусом R находится сплошной цилиндр длиной l, радиус которого незначительно отличается от R. Между стенками трубки и боковой поверхностью цилиндра существует тонкий зазор толщиной h. Во всех пунктах данной задачи будем полагать, что толщина этого зазора постоянна и $h << R$. Из этого условия следует, что средняя скорость течения жидкости в зазоре значительно превышает скорость движения цилиндра. Поэтому при расчете сил вязкого трения движением цилиндра можно пренебречь и считать, что сила, действующая на движущийся цилиндр, равна силе, действующей на цилиндр неподвижный.



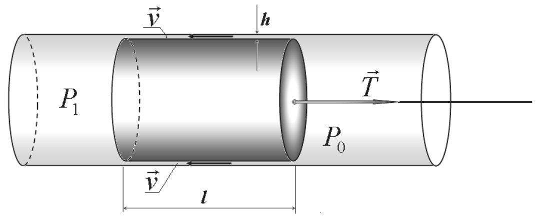
При протекании жидкости через зазор на стенки трубки и боковую поверхность цилиндра действует со стороны жидкости сила трения (вязкого). Величина этой силы, действующей на <u>единицу площади</u> поверхности (как внутренней поверхности трубки, так и боковой поверхности цилиндра), определяется по формуле

$$f = \gamma \frac{v_{ср.}}{h} , \tag{1}$$

где $v_{ср.}$ - средняя скорость течения жидкости в зазоре[1],

γ - постоянный коэффициент, зависящий только от свойств жидкости, который считайте известным. Такая же по модулю сила действует и на движущуюся жидкость. Понятно, что для того, чтобы жидкость протекала через зазор, необходимо создать некоторую разность давлений $\Delta P = P_0 - P_1$ с разных сторон цилиндра.

1. Неподвижный цилиндр.



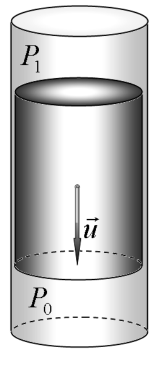
Пусть цилиндр закреплен внутри цилиндра с помощью нити. С разных сторон цилиндра создана разность давлений $P_0 - P_1 = \Delta P$.

1.1 Определите среднюю скорость течения жидкости в зазоре $v_{ср.}$

1.2 Определите расход жидкости (объем, протекающий за единицу времени) в зазоре.

1.3 Определите силу натяжения нити. Почему, и на сколько эта сила отличается от разности сил давления?

2. «Тонем и всплываем!»



Трубку с цилиндром расположили вертикали и закрыли ее нижний торец. Верхний торец открыт, жидкость полностью заполняет трубку. Плотность жидкости обозначим ρ_0, а плотность материала цилиндра ρ_1, причем $\rho_1 > \rho_0$.

2.1 Пусть цилиндр опускается с постоянной скоростью u. Чему равна средняя скорость движения жидкости в зазоре?

---

[1] Строго говоря, скорость течения жидкости в зазоре зависит от расстояния до стенки, однако для решения данной задачи нет необходимости рассматривать точное распределение скоростей жидкости, вполне достаточно определить именно среднюю скорость течения в зазоре.

2.2 Определите разность давлений жидкости между нижним и верхним основаниями цилиндра $\Delta P = P_0 - P_1$. Почему, и на сколько отличается эта разность давлений от гидростатического давления столба жидкости в зазоре?

2.3 Найдите скорость u, с которой будет опускаться цилиндр.

Рассмотрим всплытие цилиндра. Пусть плотность материала цилиндра меньше плотности жидкости $\rho_1 < \rho_0$.

2.4 Определите разность давлений жидкости между нижним и верхним основаниями цилиндра $\Delta P = P_0 - P_1$ в этом случае.

2.5 Определите скорость u, с которой будет всплывать цилиндр.

Задача 3. «Морской бой»

Данную задачу предлагаем Вам решить графическим методом. Для решения задачи необходимы линейка и карандаш. Все необходимые построения и измерения проделывайте на отдельном выданном Вам листе. Не забудьте вложить этот лист в вашу тетрадь!

На рисунке изображено взаимное расположение двух кораблей. Начало системы координат выбрано в точке, в которой первоначально находится корабль А. Две клетки соответствуют расстоянию в 1 км. Скорость кораблей одинакова по модулю и равна 10 м/с. Скорость корабля А направлена под углом 30° к оси OY.

1. Выход на боевую позицию.

1.1 Определите, с какой скоростью корабль А движется относительно корабля Б. Укажите модуль этой скорости $|\vec{v}_{АотнБ}|$ и угол α, образованный вектором скорости с осью OX.

1.2 Определите минимальное расстояние между кораблями $S_{МИН}$.

1.3 Какое время будут двигаться корабли до сближения на минимальное расстояние $t_{МИН}$?

1.4 Определите координаты кораблей $x_А$, $y_А$ и $x_Б$, $y_Б$ в этот момент времени.

2. Атака.

2.1 В момент сближения на минимальное расстояние корабль Б осуществляет запуск торпеды, скорость которой относительно корабля $|\vec{v}_{ТотнБ}|$ составляет 20 м/с. Под каким углом β к направлению движения корабля Б необходимо выпустить торпеду, чтобы поразить корабль А?

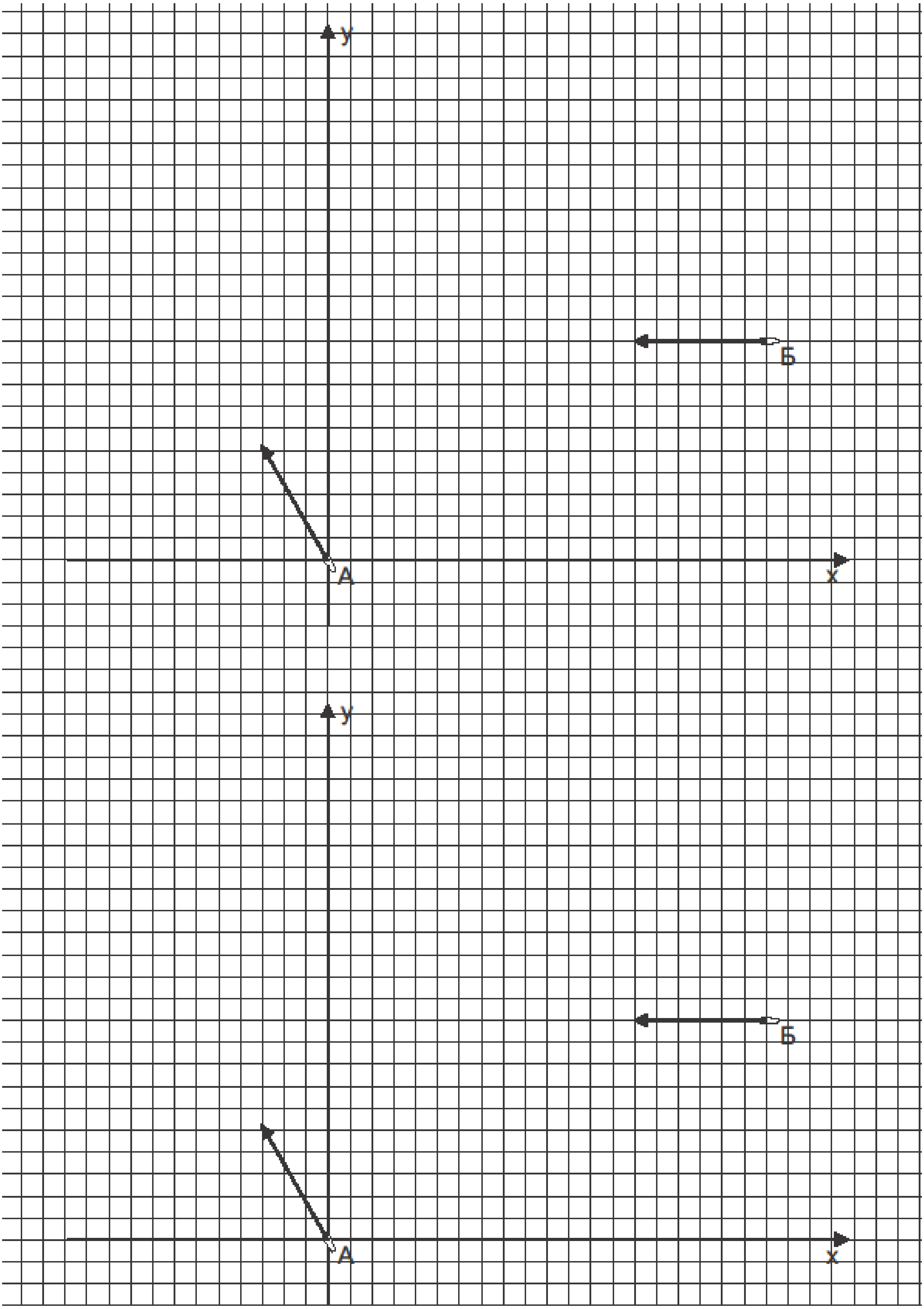
2.2 Чему равна скорость движения торпеды относительно воды $|\vec{v}_{ТотнВ}|$, и под каким углом γ к оси OX она направлена?

2.3 Какое время $t_Т$ понадобится торпеде для достижения цели?

2.4 Где будет находиться корабль А ($x_{А1}$, $y_{А1}$) в момент попадания торпеды?

Примечание. Значения углов можете определять приближенно, правильно считая клеточки!

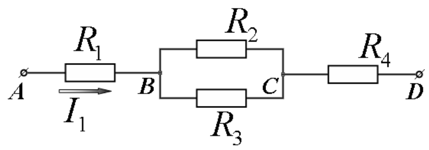
К задаче «Морской бой»



10 класс.

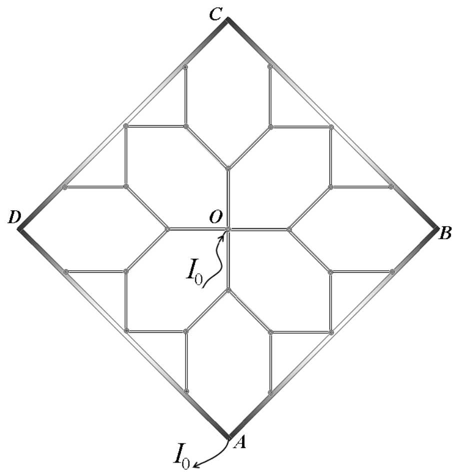
Задача 1. «Узорные цепи».

1.1 На рисунке изображен участок цепи. Сопротивления резисторов, показанных на рисунке равны $R_1 = 1{,}0\,Ом$, $R_2 = 2{,}0\,Ом$, $R_3 = 4{,}0\,Ом$, $R_4 = 1{,}0\,Ом$, сила тока, протекающего через резистор R_1 равна $I_1 = 1{,}0\,A$. Найдите:

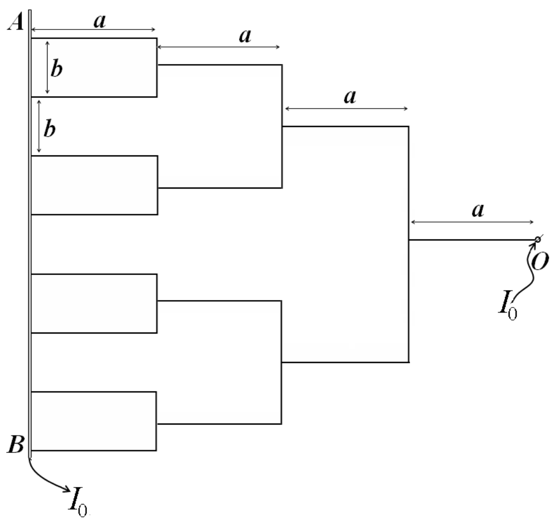


- значения сил токов, протекающих через остальные резисторы;
- напряжения на всех резисторах;
- напряжение на участке AD;
- общее сопротивление данного участка цепи.

1.2 Из одинаковых стержней (электрическое сопротивление каждого из них равно R_0) изготовлена узорная решетка, показанная на рисунке. Эта решетка прикреплена к рамке $ABCD$, электрическое сопротивление которой пренебрежимо мало. К рамке и центру решетки подключили источник тока. При этом сила суммарного тока оказалась равной I_0. Определите электрическое напряжение между точками A и O.



1.3 Из проволоки, сопротивление единицы длины которой равно r, изготовлен каркас, показанный на рисунке. Там же указаны и геометрические размеры каркаса (a, b). С одной стороны все выводы каркаса подключены к стержню AB, электрическим сопротивлением которого можно пренебречь. К стержню и противоположному выводу O каркаса подключен источник тока. При этом сила суммарного тока оказалась равной I_0. Определите электрическое напряжение между точками A и O. Определите электрическое сопротивление каркаса между точками A и O.



Задача 2 «Гвоздь»

В этой задаче мы предлагаем Вам рассмотреть и проанализировать физические процессы, происходящие при забивании гвоздя. В первой части задачи Вам предстоит описать взаимодействие гвоздя с молотком, а во второй – движение гвоздя в доске после удара.

Часть 1. Удар.

Молоток массой M, движущийся со скоростью v_0 ударяет по гвоздю с массой m. Время взаимодействия молотка и гвоздя очень мало. Удар абсолютно упругий.

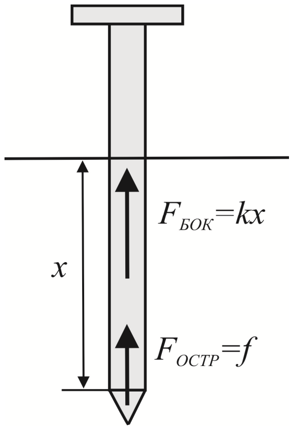
1.1 Определите скорость гвоздя u сразу после удара. Выразите эту скорость через v_0 и отношение масс гвоздя и молотка $\gamma = \dfrac{m}{M}$

1.2 Какой будет скорость гвоздя если его масса очень мала по сравнению с массой молотка ($m \ll M$).

1.3 Определите коэффициент передачи энергии η, равный отношению кинетической энергии гвоздя после удара к кинетической энергии молотка до удара. Выразите этот коэффициент через $\gamma = \dfrac{m}{M}$.

Часть 2. Движение гвоздя в доске.

При движении гвоздя в доске на него действует значительная сила трения, поэтому силой тяжести, ввиду ее относительной малости, можно пренебречь. Очевидно, что сила трения действует на всю поверхность гвоздя, находящуюся внутри доски. Однако существует определенное различие в природе силы трения, действующей на боковую поверхность гвоздя и на его острие.



Сила, действующая на боковую поверхность, пропорциональна площади поверхности, погруженной в доску, а значит, и длине вбитой части гвоздя (см. рис. 1). Другими словами, $F_{БОК} = kx$, где k – некоторая постоянная величина (далее считайте ее известной), а x – длина вбитой части.

С другой стороны, если доска однородная, то сила, действующая на острие, не должна изменяться. Т.е. можно принять, что $F_{ОСТР} = f$ – известная далее величина.

Пусть перед ударом гвоздь был вбит на глубину x (размерами острия можно пренебречь). После удара гвоздь получил кинетическую энергию E и «вошел» в доску на величину Δx.

2.1 Выразите Δx через начальные параметры E и x, а также через k и f.

2.2 Пусть длина гвоздя равна l. Определите, какую энергию E_1 нужно передать гвоздю, чтобы вбить его с одного удара.

Рассмотрите крайние случаи, когда одна из сил трения значительно меньше другой.

2.3 Пусть $F_{БОК} \ll F_{ОСТР}$. Определите количество ударов N_1, за которое гвоздь полностью «войдет» в доску, если при каждом ударе он получает кинетическую энергию E.

2.4 Пусть $F_{БОК} \gg F_{ОСТР}$ и по-прежнему при каждом ударе гвоздь получает кинетическую энергию E. Покажите, что квадраты величин вбитой части до удара и после него связаны следующим соотношением: $x_{n+1}^2 = x_n^2 + \varepsilon$. Выразите ε через E и k. Определите также, за какое количество ударов N_2 можно вбить гвоздь в этом случае.

Задача 3 «Вода и пар»

Напомним некоторые физические свойства воды:

- молярная масса $M = 18 \cdot 10^{-3} \dfrac{кг}{моль}$*;*

- плотность $\rho = 1{,}0 \cdot 10^{3} \dfrac{кг}{м^{3}}$*; изменением плотности воды при изменении ее температуры можно пренебречь;*

- удельная теплоемкость в жидком состоянии можно считать постоянной и равной $c_0 = 4{,}2 \cdot 10^{3} \dfrac{Дж}{кг \cdot К}$*;*

- удельная теплота испарения, строго говоря, зависит от температуры, но в данной задачей этой зависимостью также можно пренебречь и считать ее равной $L = 2{,}3 \cdot 10^{6} \dfrac{Дж}{кг}$*;*

- молярная теплоемкость водяного пара при постоянном объеме равна $c_{1m} = 3R$*, где - универсальная газовая постоянная* $R = 8{,}31 \dfrac{Дж}{моль \cdot К}$*;*

- атмосферное давление считать постоянным и равным $P_0 = 1{,}0 \cdot 10^{5}\ Па$*;*

- абсолютный нуль температуры $t_0 = -273{,}15°C$

- зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры приведена в Таблице и представлена на графике (на отдельном листе).

Этим графиком вы можете пользоваться при решении задачи – проводить дополнительные построения.

Не забудьте этот лист с вашими построениями вложить в рабочую тетрадь и сдать его в жюри!

1.1 Определите температуру кипения воды при внешнем давлении равном $p = 1{,}27 \cdot 10^{5}\ Па$

1.2 В сосуде объемом $V = 10\ м^3$ находится насыщенный водяной пар при температуре $t = 70°C$. Чему равна масса этого пара?

1.3 В вертикальной трубе закрытой сверху и открытой снизу находится в равновесии столб воды, который доходит до верхнего края трубы. Какова может быть максимальная высота этого столба, если температура воды $t = 80°C$?

1.4 Найдите отношение удельных теплоемкостей водяного пара (при постоянном объеме) и воды в жидком состоянии.

1.5 Воду, находящуюся при температуре $t_0 = 20°C$ необходимо превратить в пар при атмосферном давлении. Какая доля требуемой для этого теплоты пойдет на нагревание воды до температуры кипения?

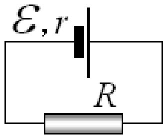
1.6 В герметичном теплоизолированном сосуде объемом $V = 1{,}0\ м^3$ находится насыщенный водяной пар при температуре $t_0 = 140°C$. В сосуд впрыскивают $m_1 = 10\ г$ холодной воды при температуре $t_1 = 10°C$. Какая температура установится в сосуде при достижении теплового равновесия?

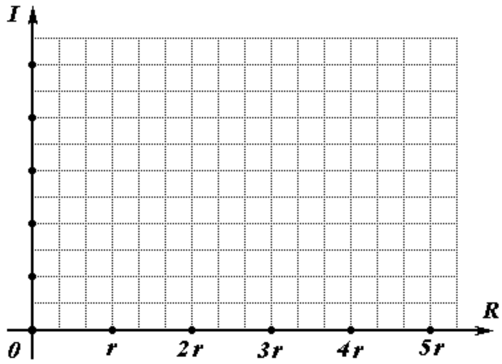
11 класс.

Задача 1 «Источник ЭДС»

В данной задаче вам предстоит проанализировать различные зависимости и энергетические соотношения в цепях постоянного тока, содержащих источники ЭДС.

1.1 Рассмотрим цепь, содержащую источник ЭДС $\mathcal{E}$ с внутренним сопротивлением r, подключенный к внешней цепи сопротивлением R. Постройте зависимость силы тока в цепи $I(R)$ от внешнего сопротивления R на приведенном шаблоне графика. Масштаб по оси ординат выберите самостоятельно, исходя из соображений удобства (это касается и следующих пунктов).



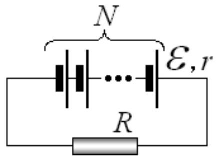


1.2 Постройте на аналогичном шаблоне зависимость напряжения $U(R)$ на внешнем сопротивлении цепи от внешнего сопротивления цепи R.

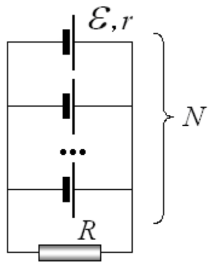
1.3 Постройте на аналогичном шаблоне зависимость мощности $P(R)$, выделяемой на внешнем сопротивлении цепи (полезной мощности), от внешнего сопротивления цепи R.

1.4 Постройте на аналогичном шаблоне зависимость КПД цепи $\eta(R)$ от внешнего сопротивления цепи R.

На практике возникает необходимость соединять источники ЭДС различными способами для получения требуемой мощности.

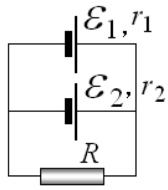


2.1 Рассмотрим последовательное соединение N одинаковых источников, ЭДС каждого из которых $\mathcal{E}$, а внутреннее сопротивление r. Определите полезную мощность $P(R)$ цепи, выделяемую на внешнем сопротивлении в данном случае.



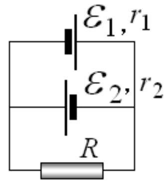
2.2 Рассмотрим параллельное соединение N одинаковых источников, ЭДС каждого из которых $\mathcal{E}$, а внутреннее сопротивление r. Определите полезную мощность $P(R)$ цепи в данном случае.

В общем случае источники ЭДС необязательно могут быть одинаковыми, хотя для практического использования лучше приобретать одинаковые батарейки.



3.1 Предположим, что Вы не обратили на это внимание и купили две различные батарейки, ЭДС которых $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$, а внутренние сопротивления r_1 и r_2. Батарейки соединены параллельно. Найдите полезную мощность $P(R)$ цепи в данном случае.

3.2 Не исключено также (например, если Вы филолог …), что при подключении батареек была «перепутана» полярность, и они включены «навстречу» друг другу. Найдите полезную мощность $P(R)$ цепи в данном случае. При каком соотношении между ЭДС $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$, и внутренними сопротивлениями r_1 и r_2 полезная мощность в данном случае станет равна нулю $P(R) = 0$?



Задача 2 «Полукольцо»

Часть 1. Введение.

В этой части вам предлагается вспомнить некоторые формулы, касающиеся описания движения простых колебательных систем и динамики твердого тела.

Традиционный подход к расчету периодов гармонических колебаний механических систем заключается в приведении уравнения движения к стандартной форме. Пусть состояние системы полностью характеризуется одной координатой x (это может быть, например, декартовая координата материальной точки; угол поворота при вращательном движении). Скорость изменения этой координаты обозначим $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, а ее ускорение (скорость изменения скорости) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Если на основании физических законов и уравнений удается получить уравнение

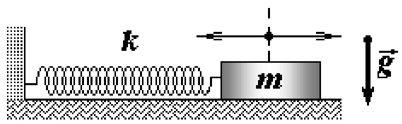
$$a = -\omega_0^2 x, \tag{1}$$

где ω_0^2 - положительная постоянная, то из этого уравнения однозначно следует, что величина $x(t)$ изменяется по гармоническому закону с круговой частотой ω_0. Заметим, что к уравнению (1) можно привести уравнения, основанные на втором законе Ньютона.

Эквивалентным способом расчета периодов колебаний является приведение физических уравнений к виду (которое часто называют **уравнением гармонических колебаний**)

$$v^2 + \omega_0^2 x = const, \tag{2}$$

еще раз подчеркнем, что в этом уравнении обязательно $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Из уравнения (2) также однозначно следует, что величина $x(t)$ изменяется по гармоническому закону с круговой частотой ω_0. Как правило, к уравнению вида (2) приводятся уравнения, основанные на основе закона сохранения энергии.

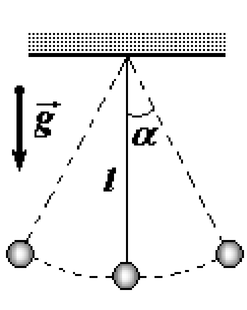


1. Рассмотрите горизонтальные колебания пружинного маятника: представляющего собой груз массы m, прикрепленный с помощью легкой пружины жесткостью k к вертикальной стене. Считайте, что в начальный момент времени груз сместили на некоторое расстояние x_0 от его положения равновесия.

1.1 Пренебрегая трением, запишите уравнение закона сохранения механической энергии для груза.

1.2 Приведите полученное уравнение к виду (2). На основании его запишите формулу для периода колебаний груза.

Во многих случаях уравнение вида (2) не следует автоматически из уравнения закона сохранения энергии. Но при рассмотрении малых колебаний (когда величина x, и скорость ее изменения v малы) из уравнения закона сохранения энергии можно получить уравнение вида (2). Для этого следует упростить выражения для кинетической и потенциальной энергии, пренебрегая малыми величинами порядка выше второго (то есть $x^3, v^3, x^4, v^4, x^2 \cdot v^2,$ и т.д.)



2. Рассмотрите малые колебания математического маятника, представляющего собой груз некоторой массы, подвешенный на легкой нерастяжимой нити длиной l в однородном поле тяжести земли. В качестве координаты используйте α - угол отклонения нити маятника от вертикали.

2.1 Пренебрегая сопротивлением воздуха, запишите уравнение закона сохранения механической энергии для груза (в качестве координаты используйте угол отклонения).

2.2 Считая угол отклонения α малым, приведите полученное уравнение к виду (2). На основании его запишите формулу для периода колебаний маятника.

<u>Подсказка</u>: при малых углах α справедлива приближенная формула

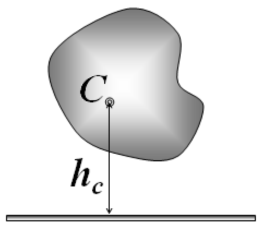
$$\cos\alpha \approx 1 - \frac{\alpha^2}{2}. \qquad (3)$$

При описании движения твердого тела, которое не может считаться материальной точкой, выражения для кинетической и потенциальной энергий тела усложняются.

3.1 Покажите, что потенциальная энергия твердого тела, находящегося в поле тяжести Земли определяется простой формулой

$$U = mgh_C, \qquad (3)$$

где h_C – высота центра масс тела, g – ускорение свободного падения.



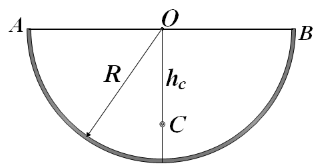
Часть 2. Колебания полукольца.

Из тонкостенной трубы радиуса R вырезали полукольцо. Его края соединили легкой проволокой AB. Изгибом проволоки и ее массой следует пренебрегать.

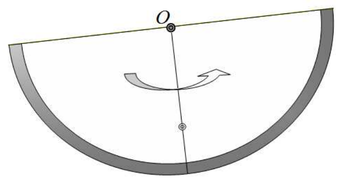
4.1 Покажите, что центр масс C полукольца находится на расстоянии

$$h_C = \frac{2}{\pi}R \qquad (5)$$

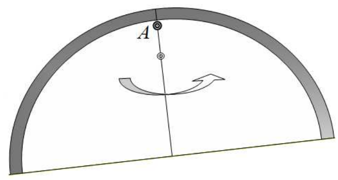
от его центра O.



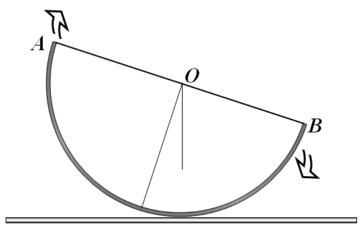
4.2 Полукольцо подвесили на горизонтальной оси, проходящей через точку O (центр полукольца). Определите период малых колебаний полукольца при таком подвесе.



4.3 Полукольцо подвесили на горизонтальной оси, проходящей через точку A (вершину полукольца), отклонили на малый угол от положения равновесия и отпустили. Определите период колебаний в этом случае.



4.4 Полукольцо поставили на шероховатую поверхность и вывели из положения равновесия. Полукольцо начало колебаться, качаясь по поверхности без проскальзывания. Определите период таких колебаний полукольца. Колебания считайте малыми.



<u>Подсказка.</u> Получите выражение для кинетической энергии кольца в момент времени, когда ось симметрии кольца вертикальна. При малых колебаниях это выражение будет справедливо и при малых отклонениях от вертикали.

Задача 3. «Электрический дрейф»

В этой задаче мы предлагаем Вам описать движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях.

Часть 0. Частица с положительным зарядом q и массой m влетает в однородное магнитное поле с индукцией B (электрического поля нет). Скорость частицы v_0 перпендикулярна линиям поля.

0.1 Определите радиус окружности R, по которой движется частица.

0.2 Определите угловую скорость вращения ω частицы.

0.3 Определите период вращения T частицы по окружности.

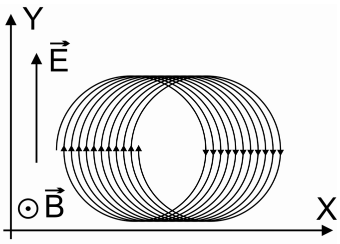


Рис. 1

Пусть в некоторой области пространства одновременно с магнитным полем B существует перпендикулярное ему электрическое поле E. Частица с положительным зарядом q и массой m влетает в эту область с некоторой скоростью. Вектор скорости лежит в плоскости перпендикулярной вектору магнитной индукции (рис. 1). Наличие электрического поля приведет к тому, что скорость частицы будет возрастать по мере смещения вдоль линий поля, а значит, будет увеличиваться радиус кривизны траектории. Это приведет к тому, что частица начнет медленно смещаться (дрейфовать) вдоль оси OX, и траектория движения будет иметь вид, изображенный на рисунке.

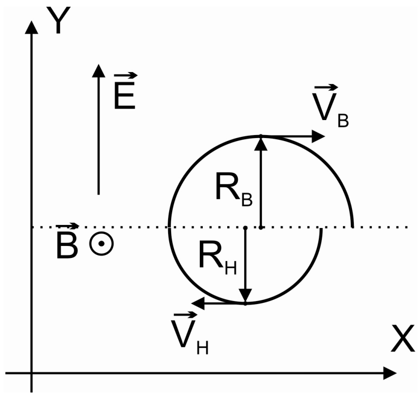


Рис. 2

Часть 1. Приближенное решение.

В этой части предлагаем Вам определить скорость дрейфа, рассмотрев движение с некоторым упрощением. Предположим, что траектория движения частицы состоит из двух полуокружностей (верхней и нижней). Вдоль верхней полуокружности частица движется со скоростью, соответствующей верхней точке траектории, вдоль нижней – со скоростью, соответствующей нижней точке траектории (рис.2).

1.1 Используя это приближение, определите среднюю скорость движения частицы $v_Д$ вдоль оси OX. Выразите эту скорость через напряженность электрического поля E и индукцию магнитного поля B.

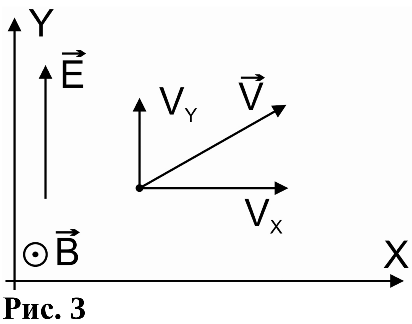


Рис. 3

Часть 2. Точное решение.

2.1 Частица движется во взаимно перпендикулярных полях E и B. Проекция скорости на ось OX равна v_X, на ось OY – v_Y (рис. 3). Запишите выражения для проекций ускорения a_X и a_Y.

Рассмотрим колесо радиуса R с осью радиуса r, которое катится без проскальзывания вдоль оси OX со скоростью u (рис.4).

2.2 Запишите выражения для проекций v_X и v_Y скорости точки А, находящейся на колесе под углом φ к оси ОХ.

2.3 Запишите выражения для проекций a_X и a_Y ускорения точки А.

2.4 Используя выражения, полученные в пунктах 2.2 и 2.3, определите связь между проекциями скоростей и ускорений.

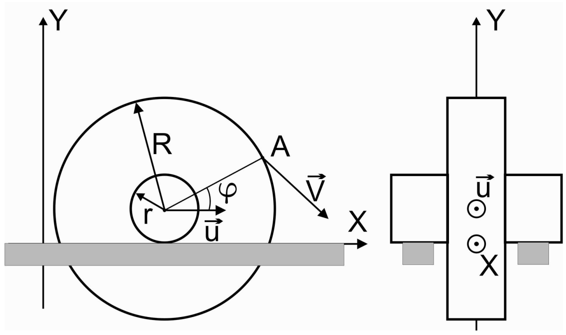


Рис. 4

2.5 Сравните уравнения пункта 2.1 и 2.4 и запишите точное выражение для скорости дрейфа.