Заместитель председателя оргкомитета
Республиканской олимпиады

_________________ К.С. Фарино.

«____» декабря 2007 года

Республиканская физическая олимпиада
(III этап)
2008 год
Теоретический тур.

10 класс 12-летней школы.

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, *обеспечим!*

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.

Задача 1. Плавкий предохранитель.

1. Три тонких проволоки одинакового диаметра и длины — железная, медная и алюминиевая — соединены последовательно. Их подключают к источнику высокого напряжения, и одна из проволок перегорает (плавится). Какая? Начальная температура $t_0 = 0^\circ C$.

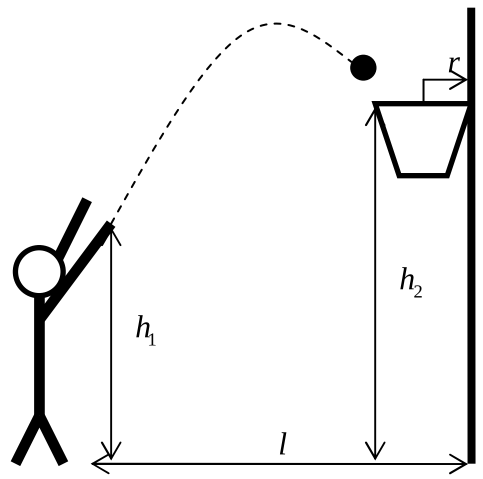
Зависимостью сопротивления от температуры и потерями теплоты в окружающую среду можно пренебречь.

2. Какая из них перегорит первой после подключения к источнику высокого напряжения, если их соединить параллельно?

Удельные сопротивление: алюминия $\rho_1 = 2,8 \cdot 10^{-8} Ом \cdot м$, меди $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8} Ом \cdot м$, железа $\rho_3 = 9,8 \cdot 10^{-8} Ом \cdot м$. Плотности: алюминия $\gamma_1 = 2700\, кг/м^3$, меди $\gamma_2 = 8900\, кг/м^3$, железа $\gamma_3 = 7800\, кг/м^3$. Удельные теплоемкости: алюминия $c_1 = 0,88\, кДж/кг \cdot K$, меди $c_2 = 0,38\, кДж/кг \cdot K$, железа $c_3 = 0,46\, кДж/кг \cdot K$. Температура плавления алюминия $t_{П1} = 660^\circ C$, меди $t_{П2} = 1083^\circ C$, железа $t_{П3} = 1535^\circ C$.

Задача 2. «Баскетбол»

В этой задаче Вам предстоит исследовать кинематические основы баскетбола. Основной целью игры в баскетбол является попадание мячом в корзину. Игрок стоит на площадке напротив корзины на расстоянии $l = 5,0 м$ от стены и может бросать мяч с высоты $h_1 = 2,0 м$ с некоторой скоростью V в любом направлении (под любым углом). Корзина прикреплена вплотную к стене, находится на высоте $h_2 = 3,0 м$ и имеет радиус $r = 20 см$. Попасть мячом в корзину можно двумя способами: прямым броском и рикошетом - «от щита». Попадание мяча в корзину засчитывается, только если он упал в нее сверху вниз. Ускорение свободного падения $g = 9,8 \frac{м}{c^2}$. Будем считать размеры мяча много меньшими размеров корзины (например, игрок забрасывает теннисный мяч). Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Удар мяча о стену считайте абсолютно упругим. Модуль начальной скорости мячика изменяется от 0 до $V_{\max} = 10 \frac{м}{c}$.



Введем систему координат, ось OX которой горизонтальна, а ось OY вертикальна. Начало отсчет совместим с точкой бросания.

1. Запишите закон движения мячика, если проекции его начальной скорости на оси координат равны V_x, V_y.

2. Считая значение проекции скорости V_y известным, найдите диапазоны значений горизонтальной проекции V_x при котором мячик попадет в корзину а) прямым броском, б) отразившись от стены.

3. На выданном листке миллиметровой бумаги постройте диаграмму, по осям которой отложены значения проекций начальной скорости V_x, V_y. Постройте на этой диаграмме области начальных скоростей, при которых мяч попадает в корзину а) прямым броском, б) отразившись от стены. *Напоминаем – можете пользоваться калькулятором!*

Далее рекомендуем пользоваться построенной диаграммой.

4. Определите минимальную скорость броска, при которой можно попасть мячиком в корзину.

5. Оцените модуль начальной скорости, при которой диапазон углов бросания при которых мячик попадает в корзину максимальный. Укажите этот диапазон углов.

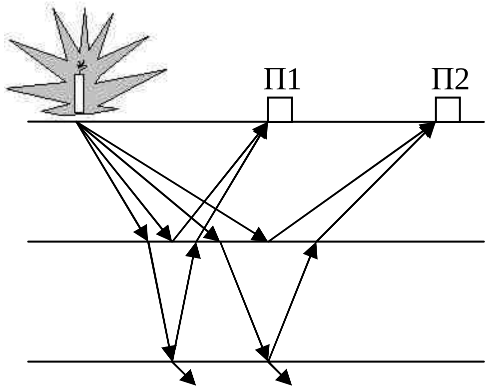
Возможно, Вам пригодится следующая информация:

1. Уравнение $ax^2 + bx + c = 0$ *имеет решения только если дискриминант* $D = \sqrt{b^2 - 4ac} \geq 0$.

2. $\dfrac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + tg^2\alpha$.

3. Если известно значение тангенса угла $tg\alpha = q$, *то чтобы найти угол, необходимо применить функцию арктангенс* $\alpha = arctg(q)$. *На большинстве микрокалькуляторов арктангенс обозначается как* tg^{-1} *или* $\tan^{-1}$.

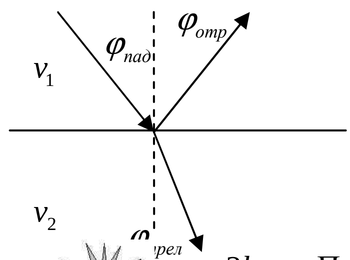
Задача 3. «Сейсморазведка»



Для определения расположения полезных ископаемых в толще Земли используют метод сейсморазведки. Для этого в некотором месте на поверхности проводят взрыв – и от него во все стороны в толщу Земли распространяются звуковые волны. В каждой среде звуковые волны распространяются со своей скоростью v. Установленные на поверхности Земли звуковые приемники-микрофоны П1, П2 и т.д. принимают эхо, отраженное от границ слоев – осуществляют эхолокацию.

При попадании на границу раздела двух сред происходит отражение звуковой волны, причем закон отражения звуковых волн аналогичен закону отражения света: угол падения равен углу отражения

$$\varphi_{пад} = \varphi_{отр}$$

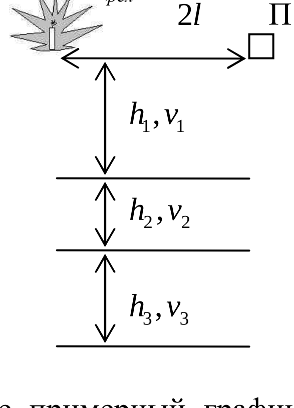


При попадании на границу раздела двух сред, в первой из которых волна распространяется со скоростью v_1, а во второй со скоростью v_2, звуковая волна испытывает преломление, причем закон преломления звуковых волн аналогичен закону преломления света

$$\frac{\sin\varphi_{пад}}{v_1} = \frac{\sin\varphi_{прел}}{v_2}.$$

Для малых углов падения закон преломления упрощается

$$\frac{\varphi_{пад}}{v_1} = \frac{\varphi_{прел}}{v_2}.$$

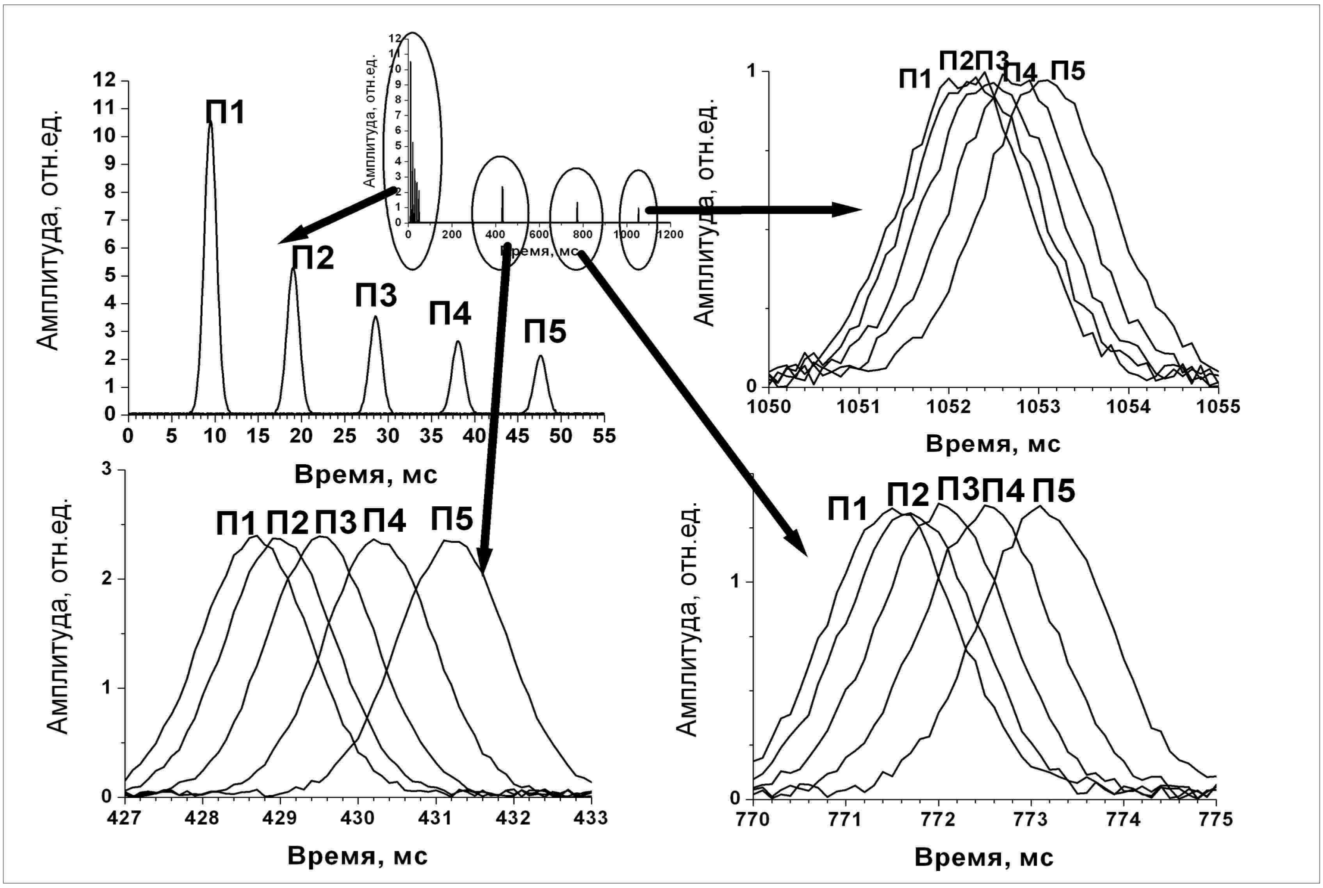


1. При помощи сейсморазведки исследуют недра Земли, в которых породы расположены в три слоя толщинами h_1, h_2, h_3 со скоростями звука v_1, v_2, v_3 соответственно. Динамит заложен на расстоянии $2l$ от приемника. Через какое время от начала взрыва к приемнику придет эхо от первой границы слоев, от второй границы, от третьей? Изобразите примерный график зависимости громкости звука I, регистрируемой микрофоном, от времени.

Считайте расстояние от места взрыва до акустического приемника много меньшим толщин слоев.

2. Для исследования недр Земли было установлено пять приемников П1,П2,П3,П4,П5 на расстояниях соответственно $40м, 80м, 120м, 160м, 200м$ от места взрыва. Зарегистрированные ими сигналы приведены на графике. Определите состав и толщины слоев земных недр. Скорость звука в различных породах приведена в таблице.

Вещество	Скорость звука, км/с
глина	3,5
гранит	5,4
железная руда	5,7
медная руда	4,7
мрамор	3,9
оловянная руда	3,3
песок	4,2



Примечание.

1. Очень удобно измерять углы не в градусах, а в радианах. Чтобы перевести угол из градусов в радианы, необходимо умножить его на 0,01745 - $\varphi(рад) = \varphi^{\circ} \cdot 0,01745$.

Для малых углов φ*, измеренных в радианах, выполняются следующие соотношения*

$$\sin\varphi \approx tg\varphi \approx \varphi, \qquad \cos\varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}$$

2. Для малых величин $\xi << 1$ *справедливы следующие соотношения*

$$\frac{1}{1+\xi} \approx 1-\xi, \qquad \sqrt{1+\xi} \approx 1+\frac{1}{2}\xi, \qquad (1+\xi)^n \approx 1+n\xi$$

Заместитель председателя оргкомитета
Республиканской олимпиады

_________________ К.С. Фарино.

«____» декабря 2007 года

Республиканская физическая олимпиада
(III этап)
2008 год
Теоретический тур.

10 класс 11-летней школы.

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, *обеспечим!*

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.

Задача 1. «Ошибочная разминка»

В результате действия случайных или неслучайных факторов при проведении измерений величины X, результат получается неточным, с погрешностью ΔX. Случайные изменения относительно среднего значения называют флуктуациями. Диапазон значений, которые может принимать случайная величина, записывают в виде $X = X_0 \pm \Delta X$, а точность измерений при этом характеризуют относительной погрешностью $\delta = \Delta X / X_0$.

1.1. «Из пушки по…»

Как известно, максимальная дальность полета снарядов s_0 наблюдается при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ (если местность, где происходит стрельба, плоская и можно пренебречь сопротивлением воздуха). Скорость вылета снаряда из пушки испытывает флуктуации (например, потому, что в них разное количество пороха), и поэтому при стрельбе под углом $\alpha_0 = 45^\circ$ снаряды летят на расстояние $s_0 \pm \Delta s_0$. Чему будет равна неточность Δs попадания в цель при стрельбе под другими углами α? Изобразите примерный график зависимости $\Delta s(\alpha)$.

1.2. «Пружинные весы»

Для изготовления пружинных весов взяли пружину некоторой жесткости и массы и отградуировали шкалу согласно закону Гука $F = -kx$. При измерении веса тела массой M_0 показание пружинных весов оказалось завышенным и равным $P = M_0 g + \Delta P_0$. Чему будет равна относительная ошибка измерения веса δ при помощи таких весов? Постройте примерный график зависимости относительной ошибки от массы взвешиваемого тела.

1.3. «Гальванометр»

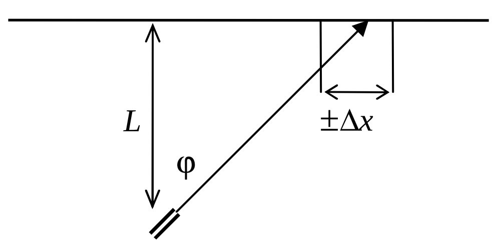
В гальванометре стрелка отклоняется по шкале пропорционально силе тока, протекающего через него. Максимальное отклонение стрелки достигается при силе тока $I_{\max}$. Гальванометр имеет собственное сопротивление, значение которого может находиться в диапазоне $R \pm \Delta R$, причем. $\Delta R << R$ Из гальванометра можно сделать вольтметр, подключив к нему последовательно достаточно большое сопротивление R_V, или амперметр, подключив к нему параллельно сопротивление R_A. Чему равны максимальные погрешности ΔU и ΔI этих приборов? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности напряжения, измеренного вольтметром, от сопротивления R_V и относительной погрешности силы тока, измеренной амперметром, от сопротивления R_A.

1.4. «Термометр»

При помощи термометра, имеющего теплоемкость C_0 и находящегося при комнатной температуре T_0, измеряют температуру горячей воды массой m и удельной теплоемкостью c, находящейся в калориметре при температуре T. Чему будет равна относительная ошибка измерения температуры δ, вносимая термометром? Изобразите примерные графики зависимости относительной погрешности δ от измеряемой температуры воды T и от массы воды в калориметре m.

1.5. «Лазерный зайчик»

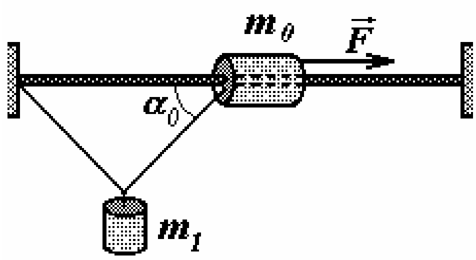
Лазер расположен на большом расстоянии L от длинной прямой стены. Тонкий лазерный луч направлен перпендикулярно стене ($\varphi_0 = 0$). Из-за внешних вибраций направление лазерного луча испытывает малые флуктуации, и лазерный «зайчик» бегает по стене в пределах $\pm\Delta x_0$. В каких пределах $\pm\Delta x$ будет смещаться пятно от лазера по стене, если луч направлен под углом φ? Изобразите примерный график зависимости $\Delta x(\varphi)$.



Примечание

Для $\xi << 1$ справедливы следующие формулы: $\frac{1}{1+\xi} \approx 1-\xi$ и $tg(\alpha+\xi) \approx tg\alpha + \frac{1}{\cos^2\alpha}\xi$.

Задача 2. «Муфта»



На горизонтальный стержень насажена муфта массы $m_0 = 1{,}0\ кг$, которая может скользить по стержню без трения. К муфте прикреплена легкая прочная нерастяжимая нить длины $L = 2{,}0\ м$. Второй конец нити закреплен на конце стержня. К середине нити привязан груз массы $m_1 = 2{,}0\ кг$.

А) Какую горизонтальную силу F следует приложить к муфте, чтобы удержать груз m_1 в равновесии, при котором нить образует угол $\alpha_0 = 45°$ со стержнем?

Б) Систему удерживают в равновесии, так, что нить образует угол $\alpha_0 = 45°$ со стержнем. Силу, действующую на муфту, увеличили до $F = 50\ Н$. С каким ускорением начнет двигаться муфта?

В) Систему удерживают в равновесии, так, что нить образует угол $\alpha_0 = 45°$ со стержнем. Силу, действующую на муфту, увеличили до $F = 50\ Н$. Чему будет равна скорость муфты момент, когда нить образует угол $\alpha_1 = 30°$ со стержнем?

Задача 3. Электростатический генератор.

Электростатический генератор – это устройство, в котором высокое постоянное напряжение создаётся при помощи механического переноса заряда.

В этой задаче мы предлагаем рассмотреть устройство достаточно простого генератора. Основной элемент генератора изображён на рисунке 1 (вид сбоку и сверху). Четыре горизонтальные металлические пластины (четверть круга) прикреплены к диэлектрическому стержню и образуют два ***отдельных*** конденсатора. Радиус круга равен R, расстояние между пластинами d ($d << R$). Для работы генератора также необходима пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε, которую можно увидеть на рисунке 2. Пластина жёстко закреплена. Толщина пластины также равна d. Кроме того есть источник постоянного напряжения U_1 и конденсатор большой ёмкости C_B (на рисунке не изображены), на котором нужно получить большую разность потенциалов.

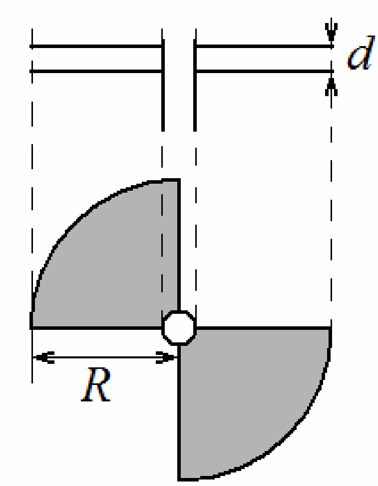


Рис.1

Работает генератор следующим образом. Двигатель вращает стержень с пластинами. В некоторый момент времени, пластины одного из конденсаторов начинают захватывать диэлектрик, и, в тот же самый момент, пластины соединяются с источником напряжения, начинается зарядка этого

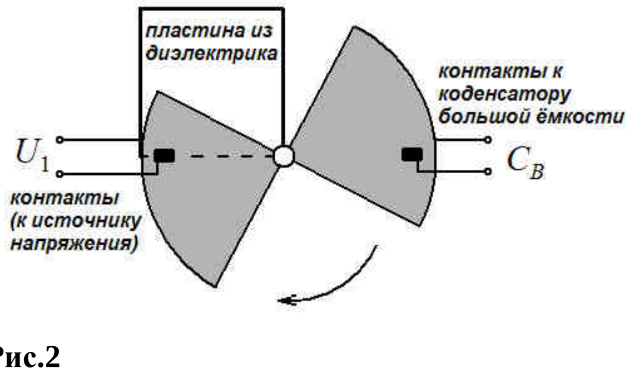


Рис.2

конденсатора (контакты скользят по внешней стороне пластин). Пластины вращаются достаточно медленно, поэтому конденсатор успевает зарядиться до напряжения источника U_1. В момент времени, когда диэлектрическая пластина заполняет весь конденсатор, контакт с источником обрывается. Конденсатор двигается дальше, и ещё через четверть оборота (как раз тогда, когда диэлектрик полностью выходит) соединяется с конденсатором C_B и передаёт ему часть своего заряда. Т.к. на стержне два конденсатора, то за один оборот стрежня цикл повторяется дважды. Для определённости, мы будем следить только за одним конденсатором.

1. Пренебрегая толщиной стержня, определите ёмкость C_2 конденсатора без диэлектрика и ёмкость C_1, в случае полного заполнения диэлектриком. Далее считайте эти величины известными.

2. Определите величину заряда на пластине конденсатора, в тот момент, когда он полностью заполнен диэлектриком.

3. Изначально конденсатор большой ёмкости не заряжен. Каким станет разность потенциалов U_B, после первого соприкосновения с заряженными пластинами.

4. Покажите, что в случае $C_B >> C_2$, пластины передадут конденсатору практически весь заряд.

5. Стержень вращается равномерно с периодом T. Считая, что равновесное распределение зарядов устанавливается очень быстро, нарисуйте приблизительные графики зависимости величины заряда на одной из пластин и разности потенциалов между пластинами от времени в течение ***<u>первого полного оборота</u>*** стержня ($q(t)$ и $U(t)$). Определите значения заряда и разности потенциалов в характерных точках. Отсчёт времени начните с момента касания пластинами источника напряжения. Высоковольтный конденсатор изначально не заряжен.

Примечание. «Приблизительный» график – график отражающий суть процесса, без точного построения кривых и без соблюдения масштаба, с отмеченными характерными точками. «Характерные точки» - точки, в которых существенно изменяется ход процесса.

6. Изобразите приблизительный график зависимости от времени энергии, накопленной в рассматриваемом конденсаторе, в течение ***<u>первого полупериода</u>*** движения. Определите значения энергии в характерных точках.

7. Нарисуйте приблизительный график зависимости от времени мощности, развиваемой двигателем, который вращает ось в течение ***<u>первого полупериода</u>*** движения. Определите мощность двигателя в первой четверти периода $P_{1/4}$.

8. Определите максимальную мощность $P_{\max}$, развиваемую двигателем. Найдите также отношение $P_{\max}/P_{1/4}$, выразите его через диэлектрическую проницаемость ε.

9. До какой максимальной разности потенциалов $U_{\max 1}$ можно зарядить конденсатор C_B?

Для достижения больших разностей потенциалов, генератор можно составить из нескольких основных элементов, вращающихся синхронно (рис. 3).

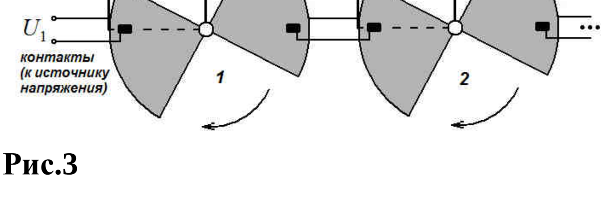


Рис.3

10. Пусть в системе N элементов. Последний соединён с конденсатором C_B. Опишите кратко принцип увеличения напряжения в этой системе. Определите, каким будет максимальное напряжение $U_{\max N}$ на конденсаторе C_B в этом случае?

Заместитель председателя оргкомитета
Республиканской олимпиады

_________________ К.С. Фарино.

«____» декабря 2007 года

Республиканская физическая олимпиада
(III этап)
2008 год
Теоретический тур.

<u>11 класс.</u>

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, *обеспечим!*

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.

Задача 1 . «Системы единиц»

1. В атомной и ядерной физике используется система единиц, в основу которой положены такие фундаментальные постоянные как постоянная Планка ($\hbar = 1{,}05 \cdot 10^{-34}\ Дж \cdot с$) и скорость света ($c = 3{,}00 \cdot 10^{8}\ м/с$). В данной системе эти постоянные приравниваются к единице ($\hbar = c = 1$). Легко заметить, что в этом случае размерности времени и расстояния становятся одинаковыми, то же самое происходит с размерностью массы, импульса и энергии.

Предлагает Вам разобраться с этими хитростями.

Если в системе СИ для килограмма, метра и секунды существуют свои эталоны, то в указанной системе единиц двумя эталонами являются постоянная Планка и скорость света. В качестве третьего эталона можно выбрать, например, метр.

Если размерность времени и расстояния одинаковы, то можно время выражать в метрах ($1с = 3{,}00 \cdot 10^{8}\ м$).

1.1 Массу в такой системе можно измерять в обратных метрах (1 кг = β м$^{-1}$). Чему равен один килограмм?

1.2 Соответственно энергия также измеряется в обратных метрах (1 Дж = γ м$^{-1}$). Чему равен один Джоуль?

В данной системе единиц энергию удобно выражать через электрон-вольты ($1эВ = 1{,}60 \cdot 10^{-19}\ Дж$). Тогда представляется возможным выразить через электрон-вольты основные единицы СИ, т.е. килограмм, метр и секунду. Другими словами, выбрать в качестве третьего эталона электрон-вольт.

1.3 Сколько обратных электрон-вольт в одном метре?

1.4 Чему равна одна секунда в такой системе?

1.5 Сколько электрон-вольт в одном килограмме?

1.6 В модели атома водорода, электрон вращается вокруг протона по круговой орбите радиуса $a_0 = 2{,}68 \cdot 10^{-4}\ эВ^{-1}$, под действием кулоновской силы $F = 1{,}01 \cdot 10^{5}\ эВ^{2}$. Определите кинетическую энергию электрона в атоме водорода.

2. Для удобства вычисления орбит искусственных спутников и проектирования межпланетных полётов, предлагаем ввести не менее удобную в этом случае систему единиц, в которой гравитационная постоянная ($G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ м^{3}/кг \cdot с^{2}$) и первая космическая скорость вблизи поверхности Земли ($v_{1K} = 7{,}91 \cdot 10^{3}\ м/с$) равны единице ($G = v_{1K} = 1$).

Расстояние будем измерять в земных радиусах ($зр$), ($1зр = 6{,}37 \cdot 10^{6}\ м$). Земной радиус, таким образом, будет третьим эталоном. При таком выборе килограмм, метр и секунда также могут быть выражены через земной радиус (1 м = α зр, 1 с = β зр, 1 кг = γ зр).

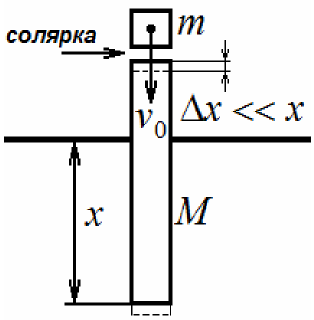
2.1 Сколько земных радиусов в одном метре?

2.2 Сколько земных радиусов в одной секунде?

2.3 Чему равен один килограмм в такой системе?

2.4 Радиус Луны $R_Л = 0{,}273 зр$, а масса Луны $M_Л = 0{,}0123 зр$. Определите ускорение свободного падения $g_Л$ и первую космическую скорость $v_Л$ вблизи поверхности Луны.

Задача 2. «Копёр»



Предлагаем Вам рассмотреть работу устройства для забивания свай в твёрдый грунт. Принцип работы копра очень простой. По вертикально установленной свае (масса сваи M) ударяет молот (масса молота m), часть механической энергии молота передаётся свае, которая постепенно забивается в землю. Для поддержания работы копра, в область соударения молота и сваи подаётся некоторое количество солярки, которая при сжатии взрывается и выделяет определённое количество энергии.

Будем считать для простоты, что сила трения, действующая на сваю при её движении в грунте, прямо пропорциональна длине вбитой части ($F_{TP} = kx$, k - известная постоянная).

Удары молота о сваю будем считать абсолютно упругими. Также будем считать, что трение сваи о грунт настолько велико, что при одном ударе свая опускается на очень маленькое расстояние ($\Delta x_0 << x_0$ ***).***

Часть 1. ***<u>Горючее не подаётся.</u>***

1. Скорость молота в момент времени, предшествующий соударению равна v_0. После соударения свая получит определённую энергию $E_1 = \varepsilon_1 \cdot \frac{mv_0^2}{2}$, а модуль скорости молота уменьшится и станет равным $v_1 = \xi \cdot v_0$. Выразите постоянные ε_1 и ξ через массы молота и сваи. Далее считайте эти постоянные известными.

2. Длина вбитой части сваи равна x_0. Определите Δx_0 для удара, описанного в предыдущем пункте.

Часть 2. ***<u>Включают подачу горючего</u>.***

3. Количество солярки, подаваемой в место соударения, регулируют таким образом, чтобы модуль скорости молота после соударения со сваей не изменялся. Энергия, переданная свае, в этом случае также может быть выражена в виде $E_2 = \varepsilon_2 \cdot \frac{mv_0^2}{2}$, где v_0 - скорость молота до (и после) соударения. Определите ε_2.

4. При такой подаче топлива, глубина погружения сваи после i-го удара (Δx_i) может быть выражена через погружение после предыдущего удара (Δx_{i-1}) и длину вбитой части сваи (x_i) следующим образом: $\Delta x_i \approx \Delta x_{i-1}\left(1 + \frac{\lambda}{x_i}\right)$. Определите коэффициент λ.

5. Начнём считать удары молота в тот момент, когда длина вбитой части сваи равна x_1. После предыдущего удара свая опустилась на Δx_0. Используя соотношение, приведённое в предыдущем пункте и, по-прежнему, считая, что $\Delta x_i << x_i$, ***<u>оцените</u>*** на сколько опустится свая после 10 ударов. Выразите ответ через $x_1, \Delta x_0$ и λ.

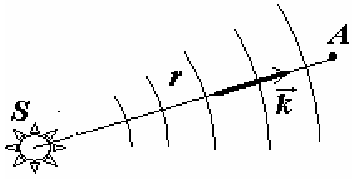
6. После погружения сваи на необходимую глубину, подачу горючего прекращают. Через какое время T после последнего удара с включённой подачей горючего удары молота прекратятся? До прекращения подачи топлива, скорость молота перед ударами равнялась v_0.

<u>Примечание.</u> *Скорее всего, Вам пригодится приближенная формула:* $(1+x)^{\alpha} \approx 1 + \alpha x$.

Задача 3. Интерференция.

Уважаемые коллеги! Вам предлагается написать основные тезисы параграфа учебника[1] *по теме «Интерференция света», излагая ее в обобщенной форме, с единой точки зрения.*

Свет представляет собой электромагнитную волну – колебание, распространяющееся в пространстве с течением времени. Напряженность



[1] Конечно, не для повышенного, а гораздо более низкого углубленного уровня.

электрического поля электромагнитной волны, испущенной точечным источником S, в произвольной точке A описывается функцией

$$E = E_0 \cos(\omega t - kr), \tag{1}$$

где r - расстояние от источника до рассматриваемой точки, $k = \dfrac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число (λ - длина волны). Можно также ввести волновой вектор $\vec{k}$, модуль которого совпадает с волновым числом, а направление указывает направление распространения волны. Будем считать, что в рассматриваемых областях амплитуда волны постоянна.

Интерференция света – есть сложение колебаний в каждой точке, где происходит наложение двух и более волн. Напоминаем, что интенсивность света пропорциональна среднему квадрату напряженности электрического поля.

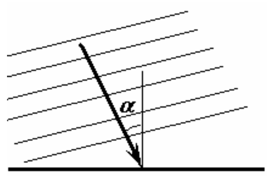
$$I = \left\langle E^2 \right\rangle = \left\langle E_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \right\rangle = \frac{1}{2} E_0^2 . \tag{2}$$

1. Пусть в некоторую точку экрана приходят две волны одинаковой частоты и одинаковых амплитуд. Создаваемые ими в этой точке колебания описываются функциями

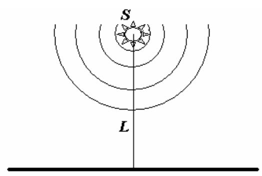
$$E_1 = E_0 \cos(\omega t - \varphi_1), \quad E_2 = E_0 \cos(\omega t - \varphi_2). \tag{3}$$

Определите, чему равна результирующая амплитуда колебаний электрического поля и интенсивность света в этой точке.

Таким образом, вы показали, что при интерференции двух волн интенсивность света определяется разностью фаз колебаний этих волн. Так как разность фаз зависит от положения рассматриваемой точки, то интерференция световых волн приводит к перераспределению энергии света.

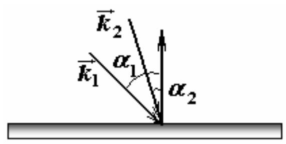


2. Плоская монохроматическая световая волна (длина волны λ) падает на плоскую поверхность под углом α к ее нормали. Запишите зависимость фазы колебаний от координат точек на экране. Систему координат на плоскости задайте самостоятельно.

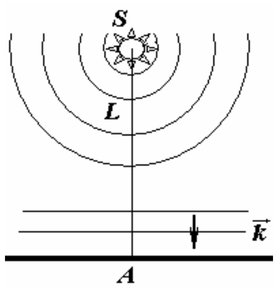


3. Точеный источник монохроматического света с длиной волны λ находится на расстоянии L от плоского экрана. Запишите зависимость фазы колебаний от координат точек на экране. Систему координат на плоскости задайте самостоятельно.

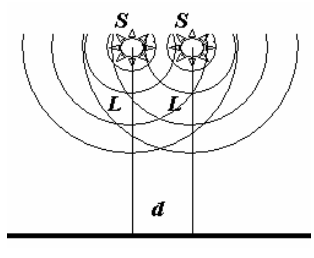
4. Две плоских монохроматических световых волны (с одинаковыми длинами волн λ и одинаковыми амплитудами) падают на плоскую поверхность под углами α_1 и α_2 к ее нормали, причем волновые векторы волн и нормаль к поверхности лежат в одной плоскости. Определите зависимость интенсивности света от координат точки на экране. Определите ширину интерференционных полос (расстояние между максимумами интенсивности), считая углы α_1 и α_2 малыми.



5. На плоский экран падают две монохроматические волны (с одинаковыми длинами волн λ и одинаковыми амплитудами) - одна от точечного источника, находящегося на расстоянии L от экрана, вторая плоская, падающая на экран нормально. Опишите интерференционную картину на экране (то есть запишите зависимость интенсивности света от координат). Считая, что расстояние L значительно больше длины волны и в точке A колебания волн происходят в одной фазе, определите радиусы темных интерференционных колец на экране.



6. На плоский экран падают две монохроматические волны (с одинаковыми длинами волн λ и одинаковыми амплитудами) - от двух точечных источников,



находящихся на расстоянии L от экрана и на расстоянии d друг от друга. Опишите интерференционную картину на экране (то есть запишите зависимость интенсивности света от координат). Считая, что расстояние L значительно больше длины волны и расстояния между источниками, определите ширину интерференционных полос на экране в этом случае.