

120

Библиотечка КВАНТ<sup>+</sup>

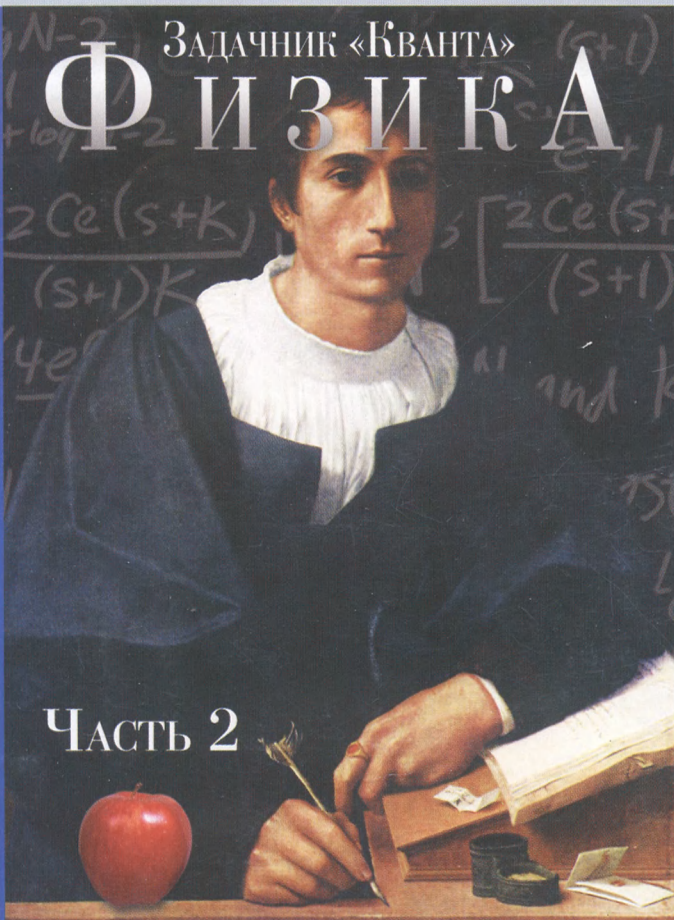
ВЫПУСК

120 Библиотечка КВАНТ<sup>+</sup>

Задачник «Кванта»

## ФИЗИКА

Часть 2





БИБЛИОТЕЧКА  
**КВАНТ<sup>+</sup>**  
ВЫПУСК

**120**

Приложение к журналу  
«Квант<sup>+</sup>» № 2/2011

ЗАДАЧНИК «КВАНТА»  
**Ф И З И К А**  
**Часть 2**

*Под редакцией А.Р.Зильбермана и А.И.Черноуцана*

Москва  
2011

УДК 373.167.1:53+53(075.1)  
ББК 22.3я721  
3-93

Серия «Библиотечка «Квант»  
основана в 1980 году

Редакционная коллегия:

Б.М.Болотовский, А.А.Варламов, Г.С.Голыцын, Ю.В.Гуляев,  
М.И.Каганов, С.С.Кротов, С.П.Новиков, В.В.Произволов, Н.Х.Розов,  
А.Л.Стасенко, В.Г.Сурдин, В.М.Тихомиров, А.Р.Хохлов,  
А.И.Черноуцан

З-93 **Задачник «Кванта». Физика. Часть 2.** – М., МЦНМО,  
2011. – 192 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 120. Приложение  
к журналу «Квант» №2/2011.)

ISBN 978-5-94057-817-8

Книга представляет собой вторую часть «полного состава» задач по физике, опубликованных в разделе «Задачник «Кванта» журнала «Квант» (1983 – 1997 г.). Задачи в большинстве своем авторские, многие задачи предлагались на олимпиадах различного уровня. К задачам даются краткие ответы.

Книга адресована учащимся и преподавателям средних школ, лицеев и гимназий, членам и руководителям физических кружков и факультативов, участникам различных физических олимпиад, а также всем тем, кто просто любит интересные и красивые задачи.

ББК 22.3я721

ISBN 978-5-94057-817-8

## СОДЕРЖАНИЕ

---

Предисловие .....	4
Условия задач .....	5
1983 год (продолжение) .....	5
1984 год .....	10
1985 год .....	23
1986 год .....	35
1987 год .....	48
1988 год .....	60
1989 год .....	72
1990 год .....	86
1991 год .....	98
1992 год .....	110
1993 год .....	123
1994 год .....	129
1995 год .....	139
1996 год .....	152
1997 год (начало) .....	160
Ответы .....	165

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

Один из самых традиционных разделов «Кванта», во многом определяющий лицо журнала, – это «Задачник «Кванта». Начиная с самого первого номера журнала (январь 1970 года), в этом разделе публиковались «конкурсные» задачи, которые предлагались читателям для самостоятельного решения (решения задач – чаще всего авторские, но иногда и читательские – публиковались позже). В «Задачник» отбирались, как правило, новые, оригинальные, ранее не публиковавшиеся задачи (за сорок лет «накопилось» более 2000 таких задач!), относящиеся к категории нестандартных или олимпиадных. Авторами задач были как организаторы физических олимпиад, так и наши читатели, в том числе школьники и учителя. Многие из школьников-победителей конкурса «Задачник «Кванта» выросли в активно работающих ученых-физиков.

В этой книге мы продолжаем публикацию «полного состава» «Задачника «Кванта» по физике (1983 – 1997 г.). К сожалению, из-за ограниченности места, мы были вынуждены опустить фамилии авторов задач и привести только краткие ответы (иногда указания) к задачам. Однако мы настойчиво рекомендуем читателям обращаться к полным решениям задач, опубликованным на страницах «Кванта». Зачастую эти решения превращались в яркие научно-популярные эссе или даже исследования на тему, связанную с темой задачи.

Отметим, что многие задачи вошли в ранее вышедшие сборники «Библиотечки «Квант»: И.Ш.Слободецкий, Л.Г.Асламазов, «Задачи по физике» (вып. 5, 86, 87); А.И.Буздин, А.Р.Зильберман, С.С.Кротов, «Раз задача, два задача...» (вып.81). Авторы этих сборников – члены редколлегии, ведущие в журнале в разные годы раздел «Задачник «Кванта» по физике.

«Задачник «Кванта» живет на страницах журнала и в настоящее время. Мы приглашаем читателей решать эти задачи, присылать в редакцию их решения, а также придумывать новые и интересные задачи.

Желаем успехов!

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

### 1983 год (продолжение)

**829.** Передняя ось телеги изогнута так, что плоскости колес образуют угол  $\alpha$  с направлением движения (рис.1). Найдите силу сопротивления при установившемся равномерном движении телеги. Коэффициент трения скольжения колес о дорогу  $\mu$ . Масса телеги  $m$  равномерно распределена на все колеса.

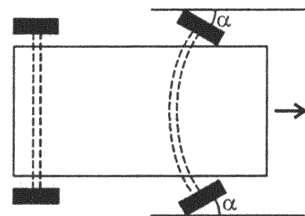


Рис. 1

**830.** Известно, что давление насыщенного пара над водным раствором сахара меньше, чем над чистой водой на величину  $\Delta p = 0,05 \cdot p_{\text{нас}} \cdot c$ , где  $p_{\text{нас}}$  — давление насыщенного пара над чистой водой,  $c$  — весовая концентрация раствора. Цилиндрический сосуд, наполненный до высоты  $h_0 = 10$  см раствором сахара с концентрацией  $c_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ , помещают под широкий колпак. На дне налит раствор сахара с концентрацией  $c_2 = 10^{-3}$  (рис.2; высота уровня налитого раствора много меньше  $h_0$ ). Каким будет уровень раствора в сосуде после установления равновесия? Температура под колпаком поддерживается постоянной и равной  $20^\circ\text{C}$ , пар над поверхностью раствора содержит только молекулы воды.

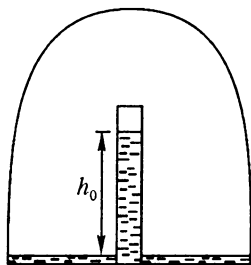


Рис. 2

**831.** Незаряженная проводящая тонкостенная сферическая оболочка помещена в однородное электрическое поле. При напряженности поля  $E_0$  оболочка разрывается. При какой минимальной напряженности поля разорвется оболочка вдвое большего радиуса, имеющая ту же толщину стенок?

**832.** Квадратная недеформируемая сверхпроводящая рамка со стороной  $a$  расположена горизонтально и находится в неоднородном магнитном поле, индукция которого меняется в пространстве по закону  $B_x = -kx$ ,  $B_y = 0$ ,  $B_z = kz + B_0$ . Масса рамки  $m$ , индуктивность  $L$ . В начальный момент центр рамки

совпадает с началом координат, а стороны параллельны осям  $X$  и  $Y$ . Рамку отпускают. Как она будет двигаться и где окажется через время  $t$ ?

**833.** На ленту транспортера, ползущую со скоростью  $v_0 = 1$  м/с, сбоку сталкивают коробку. Скорость коробки сразу после попадания на ленту равна  $u_0 = 2$  м/с и перпендикулярна скорости ленты. Какую минимальную скорость относительно земли будет иметь коробка во время движения? Сила трения достаточно велика, так что коробка не соскальзывает с ленты.

**834.** На очень длинной невесомой нити подвешен к потолку шарик массой  $m_1 = 0,1$  кг, к нему прикреплен на нити длиной  $l = 0,2$  м шарик массой  $m_2 = 0,05$  кг. Нижнему шарiku толчком сообщают скорость  $v_0$  в горизонтальном направлении. При какой величине  $v_0$  шарики могут оказаться на одной высоте?

**835.** В стакан с водой опустили нагреватель и сняли зависимость температуры воды от времени (см. таблицу). На сколько градусов остынет вода за 1 мин, если нагреватель отключить от сети при температуре  $50^\circ\text{C}$ ? Закипит ли вода, если нагреватель не выключать достаточно долго? Мощность нагревателя считать неизменной.

Время, мин	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура, $^\circ\text{C}$	20	26,2	31,8	36,8	41,4	45,6	49,3	52,7	55,8	58,5	61,1

**836.** Пластина  $A$  плоского конденсатора неподвижна, пластина  $B$  прикреплена к стенке пружиной и может двигаться, оставаясь параллельной пластине  $A$  (рис.3). После замыкания ключа  $K$  пластина  $B$  начала двигаться и остановилась в новом положении равновесия. При этом расстояние между пластинами уменьшилось на  $\alpha_1 = 10\%$ . На сколько изменилось бы равновесное расстояние между пластинами, если бы ключ  $K$  замкнули на короткое время? Предполагается, что за это время пластина  $B$  не успевает заметно сдвинуться.

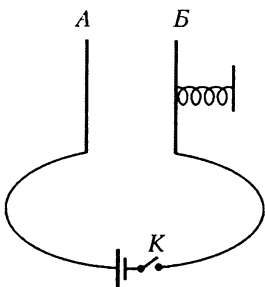


Рис. 3

**837.** Для измерения скоростей частиц используется лазерный анемометр, в котором движущиеся частицы освещаются двумя пересекающимися лазерными когерентными пучками света (рис.4). Отраженный частицами свет улавливается фотоэлементом  $\Phi$  и преобразуется в электрический сигнал. Частицы дви-

жуются по перпендикуляру к биссектрисе угла  $\alpha = 60^\circ$  между пучками. С какой скоростью двигалась частица, если при длине волны лазерного излучения  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$  был зарегистрирован периодический сигнал с частотой  $\nu = 320 \text{ кГц}$ ?

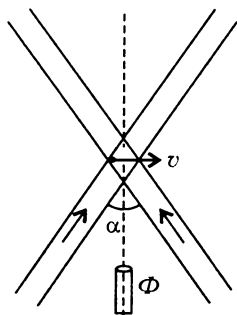


Рис. 4

**838.** В 1844 году выдающийся математик и астроном Бессель обнаружил, что собственное (не связанное с движением земного наблюдателя) движение Сириуса происходит примерно по синусоиде. При этом максимальное угловое отклонение от прямолинейного пути  $\alpha = 2,3''$ , период  $T = 50$  лет. Бессель предположил (через 18 лет это было подтверждено прямыми наблюдениями), что искривление пути Сириуса вызывается наличием спутника – более слабой звезды. Найдите отношение массы  $m$  спутника (Сириуса B) к массе  $M_C$  Солнца, если масса основной звезды (Сириуса A)  $M = 2,3M_C$ . Известно, что радиус земной орбиты виден с Сириуса под углом  $\beta = 0,376''$ . Считать, что орбиты звезд круговые, а плоскость орбит перпендикулярна направлению от Солнечной системы к Сириусу.

**839.** Если шестигранный карандаш положить на наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтальной поверхностью, перпендикулярно ее образующей (линии пересечения плоскости с горизонтальной поверхностью), карандаш будет покоиться. Если его положить параллельно образующей, он будет скатываться вниз. При каких углах  $\phi$  между осью карандаша и образующей наклонной плоскости карандаш будет находиться в равновесии?

**840.** В горизонтально расположенной плоской коробке размером  $10 \times 10$  см беспорядочно лежат 1000 маленьких стальных шариков массой  $m = 0,5$  мг каждый. Коробку начинают двигать со скоростью  $v_0 = 10$  м/с перпендикулярно одной из боковых стенок. Считая удары шариков о стенки коробки и друг о друга абсолютно упругими, определите: а) какие импульсы передадут шарики каждой из боковых стенок за первые 10 секунд; б) какие импульсы получают стенки за следующие 10 секунд после того, как коробку резко затормозят.

**841.** Спускаемый аппарат космического корабля приближается к поверхности некоторой планеты с постоянной скоростью, передавая на борт корабля данные о наружном давлении. График зависимости давления  $p$  (в условных единицах) от



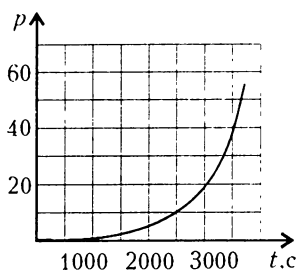


Рис. 5

времени  $t$  приведен на рисунке 5. Опустившись на поверхность планеты, аппарат измерил и передал на борт данные о температуре и ускорении свободного падения:  $T = 700 \text{ К}$ ,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Определите скорость спуска аппарата, если известно, что атмосфера планеты состоит из углекислого газа  $\text{CO}_2$ . Определите также температуру на высоте  $h = 15 \text{ км}$  над поверхностью планеты.

**842.** В схеме, изображенной на рисунке 6, в некоторый момент замыкают ключ  $K$ . Найдите установившееся значение тока, текущего через катушку с индуктивностью  $L$  и активным сопротивлением  $r$ . Какой заряд протечет через гальванометр  $\Gamma$  после замыкания ключа? Параметры элементов, указанные на рисунке, считать заданными. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением гальванометра пренебречь.

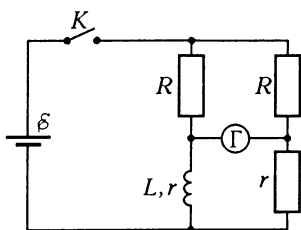


Рис. 6

**843.** Колесо радиусом  $R$ , расположенное на высоте  $H$  над землей, вращается с угловой скоростью  $\omega$ . С колеса срывается капля и падает на землю в точке  $B$  под центром колеса (рис.7). Найдите время падения капли и точку  $A$  колеса, в которой капля отрывается.

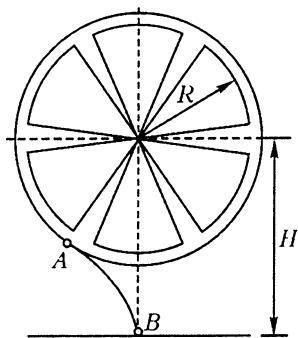


Рис. 7

**844.** В сосуд, наполненный смесью жидкостей, плотность которой изменяется с глубиной по закону  $\rho = \rho_0 + \alpha h$ , опускают тело массой  $m$  и объемом  $V$ . Тело целиком погружается в жидкость. На какой глубине оно окажется, если имеет форму куба; шара?

**845.** Внутри камеры автомобильного колеса радиусом  $R$  попал небольшой камешек. При какой минимальной скорости автомобиля камешек будет вращаться вместе с колесом, если коэффициент трения камешка о камеру равен  $\mu$ ?

**846.** Почему мощные двигатели постоянного тока следует включать через пусковой реостат?

**847.** В объемный пучок положительных ионов, имеющий круглое сечение, в точке  $A$  влетает электрон, скорость которого параллельна оси симметрии пучка (рис.8). Объемная плотность зарядов в пучке  $\rho$ , длина пучка  $l$  (длина пучка много больше его радиуса  $r$ ). При каких значениях скорости электрона он вылетит из пучка в точке  $B$ ? Столкновения электрона с ионами не учитывать.

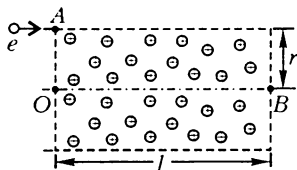


Рис. 8

**848.** По гладкому горизонтальному круговому желобу длиной  $l$  катается шарик. Скорость  $v$  шарика известна с точностью  $\epsilon = \pm 5\%$ . При каких значениях  $v$  можно точно утверждать, что через время  $\tau$  после того, как шарик находился в точке  $A$  (рис.9), его нет в точке  $B$ ?

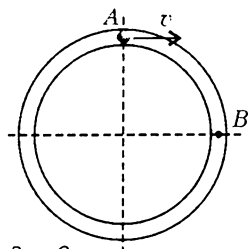


Рис. 9

**849.** Сухой термометр находящегося в комнате психрометра показывает температуру  $t_1 = 18,0^\circ\text{C}$ , а влажный – температуру  $t_2 = t_1 - \Delta t = 15,0^\circ\text{C}$ . Не пользуясь психрометрической таблицей, определите относительную влажность воздуха в комнате. Давления насыщенного водяного пара при указанных температурах равны, соответственно,  $p_1 = 15,5$  мм рт. ст. и  $p_2 = 12,8$  мм рт. ст. Молярная теплота испарения воды  $L = 4,07 \cdot 10^4$  Дж/моль, молярная теплоемкость воздуха (при постоянном объеме)  $C = 20,8$  Дж (моль  $\cdot$  град).

**850.** На рисунке 10 показана экспериментально полученная зависимость силы упругости пружины от ее длины. Найдите период малых колебаний груза массой  $m = 60$  г, подвешенного вертикально на этой пружине в поле тяжести.

**851.** Найдите силу взаимодействия двух непроводящих половинок шара радиусом  $R$ , каждая из которых равномерно заряжена по объему с плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  соответственно. Диэлектрическую проницаемость материала шара считать равной единице.

**852.** По горизонтальной непроводящей плоскости без проскальзыва-

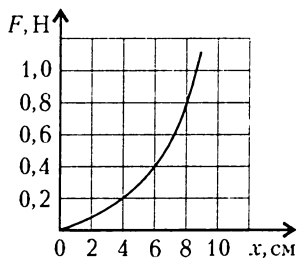


Рис. 10

ния катится равномерно заряженное кольцо массой  $m$ . После включения горизонтального магнитного поля с индукцией  $B$ , перпендикулярного плоскости кольца, сила давления кольца на плоскость уменьшилась вдвое. С какой скоростью катилось кольцо, если его заряд  $q$ ?

### 1984 год

**853.** Левые опоры контейнера, в отличие от правых, сделаны на роликах, обеспечивающих пренебрежимо малое трение (размеры опор малы). Чтобы сдвинуть контейнер влево, к центру его правой стенки перпендикулярно ей надо приложить силу  $F_1$ . Чтобы сдвинуть контейнер вправо, к центру его левой стенки перпендикулярно ей надо приложить силу  $F_2$ . Определите массу контейнера, считая его однородным кубом.

**854.** Оцените среднее усилие, которое надо приложить к краю надувного матраца, чтобы согнуть его посередине под прямым углом. Матрац не имеет поперечных перетяжек. Необходимые для решения величины и их достаточно реальные числовые значения задайте сами и получите численный результат.

**855.** В плоский конденсатор, присоединенный к полюсам батареи с ЭДС  $\mathcal{E}$ , полностью вдвинута параллельно его пластинам заряженная пластина, находящаяся на расстоянии  $b$  от одной из пластин конденсатора. Найдите силу, действующую на вдвинутую пластину, если ее заряд  $q$ . Силой тяжести пренеб-речь. Площадь каждой пластины конденсатора  $S$ , расстояние между ними  $d$ .

**856.** Через нагревательную спираль с постоянным сопротивлением пропускают постоянный ток. На сколько процентов изменится среднее количество теплоты, выделяющееся в спирали за секунду, если через нее пропускать одновременно еще и переменный (синусоидальный) ток, амплитудное значение которого составляет 10% от величины постоянного тока?

**857.** На блестящей банке имеется плоская вмятина, от которой на экран отражается пучок света. В банку наливают охлажденную жидкость. Отраженный сигнал заметно ослабляется. Объясните явление.

**858.** После удара футболиста мяч полетел в направлении ворот, находящихся на расстоянии  $L = 32$  м, со скоростью  $v = 25$  м/с под углом  $\alpha$  к горизонту таким, что  $\cos \alpha = 0,8$ . Из-за бокового ветра, дующего вдоль ворот перпендикулярно начальной скорости мяча, горизонтальное смещение мяча в плоскости ворот оказалось равным  $s = 2$  м. Найдите время полета мяча

до плоскости ворот. Мяч не вращается, скорость ветра  $u = 10 \text{ м/с}$ .

**859.** Шар радиусом  $R$  и массой  $m$  движется по горизонтальной поверхности под действием постоянной силы натяжения  $F$  легкой нерастяжимой нити. Точка закрепления нити находится на высоте  $h$  над поверхностью (рис.11), нить все время горизонтальна, шар движется поступательно. При каком максимальном коэффициенте трения это возможно? Чему равно ускорение шара?

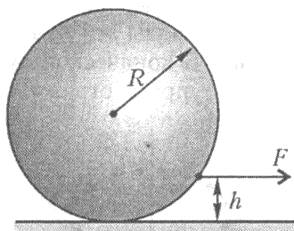


Рис. 11

**860.** В конической непроводящей лунке с углом  $2\alpha$  при вершине на глубине  $h$  находятся два небольших одинаково заряженных тела, связанных нитью (рис.12); масса каждого тела  $m$ . После пережигания нити тела начинают скользить вверх по поверхности лунки и вылетают из лунки на высоте  $H$  над ее основанием со скоростью  $v$ . Коэффициент трения тел о поверхность лунки  $\mu = a \operatorname{tg} \alpha$  ( $a < 1$ ). Определите заряды тел.

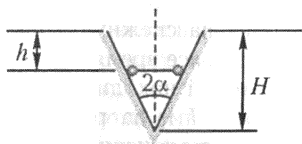


Рис. 12

**861.** В колебательном  $RLC$ -контуре сопротивление невелико, так что колебания затухают в нем слабо. Для получения незатухающих колебаний поступают следующим образом: дважды за период в моменты, когда ток в цепи максимален, катушку индуктивности быстро растягивают от длины  $l$  до длины  $l + \Delta l$ , а в моменты, когда максимален заряд на конденсаторе, катушку быстро сжимают до прежнего размера (параметрический резонанс). При каком относительном изменении длины катушки  $\Delta l/l$  колебания в контуре будут незатухающими? Индуктивность катушки считать обратно пропорциональной ее длине.

**862.** Линза с фокусным расстоянием  $F$  и диаметром  $d$  вставлена в отверстие такого же диаметра в экране из светопоглощающего материала ( $d/F < 2$ ). Экран расположен так, что оптическая ось линзы совпадает с биссектральной плоско-

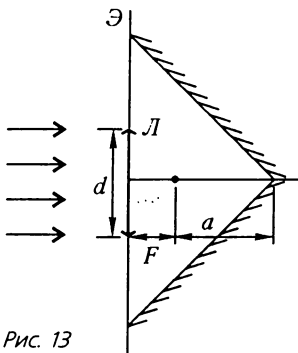


Рис. 13

стью и перпендикулярна ребру двугранного прямого угла (рис. 13). Грани угла посеребрены. Расстояние от ребра угла до фокуса линзы  $a$  ( $a > F$ ). Экран освещается широким пучком, параллельным оси линзы. Какая доля светового пучка, отраженного от зеркал, выйдет наружу, пройдя через линзу? На каком расстоянии от линзы эти лучи дадут изображение?

**863.** В конической лунке с углом при вершине  $2\alpha$  прыгает шарик, упруго отражаясь от стенки лунки. Точки соударения шарика со стенкой лежат на одной и той же высоте (рис. 14); время от удара до удара постоянно и равно  $T$ . Чему равна средняя угловая скорость движения шарика вокруг оси лунки, если максимальная скорость шарика  $v$  лежит в диапазоне от  $gT/2$  до  $gT/(2\sin\alpha)$ ?

Рис. 14

**864.** Мальчик медленно поднимается на снежную горку и тащит за собой на веревке санки. Веревка все время параллельна касательной к горке в той точке, в которой находится мальчик. Вершина горки расположена на высоте  $H$  и на расстоянии  $l$  от ее основания. Какую работу совершит мальчик при поднятии санок на горку? Масса санок  $m$ , коэффициент трения санок о снег  $\mu$ .

**865.** Оцените размер атома ртути, если известны:  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения ртути (в единицах энергия/площадь),  $\rho$  – плотность ртути,  $r$  – удельная теплота парообразования ртути.

**866.** Электролитическая ванна подключена через идеальный диод к сети переменного напряжения (рис. 15). Найдите показания теплового амперметра (А), если известно, что за время  $t = 1$  ч на катоде выделяется  $m = 1,078$  г меди. Электрохимический эквивалент меди  $k = 0,33 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл.

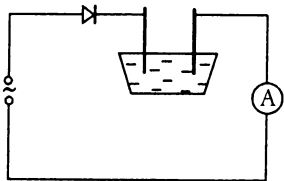


Рис. 15

**867.** Представьте себе, что вы стоите перед большим листом толстого прозрачного стекла (например, перед стеклянной витриной). Каким образом можно определить толщину стекла, если доступа к его краям нет (скажем, края стекла замурованы в стену), в помещение за стеклом проникнуть нельзя, разбить стекло тоже нельзя? В вашем распоряжении имеются линейка, угольник, бумага, карандаш и карманный калькулятор для проведения расчетов.

**868.** Колечки  $O$  и  $O'$  надеты на вертикально закрепленные стержни  $AB$  и  $A'B'$  (рис. 16). Нерастяжимая нить привязана к кольцу  $O$ , пропущена через кольцо  $O'$  и закреплена в точке  $A'$ . В тот момент, когда  $\angle AOO' = \alpha$ , кольцо  $O'$  движется вниз со скоростью  $v$ . Найдите скорость кольца  $O$  в этот момент.

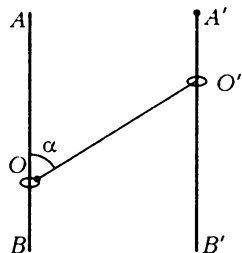


Рис. 16

**869.** Вертикальная длинная кирпичная труба заполнена чугуном. Нижний конец трубы поддерживается при температуре  $T_1 > T_{пл}$  ( $T_{пл}$  – температура плавления чугуна), верхний – при температуре  $T_2 < T_{пл}$ . Теплопроводность у расплавленного чугуна в  $k$  раз больше, чем у твердого. Какая часть металла находится в расплавленном состоянии?

**870.** Одноатомный идеальный газ расширяется так, что его молярная теплоемкость  $c_A$  остается постоянной; при этом газ совершает работу  $A = 165$  Дж. Затем газ изохорически нагревают до первоначальной температуры, для чего к нему подводят количество теплоты  $Q = 125$  Дж. Определите  $c_A$ .

**871.** Первоначально незаряженный конденсатор емкостью  $C$  подключают к последовательно соединенным батарее напряжением  $U_0$  и катушке индуктивностью  $L$ . Ток через катушку вначале увеличивается, а затем уменьшается. В тот момент, когда ток становится равным нулю, конденсатор отключают от схемы и подключают вновь, поменяв местами его выводы. Какой максимальный ток будет после этого течь через катушку? Как изменится этот ток, если процесс переключения повторить 1984 раза? Сопротивлением цепи пренебречь.

**872.** Длинные сани, скользящие по очень гладкому льду, въезжают на асфальт и останавливаются, не пройдя половины своей длины. После этого саням резким толчком сообщают первоначальную скорость, и через некоторое время они вновь останавливаются. Как относятся времена торможения в первом и во втором случаях? Как относятся пути торможения?

**873.** Вымпел на мачте корабля образует угол  $60^\circ$  с курсом корабля при его скорости  $20$  км/ч. Не меняя курса, корабль увеличил скорость в 2 раза, и угол стал равным  $30^\circ$ . Найдите по этим данным скорость ветра (считая ее неизменной). При какой скорости корабля угол станет равным  $90^\circ$ ?

**874.** Автомобиль движется вдоль прямой  $OO'$  (рис. 17) и в точке  $A$  начинает поворачивать, не снижая скорости. В точке  $B$  автомобиль сбил придорожный столбик. Оцените скорость, с

которой мог ехать автомобиль. Считайте сцепление шин с асфальтом хорошим. Руль автомобиля управляет его передними колесами.

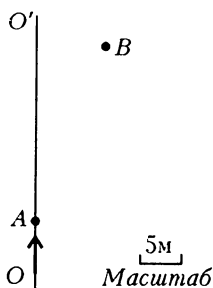


Рис. 17

**875.** По горизонтальным параллельным рельсам, расстояние между которыми  $d$ , может скользить без трения перемычка, масса которой  $m$  (рис.18). Рельсы соединены резистором сопротивления

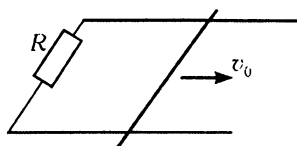


Рис. 18

ем  $R$  и помещены в вертикальное магнитное поле, индукция которого  $B$ . Перемычке сообщают скорость  $v_0$ . Найдите путь, пройденный перемычкой до остановки. Как зависит ответ от направления вектора магнитной индукции?

**876.** Два спутника движутся по одной орбите на небольшом, по сравнению с радиусом  $R_0$  Земли, расстоянии друг от друга. Расстояние это при движении периодически меняется от  $l_1$  до  $l_2$ . Определите минимальное и максимальное удаления спутников от центра Земли, если период обращения спутников  $T$ .

**877.** При каких положениях точечного источника света относительно тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 1$  м можно хотя бы из одной точки видеть одновременно изображение и источник?

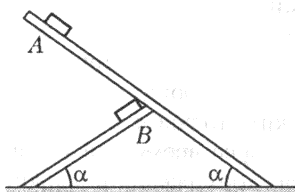


Рис. 19

**878.** Два гладких желоба, образующих с горизонтом углы  $\alpha$ , расположены в одной вертикальной плоскости (рис.19). Из точки  $A$  одного желоба и из точки  $B$  другого желоба одновременно без начальных скоростей начинают соскальзывать два тела. Время движения до горизонтальной плоскости первого тела (из точки  $A$ )  $t_1$ , второго  $t_2$ . Через какое время после начала движения тел расстояние между ними было наименьшим?

**879.** Вагон массой  $M$ , установленный на рессорах жесткостью  $k$ , катится по горизонтальному участку пути со скоростью  $v_0$ . После прохождения прямолинейного наклонного участка пути с

перепадом высот  $H$ , составляющего угол  $\alpha$  с горизонтом, вагон приобретает скорость  $v_x$ . Определите значение  $v_x$ , пренебрегая трением в колесах. Считать, что период колебаний вагона на рессорах много меньше времени прохождения наклонного участка пути и много больше времени прохождения скруглений, сопрягающих наклонный и горизонтальный участки пути; рессоры «пружинят» только в направлении, перпендикулярном плоскости рельсов.

**880.** Клеи состоят из двух одинаковых частей, скрепленных осью в точке  $O$  (рис.20). Какова сила, действующая на ось, если свободные концы клещей сжимают с силой  $F$ ? Трение в оси отсутствует.

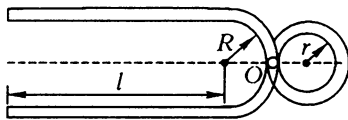


Рис. 20

**881.** Над газом совершают два тепловых процесса, нагревая его из одного и того же состояния до одной и той же конечной температуры. На  $p$ - $V$ -диаграмме процессы изображаются прямыми линиями (рис.21). При каком из процессов газу сообщается большее количество теплоты?

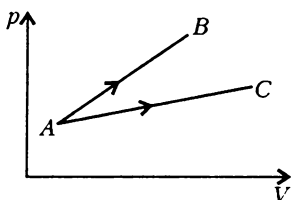


Рис. 21

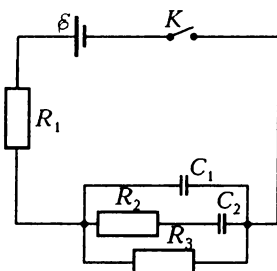


Рис. 22

**882.** В схеме, приведенной на рисунке 22,  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ,  $C_1 = C_2 = C$ . Определите величину тока через идеальный источник с ЭДС  $\varepsilon$ : а) в первый момент времени после замыкания ключа  $K$ ; б) спустя большой промежуток времени.

**883.** При разрыве неподвижного зенитного снаряда он разлетается на очень большое число осколков, летящих равномерно во все стороны со скоростью  $v_0$ . Такой снаряд, летящий вниз со скоростью  $u$ , разрывается на высоте  $H$  над землей. Когда осколки будут падать на землю наиболее часто?

**884** (задача Н.Е.Жуковского). Жук ползет по жесткой (непрогибающейся) соломинке, опирающейся на гладкий пол и гладкую вертикальную стенку. Соломинка однородная, длина ее  $l$ , масса  $m$ ; масса жука  $M$  ( $M \gg m$ ). Соломинка образует угол



$\alpha$  с горизонтом. Начальная скорость жука в верхней точке  $B$  была равна  $v_0$ . Как должен двигаться жук, чтобы соломинка оставалась неподвижной? Как зависит ускорение жука от пройденного им вдоль соломинки расстояния? За какое время жук доползет до нижней точки  $A$ ? Сможет ли жук подняться по соломинке из точки  $A$  в точку  $B$ ?

**885.** Концы однородного стержня постоянного сечения поддерживаются при температурах  $t_1$  и  $t_2$  ( $t_2 > t_1$ ). Температурный коэффициент линейного расширения материала стержня равен  $\alpha$ . Чему равна длина стержня, если при  $0^\circ\text{C}$  она была  $l_0$ ?

**886.** По двум параллельным металлическим направляющим, наклоненным под углом  $\alpha$  к горизонту и расположенным на расстоянии  $b$  друг от друга, может скользить без трения металлическая перемычка массой  $m$ . Направляющие замкнуты снизу на незаряженный конденсатор емкостью  $C$ , и вся конструкция находится в магнитном поле, индукция которого равна  $B$  и направлена вертикально (рис.23). В начальный момент перемычку удерживают на расстоянии  $l$  от основания «горки». За какое время перемычка достигнет основания «горки» после того, как ее отпустят? Какую скорость она будет иметь у основания? Сопротивлением проводников пренебречь.

**887.** На прозрачное стеклянное тело, представляющее собой два соединенных основаниями конуса, падает пучок параллельных световых лучей, имеющий круглое сечение диаметром  $d$  (рис.24). Размеры тела указаны на рисунке; показатель преломления стекла  $n$ . Какая картина будет наблюдаться на экране, установленном на расстоянии  $l$  от тела?

**888.** На рисунке 25 изображена принципиальная схема гравиметра – прибора для измерения вариаций ускорения свободного падения  $g$ . В теплоизолированных газовых баллонах 1 и 2 давления равны  $p_1 \approx 2 \cdot 10^4$  Па и  $p_2 \approx 3 \cdot 10^4$  Па. Цилиндрические сосуды  $A$  и  $B$  радиусом 10 см и соединяющая их трубка

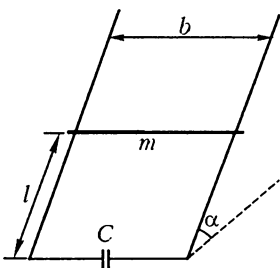


Рис. 23

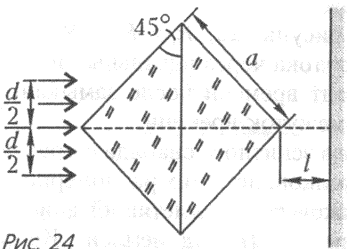


Рис. 24

заполнены ртутью. Поверх ртути налита очень легкая жидкость – толуол; эта жидкость заполняет также частично капилляры радиусом 1 мм, соединяющие сосуды *A* и *B* с баллонами 1 и 2. Опишите процесс измерения вариаций ускорения  $g$  с помощью этого прибора. Какова величина вариаций  $g$ , которые можно зарегистрировать этим гравиметром, если известно, что при измерениях в разных пунктах изменения разности горизонтальных смещений толуола в капиллярах могут достигать нескольких миллиметров (до 1 см)? Температура во время разных измерений поддерживается постоянной.

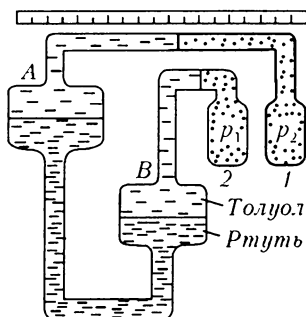


Рис. 25

**889.** Солнце находится на угловой высоте  $\varphi$  над горизонтом. Под каким углом к поверхности Земли нужно бросить тело в вертикальной плоскости, проходящей через Солнце, чтобы тень прошла наибольший путь по Земле?

**890.** Кристаллы железа при температуре до  $910^\circ\text{C}$  состоят из элементарных ячеек, имеющих форму куба с длиной ребра  $a_1 = 2,87 \cdot 10^{-10}$  м. Атомы железа располагаются в вершинах куба и в его центре (рис.26,а). Такая разновидность элемента –

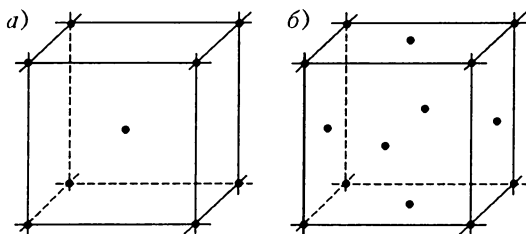


Рис. 26

с объемноцентрированной кубической решеткой – называется альфа-железом ( $\text{Fe}_\alpha$ ). При температуре выше  $910^\circ\text{C}$  ячейки кристалла железа представляют собой гранецентрированный куб с длиной ребра  $a_2 = 3,63 \cdot 10^{-10}$  м. Атомы располагаются в вершинах куба и в центрах его граней (рис.26,б). Такая разновидность элемента называется гамма-железом ( $\text{Fe}_\gamma$ ). Одинаковы ли плотности железа в этих состояниях? Относительная атомная масса железа  $A = 55,847$ .

**891.** Как изменится емкость проводящей сферы, если в ней сделать вмятину?

**892.** На стеклянный шарик радиусом  $R$  падает луч света, направленный вдоль радиуса. На расстоянии  $r$  от центра шарика свет рассеивается равномерно по всем направлениям на маленьком воздушном пузырьке, образовавшемся при изготовлении шарика. Определите зависимость доли выходящего из шарика света от  $r$ . Показатель преломления стекла  $n$ . Потерями света в стекле пренебречь.

**893.** Для измерения распределения скорости ветра по высоте используются шары-зонды, которые имеют постоянную вертикальную скорость подъема. При запуске такого шара была получена зависимость угла  $\alpha$  возвышения шара над горизонтом от времени (рис.27,а). Полагая скорость ветра у поверхности

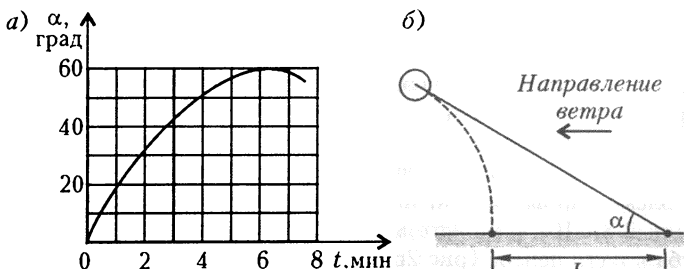


Рис. 27

земли равной нулю, а расстояние от места запуска шара до наблюдателя равным  $L = 1$  км (рис.27,б), определите высоту подъема шара через 7 мин после запуска и скорость ветра на этой высоте.

**894.** В одном из проектов для перелетов космических аппаратов в Солнечной системе предполагалось использовать солнечный парус площадью  $S = 1$  км<sup>2</sup>. Парус раскрывается, когда аппарат движется вокруг Солнца по земной орбите, радиус которой  $R_3 = 1,5 \cdot 10^8$  км. При дальнейшем движении парус постоянно ориентирован перпендикулярно солнечным лучам, давление которых на земной орбите составляет  $p = 10^{-5}$  Па.

1) При какой массе космического аппарата он может улететь из Солнечной системы? 2) При какой максимальной массе аппарат может достичь орбиты Марса, радиус которой  $R_M = 2,3 \cdot 10^8$  км? Гравитационное влияние Земли и других планет не учитывать. Произведение массы Солнца на гравитационную постоянную равно  $M_{\odot}G = 1,3 \cdot 10^{11}$  км<sup>3</sup>/с<sup>2</sup>.

**895.** Одна из гипотез о происхождении пояса астероидов восходит к древнегреческой легенде о сыне бога солнца Гелиоса – Фаэтоне, пораженном Зевсом (Юпитером). Согласно этой гипотезе, рой каменных глыб, из которого должна была сформироваться планета Фаэтон, слишком близко подошел к Юпитеру. Под влиянием гравитационного поля Юпитера рой распался на отдельные глыбы – астеронды. Радиус роя по оценкам составлял примерно  $10^4$  км; масса роя (суммарная масса астероидов) в  $10^6$  раз меньше массы Юпитера. На каком расстоянии от центра Юпитера должен был пройти рой, чтобы он начал разваливаться?

**896.** В замкнутом сосуде находятся насыщенный водяной пар при температуре  $100^\circ\text{C}$  и остатки воды. Масса пара  $M = 100$  г, масса воды  $m = 1$  г. Сосуд нагревают, пока вся вода не испарится. До какой температуры надо нагреть сосуд? Какое количество теплоты для этого потребуется? Давление насыщенного водяного пара возрастает на  $3,7$  кПа при повышении температуры на  $1^\circ\text{C}$ . Удельная теплота испарения воды  $r = 2,25 \cdot 10^6$  Дж/кг, удельная теплоемкость водяного пара  $c = 1,38 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К).

**897.** Находящаяся на бесконечности в состоянии покоя заряженная частица притягивается однородно заряженным полукольцом вдоль линии  $AB$  (рис.28). Отношение скоростей частицы в точках  $A$  и  $B$  равно  $v_A/v_B = n$ . Найдите отношение ускорений частицы в этих точках.

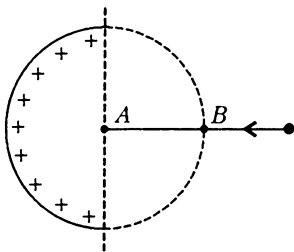


Рис. 28

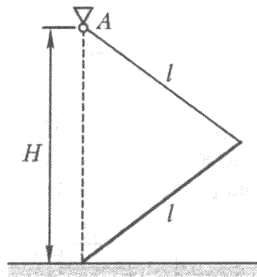


Рис. 29

**898.** Однородная палочка длиной  $l$  связана невесомой нитью той же длины с неподвижной точкой  $A$  (рис.29). Нижний конец палочки может скользить без трения по горизонтальному столу. Расстояние от точки  $A$  до стола равно  $H$  ( $l < H < 2l$ ). Палочка начинает двигаться без начальной скорости из положения, изображенного на рисунке. Найдите максимальную скорость центра палочки при последующем движении.

**899.** На дне большого закрытого сосуда, заполненного водой, лежит перевернутая чашка массой  $m$ . Чашка имеет форму цилиндра радиусом  $R$  и высотой  $R$  с полусферической полостью, радиус которой также равен  $R$  (рис.30). Пустота заполнена ртутью. Воду из сосуда начинают медленно откачивать. 1) Определите, при какой высоте  $h$  столба воды в сосуде чашка оторвется от его дна и ртуть начнет вытекать из-под ее краев. 2) Найдите высоту ртути в полости, когда из сосуда откачают всю воду. Давлением паров воды пренебречь. Плотность воды  $\rho$  и плотность ртути  $\rho_1$  считать известными.

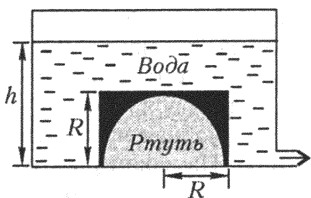


Рис. 30

Примечание. Объем шарового сегмента высотой  $H$  и радиусом  $R$  равен  $\pi H^2 (R - H/3)$ .

**900.** Часть графика, изображающего процесс, происходивший с идеальным одноатомным газом, утеряна (рис.31). Масштабы по обеим осям известны (они указаны на рисунке). В течение всего процесса перехода из состояния 1 в состояние 2 газ отдал столько же тепла, сколько получил. Найдите работу, совершенную газом в этом процессе.

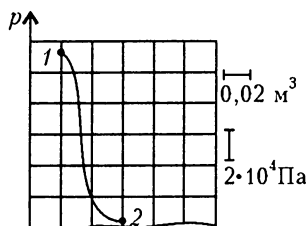


Рис. 31

к батарее с ЭДС  $\mathcal{E}$ . После того как они полностью зарядились, их отключили от батареи. Затем к ним одновременно подключили два резистора сопротивлением  $R$  каждый так, как показано на рисунке 32. Какое количество теплоты выделится на каждом из резисторов? Чему равны токи через резисторы в момент времени, когда напряжение на среднем конденсаторе в 10 раз меньше ЭДС батареи?

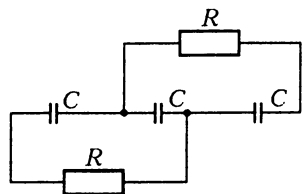


Рис. 32

**901.** Три одинаковых конденсатора, каждый емкостью  $C$ , соединили последовательно и подключили к батарее с ЭДС  $\mathcal{E}$ . После того как они полностью зарядились, их отключили от батареи. Затем к ним одновременно подключили два резистора сопротивлением  $R$  каждый так, как показано на рисунке 32. Какое количество теплоты выделится на каждом из резисторов? Чему равны токи через резисторы в момент времени, когда напряжение на среднем конденсаторе в 10 раз меньше ЭДС батареи?

**902.** Два плоских слоя толщиной  $d$  каждый равномерно заряжены по объему с плотностями зарядов  $-\rho$  и  $+\rho$ . Частица с отрицательным зарядом  $-e$  и массой  $m$  подлетает к положительно заряженному слою со скоростью  $v$ , направленной под углом  $\alpha$  к поверхности слоя (рис.33). 1) При

каком значении скорости частица не сможет проникнуть в отрицательно заряженный слой? 2) Через сколько времени и на каком расстоянии от точки  $A$  частица в этом случае покинет положительно заряженный слой?

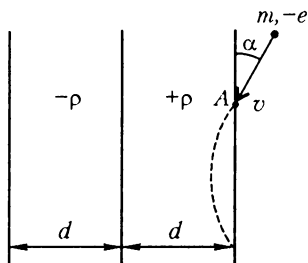


Рис. 33

**903.** На верхней образующей гладкого цилиндра радиусом  $R$ , ось которого наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту, укреплена гибкая невесомая веревка длиной  $l$  (рис. 34). К другому концу веревки прикреплен небольшой груз. Определите: 1) длину свисающей части веревки в положении равновесия груза; 2) период малых колебаний груза в вертикальной плоскости, параллельной оси цилиндра.

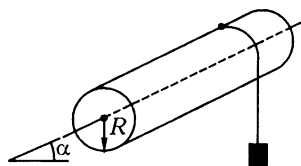


Рис. 34

**904.** Сферу радиусом  $R$ , составленную из двух одинаковых плотно пригнанных тонкостенных полушфер массой  $m$  каждая, наполняют жидкостью плотностью  $\rho$ . 1) Какую вертикальную силу надо приложить к нижней полушфере, чтобы жидкость не выливалась, если верхняя сфера закреплена? 2) С какой силой надо сжимать левую и правую полушферы, чтобы жидкость не выливалась?

**905.** Тонкостенный заполненный газом цилиндр массой  $M$  с высотой  $H$  и площадью основания  $S$  плавает в воде. В результате потери герметичности в нижней части цилиндра его глубина погружения увеличилась на  $\Delta H$ . Каково было начальное давление газа в цилиндре? Атмосферное давление  $p$ , температура не меняется.

**906.** Проводник, сопротивление которого зависит от температуры, подключили к источнику постоянного напряжения  $U$ . Сопротивление проводника меняется в зависимости от температуры по закону  $R = R_0(1 - \mu t)$ , где  $R_0$  – сопротивление при  $t = 0^\circ\text{C}$ ,  $\mu > 0$ . Определите установившуюся температуру проводника, если температура окружающей среды  $0^\circ\text{C}$ , а тепловая мощность, выделяемая проводником в окружающую среду, равна  $W = b \cdot \Delta t$ , где  $\Delta t$  – разность температур проводника и среды. Изменением размеров проводника из-за теплового расширения пренебречь.

**907.** Два металлических шара массой  $m$  каждый с радиусами  $r$  и  $2r$  помещены в электрическое поле, напряженность которого направлена от большего шара к меньшему и равна  $E$ . Расстояние между центрами шаров  $R_0 = 4r$ . Большой шар несет заряд  $q$  (причем  $kq/r^2 \ll E$ ), малый шар не заряжен. Шары отпускают. Время между первым и вторым соударениями шаров равно  $\tau$ . Найдите время между  $n$ -м и  $(n+1)$ -м соударениями и пути, которые пройдут шары между этими соударениями. Чему равно среднее ускорение шаров за достаточно большой промежуток времени? Соударения считать абсолютно упругими.

**908.** Самолеты летят по одной прямой навстречу друг другу с одинаковыми скоростями  $v$ . Предельная дальность обнаружения равна  $l$ . Один самолет после обнаружения другого совершает разворот, не меняя значения скорости, и летит параллельно второму самолету, который продолжает лететь со скоростью  $v$ . Потеряют ли самолеты друг друга из виду после разворота, если ускорение при повороте равно  $a$ ? Спустя какое время после обнаружения надо начинать разворот, чтобы в конце разворота расстояние между самолетами оказалось наименьшим?

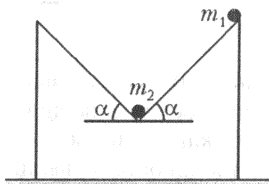


Рис. 35

каждого  $m_1$ , отпускают. При каком условии нижний шарик, масса которого  $m_2$ , начнет после этого «забираться» на горку?

**910.** На цилиндр радиусом  $R$  надето равномерно растянутое резиновое кольцо массой  $m$ . Длина кольца в нерастянутом состоянии  $\pi R$ , жесткость резины  $k$ . Цилиндр начинают раскручивать с постоянным угловым ускорением  $\beta$ . Через какое время кольцо начнет проскальзывать относительно цилиндра, если коэффициент трения кольца о цилиндр  $\mu$ ?

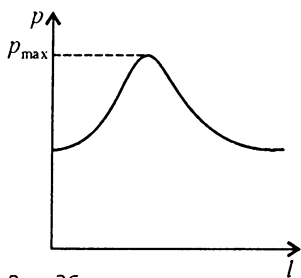


Рис. 36

**911.** На рисунке 36 приведен график изменения давления пороховых газов в стволе ружья по мере продвижения пули в стволе. Определите скорость сгорания пороха (в  $\text{кг/с}$ ) при давлении  $p_{\text{max}}$ , если ско-

рость пули в этот момент равна  $v$ . Площадь поперечного сечения ствола  $s$ . Температуру пороховых газов считать постоянной. Известно, что пороховые газы, образующиеся при сгорании массы пороха  $M$ , в объеме  $V_0$  создают давление  $p_0$ .

**912.** В катушке из сверхпроводящего провода создают постоянный ток, подключив ее к источнику тока через ключ  $K_1$  (рис.37). После этого к концам катушки подключают батарею из двух одинаковых конденсаторов, включенных параллельно. Ключ  $K_1$  размыкают, после чего ток начинает течь через конденсаторы, заряжая их. В момент времени, когда напряжение на конденсаторах максимально, а ток равен нулю, двойной ключ  $K_2$  перебрасывают из положения 1

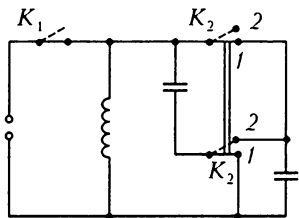


Рис. 37

в положение 2, так что конденсаторы оказываются включенными последовательно, а напряжение на катушке удваивается. Поскольку индуктивность катушки не изменилась, а напряжение возросло, максимальный ток через катушку, а значит, и запасенная энергия будут больше первоначальных. Найдите ошибку в приведенных рассуждениях.

### 1985 год

**913.** С горизонтальной поверхности земли бросили под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту со скоростью  $v_1 = 12$  м/с комок сырой глины. Одновременно комок вдвое большей массы бросили навстречу первому под углом  $\beta = 30^\circ$  к горизонту, причем начальные скорости комков оказались лежащими в одной вертикальной плоскости. В результате столкновения комки слиплись. Найдите скорость (по модулю) упавшего на землю слипшегося комка.

**914.** В закрытом сосуде объемом  $V = 33,6$  дм<sup>3</sup> находятся азот и  $\nu = 1$  моль воды. При температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  давление в сосуде  $p = 2 \cdot 10^5$  Па. Определите количество азота в сосуде.

**915.** Жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  протекает между пластинами изолированного плоского конденсатора со скоростью  $v$ . Перпендикулярно скорости и параллельно пластинам направлено магнитное поле с индукцией  $B$ . Определите напряжение на пластинах конденсатора. Расстояние между пластинами  $d$ .

**916.** В схеме, приведенной на рисунке 38 ( $D$  – идеальный диод), ключ  $K$  замыкают на время  $\tau$ , а затем размыкают. В



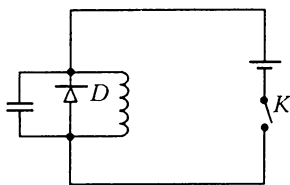


Рис. 38

момент размыкания сила тока в катушке индуктивности равна  $I_0$ . Через сколько времени после размыкания ключа ток  $I_L$  в катушке достигнет максимального значения, если оно равно  $2I_0$ ? Постройте график зависимости  $I_L$  от времени  $t$  ( $0 < t < \infty$ ).

**917.** Предмет находится между линзой и плоским зеркалом, перпендикулярным главной оптической оси линзы. Зеркало, линза и предмет заключены в кожух из светопропускаемой матовой пластмассы. Такая система создает два изображения предмета и изображение линзы. Оба изображения предмета имеют одинаковые размеры независимо от расстояния между линзой и предметом. С каким увеличением изображается линза?

**918.** Пара одинаковых грузиков  $A$  и  $B$ , связанных невесомой нитью длиной  $l$ , начинает соскальзывать с гладкого стола высотой  $l$ , причем в начальный момент грузик  $B$  находится на высоте  $h = 2l/3$  от пола (рис.39). Достигнув пола, грузик  $B$  прилипает к нему; грузик  $A$  в этот момент слетает со стола. На какой высоте над уровнем пола будет грузик  $A$ , когда нить вновь окажется натянутой?

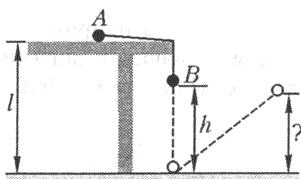


Рис. 39

**919.** На рисунке 40 показано долевое сечение прибора, используемого в качестве эталона длины. Центральный стержень  $C$  и внешняя оболочка  $A$  прибора сделаны из материала с коэффициентом теплового расширения  $\alpha_1$ ; их длины при  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  одинаковы и равны  $l$ . Внутренняя труба  $B$  сделана из материала с коэффициентом теплового расширения  $\alpha_2$ . Какой должна быть длина внутренней трубы при  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ , чтобы при изменении температуры полная длина эталона  $CD$  не менялась?

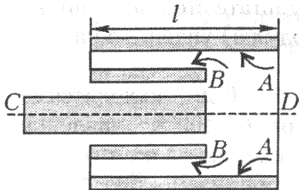


Рис. 40

**920.** Через трубку переменного сечения продувают воздух. Входное отверстие трубки имеет площадь  $S_1$ , выходное —  $S_2$ . На входе скорость воздуха  $v_1$ , температура  $T_1$ , давление  $p_1$ ; на выходе температура воздуха  $T_2$ , давление  $p_2$ . Какова скорость воздуха на выходе?

**921.** Плоский конденсатор подключен к источнику напряжения  $U$ . Пластины конденсатора имеют площадь  $S$  каждая, расстояние между пластинами  $d_1$ . К одной пластине прижата металлическая пластинка площадью  $S$  и толщиной  $d_2$  (рис.41), имеющая массу  $m$ . Пластинку опускают. С какой скоростью она ударится о другую пластину конденсатора? Влиянием силы тяжести пренебречь.

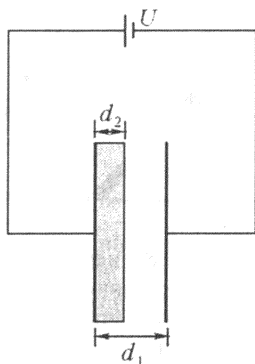


Рис. 41

**922.** Фотографируя муравья с близкого расстояния, экспериментатор использовал удлинительное кольцо, которое увеличило расстояние от пленки до объектива на  $\Delta l = 7,5$  мм. Резкое изображение муравья получилось в том случае, когда на шкале объектива было установлено расстояние  $b = 1,05$  м (на шкале указываются значения расстояний от предмета до объектива без использования удлинительных колец). Фокусное расстояние объектива  $F = 50$  мм. На каком расстоянии от объектива находился муравей? Объектив считать тонкой линзой.

**923.** На гладкой горизонтальной плоскости лежат два касающихся друг друга диска, скрепленных нерастяжимой нитью (рис.42). Диск радиусом  $R$  начинает вращаться вокруг неподвижной вертикальной оси, проходящей через его центр, причем скорость вращения линейно возрастает со временем. В некоторый момент диск меньшего радиуса  $r$  отрывается от большого диска (перестает его касаться). На какой угол повернется к этому моменту большой диск? Трение между дисками отсутствует. Считать, что вся масса каждого диска сосредоточена в его центре.

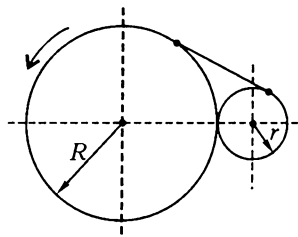


Рис. 42

**924.** В жаркую погоду для быстрого охлаждения воды ее наливают в обросшую льдом формочку, вынутую из морозильной камеры холодильника. Воду «перекачивают» от одного края формочки к другому, потом выливают. Оцените, больше или меньше воды становится при этой операции.

**925.** Две одинаковые массивные трубы скатываются с горок одинаковой высоты, но разного профиля (рис.43). По первой горке каждая труба на всем участке движется без проскальзыва-

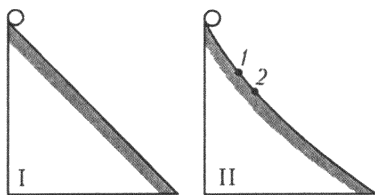


Рис. 43

ния; на второй горке имеется абсолютно гладкий участок 1-2, но в конце пути (у подножия горки) труба вновь движется без проскальзывания. У какой трубы в конце горки скорость больше?

**926.** В пространстве находятся 1985 неслепяющихся металлических шаров, заряды которых равны,  $q, -2q, 3q, -4q, \dots, -1984q, 1985q$  ( $q > 0$ ). Докажите, что среди них есть шар, у которого поверхностная плотность заряда всюду неотрицательна. Расстояния между шарами конечны.

**927.** Через сцинтилляционный счетчик, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, пролетает заряженная частица, и молекулы сцинтиллятора, находящиеся на ее траектории, испускают свет. Свет в каждой точке испускается изотропно, т.е. равномерно во все стороны. Какая доля световой энергии выйдет из сцинтиллятора в воздух, если коэффициент преломления вещества сцинтиллятора  $n = 1,6$ ? Поглощением света в сцинтилляторе пренебречь.

*Примечание.* Телесный угол при вершине конуса равен  $\Omega = 2\pi(1 - \cos \theta)$ , где  $\theta$  — угол между осью конуса и его образующей.

**928.** Два одинаковых гладких полуцилиндра, общая масса которых  $m$ , подвешены на нерастяжимой невесомой нити так, как показано на рисунке 44. Чему равны сила натяжения нити и сила давления одного полуцилиндра на другой?

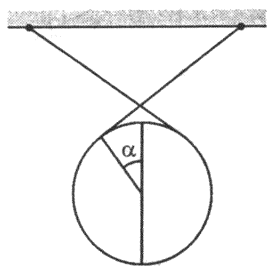


Рис. 44

**929.** Известно, что, охлаждая сосуд с водой и одновременно откачивая газ из сосуда, можно довести воду до кипения. Возможно ли закипание жидкости при охлаждении замкнутого сосуда с жидкостью и газом?

**930.** Плотности поверхностного заряда на прямоугольных пластинах плоского конденсатора равны  $+\sigma$  и  $-\sigma$ . Расстояние между пластинами много меньше размеров пластин. Определите напряженность электрического поля в точке  $A$  (рис.45).

**931.** Точечный источник света расположен на расстоянии  $2F$  от линзы с фокусным расстоянием  $F$  и радиусом  $R$  (рис.46). На расстоянии  $3F$  от линзы расположен экран. За линзой установ-

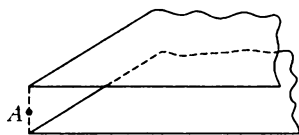


Рис. 45

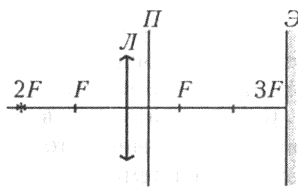


Рис. 46

лена круглая пластинка, пропускающая свет неравномерно (радиус пластинки не меньше радиуса линзы). При этом пятно, получающееся на экране, имеет равномерную максимально возможную освещенность. Как распределена «пропускная способность» пластинки вдоль ее радиуса?

**932.** Настройка гитары состоит в следующем: зажимая в определенном месте вторую струну, добиваются, чтобы она звучала в унисон с первой, далее так же настраивают другие струны. Может ли человек, у которого абсолютно отсутствует музыкальный слух (т.е. умение различать звуки по высоте), настроить гитару?

**933.** Два куска сахара можно поместить в стакан с чаем различными способами. Можно просто положить сахар на дно, а можно установить куски «враспор», если стакан имеет коническую форму (рис.47). В каком случае сахар растворится скорее, если чай не перемешивать?

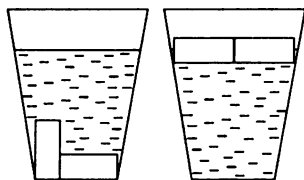
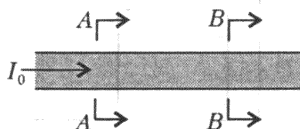


Рис. 47

**934.** Теплоизолированный сосуд разделен на две части легким поршнем. В левой части сосуда находится  $m_1 = 3$  г водорода при температуре  $T_1 = 300$  К, в правой части —  $m_2 = 16$  г кислорода при температуре  $T_2 = 400$  К. Поршень слабо проводит тепло, и температура в сосуде постепенно выравнивается. Какое количество теплоты отдаст кислород к тому моменту, когда поршень перестанет двигаться?

**935.** По длинному прямому проводнику постоянного сечения течет ток  $I_0$ . На участке  $AB$  проводника (рис.48) его удельное сопротивление уменьшается от  $\rho_1$  в сечении  $A-A$  до  $\rho_2$  в сечении  $B-B$ . Какой по величине и знаку объемный заряд образуется на участке  $AB$ ?



**936.** По длинному сверхпроводящему соленоиду с индуктивностью

Рис. 48

$L_0 = 1$  Гн, содержащему  $N = 200$  витков, течет ток  $I_0 = 0,1$  А. Издали к соленоиду подносят замкнутый проводящий виток того же радиуса, что и витки соленоида; индуктивность витка  $L_1 = 1 \cdot 10^{-3}$  Гн. Виток вставляют между витками соленоида соосно с ними. Как изменится ток, текущий по соленоиду? Как изменится энергия системы?

**937.** На вертикальной стене нарисован человечек «ростом»  $h = 20$  см, голова человечка находится на высоте  $H = 2$  м над полом. При помощи линзы с фокусным расстоянием  $F = 0,1$  м получают изображение человечка на полу. Найдите размер наиболее четкого изображения.

**938.** Пилот космического корабля, движущегося со скоростью  $v = 1$  км/с, заметил прямо по курсу астероид диаметром  $d = 7$  км, когда до его поверхности оставалось  $l = 8,5$  км. Космонавт сразу же включил аварийные двигатели; они за пренебрежимо малое время сообщают кораблю дополнительную скорость  $\Delta v = 300$  м/с, направление которой задается космонавтом. Может ли корабль избежать столкновения?

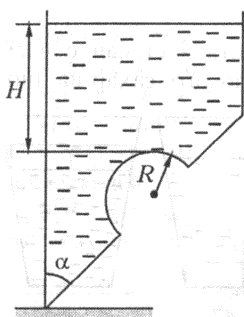


Рис. 49

**939.** Дно сосуда наклонено под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту, в дне имеется полусферическая выпуклость радиусом  $R$  (рис. 49). Высота столба жидкости над выпуклостью равна  $H$ . Какая вертикальная сила действует со стороны жидкости на выпуклый участок дна? Плотность жидкости  $\rho$ .

**940.** Почему при кладке кирпичных печей для скрепления кирпичей используют глиняный раствор, а не, например, цементный (хотя он более твердый)?

**941.** В магнитном поле постоянного прямолинейного тока  $I$  находится квадратная металлическая рамка  $ABCD$  (рис. 50). Рамку переводят в новое положение, показанное на рисунке пунктиром. Это можно сделать двумя способами: равномерным поворотом вокруг стороны  $CD$  или равномерным параллельным переносом вдоль  $AD$ . При каком способе выделится больше тепла, если время перевода рамки в новое положение в обоих случаях одно и то же?

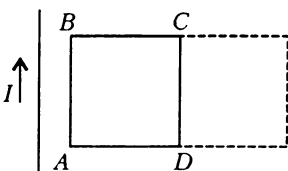


Рис. 50

**942.** Плоская световая волна падает нормально на экран Э (рис. 51). Как изменится освещенность экрана

в точке  $M$ , если на пути волны поместить полубесконечную непрозрачную пластину  $\Pi$ , параллельную экрану?

**943.** Небольшое тело падает с огромной высоты на землю. Считая удар тела о землю абсолютно упругим, определите ускорение тела сразу после того, как оно отскочит от земли.

**944.** На твердое тело, движущееся поступательно по шероховатой горизонтальной поверхности, в момент времени  $t_0 = 0$ , когда скорость тела равна  $v_0$ , начинает действовать сила  $F(t)$ , направленная все время вдоль вектора  $\vec{v}_0$  и возрастающая со временем.

Через время  $t$  скорость тела оказывается равной  $v_t$ , причем  $v_t = 5$  м/с, если  $v_0 = 1$  м/с, и  $v_t = 13$  м/с, если  $v_0 = 10$  м/с. Найдите зависимость  $v_t = f(v_0)$  при всех возможных  $v_0$ .

**945.** Определите отношение коэффициентов полезного действия двух циклических процессов, проведенных с идеальным газом (рис.52): первый процесс  $1-2-3-4-1$ , второй процесс  $5-6-7-4-5$ .

**946.** Два одинаковых точечных заряда  $q > 0$  находятся на расстоянии  $l$  друг от друга. На какое минимальное расстояние «подойдет» к плоскости симметрии  $\Pi$  (рис.53) силовая линия, выходящая из левого заряда под углом  $\alpha$  к прямой, соединяющей заряды? Под каким углом к плоскости симметрии будет расположена эта линия при удалении на большое расстояние от зарядов?

**947.** Оболочка космической станции представляет собой зачерненную сферу, температура которой за счет работы аппаратуры внутри станции устанавливается равной  $T = 500$  К. Какой будет температура оболочки, если станцию окружить тонким черным сферическим экраном почти такого же радиуса, как оболочка? Количество теплоты, излучаемое с единицы

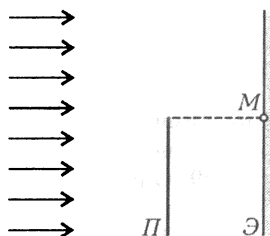


Рис. 51

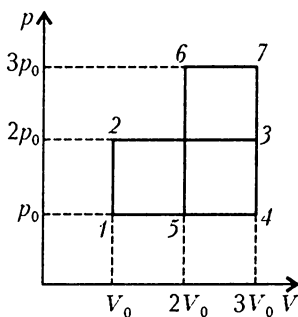


Рис. 52

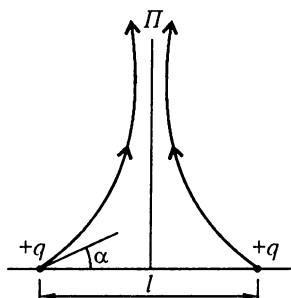


Рис. 53

площади поверхности, пропорционально четвертой степени абсолютной температуры.

**948.** Известно, что в небольшой «просвет» между машиннами, стоящими у тротуара, рекомендуется заезжать задним ходом, а не передним. Почему?

**949.** Одинаковы ли показания термометров, один из которых помещен у поверхности кипящей жидкости, а другой – в ее глубине?

**950.** В запаянной капиллярной трубке находятся два столбика ртути, разделенные каплей водного раствора электролита  $\text{HgI}_2$ . Внутренний диаметр трубки  $d = 0,3$  мм. Трубка подключена последовательно с резистором сопротивлением  $R = 390$  кОм к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В (рис.54). Через какое время капля сместится на одно деление шкалы?

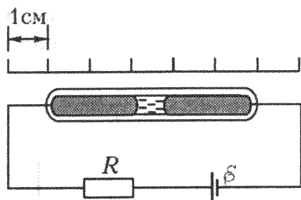


Рис. 54

рисунке 55. У каждого конденсатора указано значение его емкости, измеренной в микрофарадах.

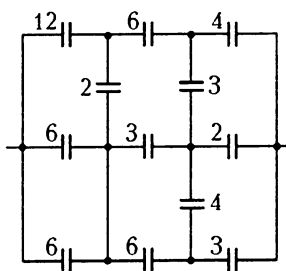


Рис. 55

**951.** Определите емкость системы конденсаторов, приведенной на

**952.** Наблюдатель рассматривает удаленный предмет и фотографию этого предмета, сделанную из той точки, в которой находится наблюдатель. Что ему кажется большим – предмет или его фотографическое изображение? Во сколько раз? Фотография была сделана аппаратом, объектив которого имеет фокусное расстояние  $F = 3$  см; при печатании снимка было сделано увеличение  $k = 2,5$ .

**953.** Для точной подстройки частоты вращения диска электропроигрывателя ( $33\frac{1}{3}$  оборота в минуту) на его боковую поверхность наносят метки, которые освещают неоновой лампочкой с частотой 100 вспышек в секунду. Каким должно быть число меток, чтобы при номинальной скорости они казались неподвижными? После отключения двигателя силы сухого трения тормозят диск, и метки начинают бежать. За первые 4 с мимо точки наблюдения «пробегают» 10 меток. Через какое время диск остановится? Через какой промежуток времени метки «побегут» в другую сторону?

**954.** Декоративная квадратная штора размером  $1,5 \times 1,5$  м висит на карнизе вдоль вертикальной стены. Нижний край шторы поднимают вровень с верхним, так что штора оказывается сложенной вдвое, и отпускают. Найдите зависимость силы, действующей на карниз, от времени. Штора тонкая, гладкая и имеет массу 3 кг.

**955.** Смесь газов, состоящую из  $m_1 = 100$  г азота и неизвестного количества кислорода, подвергают изотермическому сжатию при температуре  $T = 74,4$  К. График зависимости давления смеси газов от ее объема приведен на рисунке 56 (в условных единицах). Определите массу кислорода. Рассчитайте давление насыщенных паров кислорода при этой температуре.

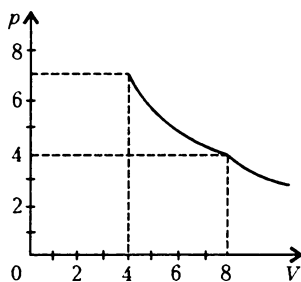


Рис. 56

*Примечание.* Температура  $T = 74,4$  К – это температура кипения жидкого азота при нормальном давлении; кислород кипит при более высокой температуре.

**956.** В одном из вариантов классического опыта, поставленного академиком И.К.Кикоиным, однослойная короткозамкнутая катушка индуктивностью  $L = 3 \cdot 10^{-5}$  Гн из тонкой сверхпроводящей проволоки подвешивалась на упругой нити в магнитном поле, направленном вертикально вверх вдоль оси катушки (рис.57). Нить подвеса в исходном состоянии не закручена, сила тока в катушке равна нулю. Индукция  $B$  магнитного поля медленно увеличивалась от нулевого значения до значения  $B_0 = 0,1$  Тл, при котором сверхпроводимость скачком исчезала и проволока переходила в нормальное состояние. Катушка при этом закручивалась. Определите максимальный угол закручивания катушки, считая, что упругий момент нити пропорционален углу закручивания (коэффициент пропорциональности  $\delta = 10^{-7}$  Н·м/рад). Число витков катушки  $n = 100$ , радиус витков  $R = 1$  см, масса катушки  $M = 10$  г. Отношение заряда электрона к его массе  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

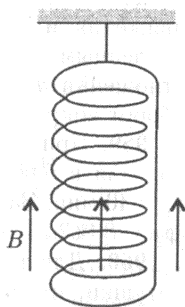


Рис. 57

**957.** Распространение коротких радиоволн в верхних слоях атмосферы Земли (ионосфере) можно описывать законами геометрической оптики, если принять, что показатель преломления



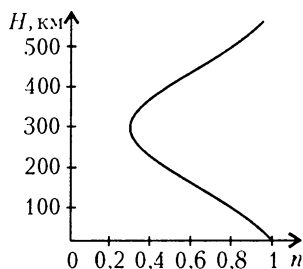


Рис. 58

$n$  для радиоволн меньше единицы и для некоторой частоты  $\nu$  изменяется с высотой  $H$  от поверхности Земли так, как показано на рисунке 58. На спутнике, летящем на высоте  $h = 200$  км, установлен радиопередатчик, излучающий радиоволны частотой  $\nu$  равномерно по всем направлениям. Пренебрегая поглощением радиоволн в ионосфере, оцените долю излучаемой передатчиком мощности, которая уносится радиоволнами за пределы земной атмосферы. При оценках поверхность Земли считать плоской, а отражение радиоволн от нее – зеркальным и без потерь.

**Примечание.** Телесный угол конуса с углом при вершине  $\beta$  равен  $\Omega = 2\pi \left(1 - \cos \frac{\beta}{2}\right)$ .

**958.** Космическая станция массой  $M$  и состыкованный с ней спутник массой  $m$  движутся вокруг Земли по круговой орбите, радиус которой  $1,25R$ , где  $R$  – радиус Земли. В некоторый момент спутник катапультируется со станции в направлении ее движения и переходит на эллиптическую орбиту с апогеем, удаленным от центра Земли на расстояние  $10R$ . При каком отношении  $m/M$  спутник встретится со станцией, совершив один оборот вокруг Земли?

**959.** При относительной влажности воздуха  $\phi_1 = 50\%$  вода, налитая в блюдце, испарилась на открытом воздухе за время  $t_1 = 40$  мин. За какое время испарилась бы вода при влажности  $\phi_2 = 80\%$ ?

**960.** Для того чтобы получить две совершенно одинаковые катушки, их наматывают на немагнитный сердечник одновременно, используя сложенные вместе провода (рис.59). Одну из катушек подключают через ключ  $K$  к батарее  $B$  с напряжением

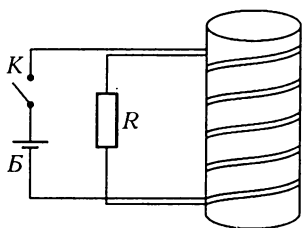


Рис. 59

$U_0$ , вторую – к резистору сопротивлением  $R$ . Ключ замыкают. Рассчитайте мощность тока в резисторе. Найдите зависимость силы тока через батарейку от времени и нарисуйте график этой зависимости. Через время  $\tau$  ключ размыкают. Какое количество теплоты выделится в резисторе, начиная с этого момента?

Индуктивность каждой из катушек  $L$ . Батарейку считать идеальной. Сопротивлением проводов пренебречь.

**961.** Для поддержания постоянной температуры воды в проточном аквариуме пользуются двумя одинаковыми нагревателями. В обычном режиме используют один из них, а если подключают параллельно второй нагреватель, то расход холодной воды приходится увеличивать в 3 раза. Как нужно изменить расход холодной воды, если нагреватели включены в сеть последовательно? Каким должен быть расход холодной воды, если включена одна спираль мощностью  $P = 100$  Вт? Температура холодной воды  $t_1 = 10^\circ\text{C}$ , температура воды в аквариуме  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ . Вода перемешивается быстро.

**962.** Точечные источники света, расположенные на главной оптической оси линзы, образуют равномерно светящуюся нить (проходящую через фокус линзы). Найдите закон  $E(x)$  изменения освещенности в точках, лежащих на той же оси по другую сторону линзы на больших от нее расстояниях  $x$  ( $x \gg F$ , где  $F$  – фокусное расстояние линзы).

**963.** Плоскости  $P$  и  $Q$  пересекаются под прямым углом, и плоскость  $P$  составляет угол  $\alpha$  с горизонтом (рис.60). Из некоторой точки  $A$  пространства на плоскость  $P$  свободно падает маленький шарик. Соударения шарика с плоскостями абсолютно упругие. При каком условии шарик вновь окажется в точке  $A$ ? Изобразите одну из возможных траекторий возвращения.

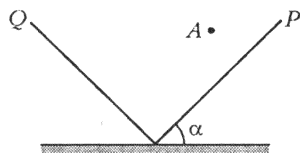


Рис. 60

**964.** Материальные точки образуют замкнутую систему. Между любыми двумя точками системы действует сила притяжения, равная  $\vec{F}_{ij} = km_i m_j \vec{r}_{ij}$ , где  $m_i$ ,  $m_j$  – массы точек,  $F_{ij}$  – сила, действующая на точку  $i$  со стороны точки  $j$ ,  $r_{ij}$  – расстояние между точками,  $k$  – постоянный коэффициент. В начальный момент все точки покоятся. Докажите, что через некоторое время все точки столкнутся. Определите это время, если известны масса всей системы  $M$  и коэффициент  $k$ .

**965.** Длинный цилиндрический сосуд наполнен идеальным газом до давления  $p_0$ . Сначала температура цилиндра поддерживается постоянной и равной  $T_0$ . Затем температуру одной из торцевых стенок сосуда повышают на  $\Delta T$ , а температура противоположной стенки остается прежней. Найдите установившееся давление в сосуде и положение центра масс газа. Считать, что  $\Delta T \ll T_0$ .

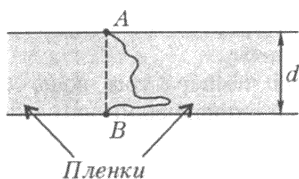


Рис. 61

Пленки  
Определите силу натяжения нити. Расстояние между «направляющими»  $d$ , длина нити  $l$  ( $l > \pi d/2$ ), коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора  $\sigma$ .

**967.** Стопку очень тонких металлических пластин, находящихся на одинаковых расстояниях друг от друга, заряжают от батарей следующим образом. Отрицательную клемму батарей соединяют с самой правой пластиной, а положительную клемму присоединяют по очереди к самой левой пластине, ко второй слева, к третьей и т.д. до предпоследней (второй справа). Найдите отношение заряда на самой правой пластине к заряду на третьей справа пластине. Считать, что толщина стопки много меньше, чем линейные размеры пластин.

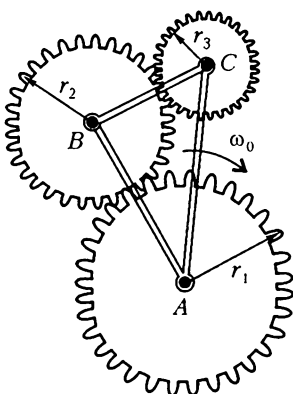


Рис. 62

**966.** Для иллюстрации поверхностного натяжения одну из мыльных пленок, натянутых на параллельные «направляющие» и разделенных ниткой  $AB$  (рис.61), прокалывают; при этом нить  $AB$  натягивается. Определите силу натяжения нити.

**968.** На три параллельные оси, соединенные жесткими стержнями, насажены три зацепленные шестеренки с радиусами  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r_3$  (рис.62). Оси  $B$  и  $C$  вращаются вокруг неподвижной оси  $A$  с угловой скоростью  $\omega_0$ ; при этом размеры треугольника  $ABC$  остаются неизменными, а шестеренка радиусом  $r_3$  движется поступательно. С какой угловой скоростью вращается шестеренка радиусом  $r_1$ ?

**969.** Две банки, сделанные из одного и того же материала, имеют одну и ту же геометрическую форму, причем все линейные размеры одной

банка в  $k$  раз меньше, чем другой. В дне каждой банки сделано отверстие. Банки одновременно опускают на воду. Какая банка утонет скорее? Во сколько раз?

**970.** В тонкостенной непрозрачной сферической оболочке находится шар, радиус которого в несколько раз меньше радиуса оболочки. Предложите способ определения плотности вещества, из которого сделан шар. Масса оболочки неизвестна.

**971.** В магнитном поле, индукция  $B$  которого вертикальна, вращается около вертикальной оси металлический стержень

так, как показано на рисунке 63. Угловая скорость вращения равна  $\omega$ ; радиус  $R$  и угол  $\alpha$  заданы. Найдите разность потенциалов на концах стержня.

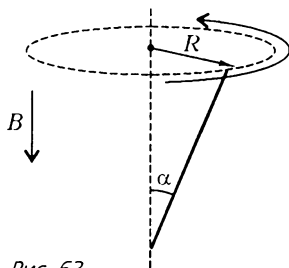


Рис. 63

**972.** В высокоскоростном кино съемочном аппарате, применяемом для съемки быстропротекающих процессов, пленка движется непрерывно со скоростью  $v$ . Для предотвращения смазывания изображения между пленкой и объективом установлена четырехгранная стеклянная призма с показателем преломления  $n$ , вращающаяся с постоянной угловой скоростью (рис. 64). Пренебрегая расфокусировкой изображения, определите, при какой угловой скорости изображение на пленке не смазывается.

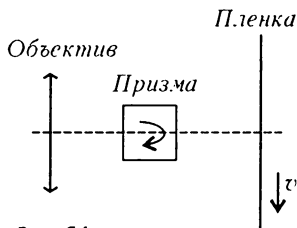


Рис. 64

Определите толщину призмы при условии, что экспонирование изображения одного кадра проводится в пределах  $(-\alpha_0, \alpha_0)$  ее угла поворота, а минимальный размер различных деталей изображения равен  $\delta$ .

### 1986 год

**973.** Тело начинает двигаться прямолинейно из точки  $A$  и через время  $T$  попадает в точку  $B$ : а) с максимально возможной скоростью; б) с минимально возможной скоростью. Расстояние  $AB$  равно  $l$ . Найдите скорости тела в этих двух случаях, если в точке  $A$  скорость  $v_0 = 0$  и ускорение тела  $-a_0 < a < a_0$ .

**974.** Определите период малых колебаний системы, изображенной на рисунке 65; масса груза  $m$ , упругость пружины  $k$ ,  $\angle AOB = \alpha$ . Стержень и блок считать гладкими, пружину невесомой. Пружина закреплена в точке  $A$ . Изменится ли период колебаний, если в точке  $O$  также закрепить груз массой  $m$ ?

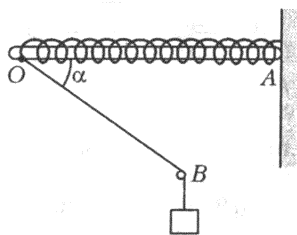


Рис. 65

**975.** Между пластинами плоского конденсатора площадью  $S$ , расстояние между которыми  $d$ , движется со скоростью  $\vec{v}$  плоскопараллель-

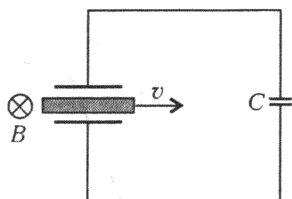


Рис. 66

ная протяженная проводящая пластинка толщиной  $d/2$ . Вдоль пластинки перпендикулярно  $\vec{v}$  действует постоянное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Определите напряжение на конденсаторе емкостью  $C$ , соединенном с пластинами так, как показано на рисунке 66.

**976.** Моль идеального одноатомного газа переводится из начального состояния в конечное, как показано на рисунке 67. Определите подведенное к газу количество теплоты, если разность начальной и конечной температур  $\Delta t = 100^\circ \text{C}$ .

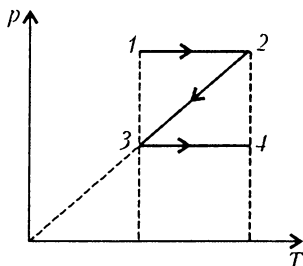


Рис. 67

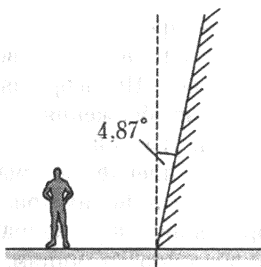


Рис. 68

**977.** На стене, плоскость которой отклонена от вертикали на  $4,87^\circ$  (рис.68), укреплено зеркало. С какого максимального расстояния человек, рост которого 170 см, сможет увидеть в зеркале хотя бы часть своего изображения?

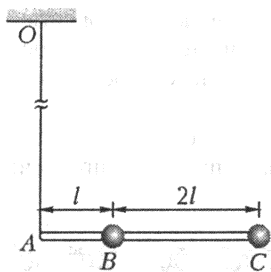


Рис. 69

**978.** На жестком невесомом стержне  $ABC$  длиной  $3l$  закреплены два одинаковых грузика  $B$  и  $C$  так, как показано на рисунке 69:  $AB = l$ ,  $BC = 2l$ . Стержень подвешен за точку  $A$  к очень длинной невесомой нити  $AO$ . В начальный момент стержень удерживают в горизонтальном положении, и нить при этом вертикальна; затем стержень отпускают. Какой будет скорость точки  $A$  в тот момент, когда стержень будет проходить нижнее положение?

**979.** В сосуде, имеющем форму двух «состыкованных» цилиндров одинаковой длины  $l$  и с площадями сечений  $S$  и  $\alpha S$  ( $\alpha > 1$ ), находится идеальный газ. Посередине каждого цилиндра

дра расположены поршни, соединенные жестким стержнем (рис.70); при этом давление в отсеке I равно  $p$ , в отсеке III давление равно  $\beta p$ , поршни находятся в равновесии. К системе подвели количество теплоты  $Q$ , так что температура возросла, оставаясь во всех отсеках одной и той же. Определите изменение давления в отсеке I. Внутренняя энергия одного моля газа равна  $CT$  ( $C$  – молярная теплоемкость газа). Теплоемкости цилиндров и поршней пренебрежимо малы; трением можно пренебречь.

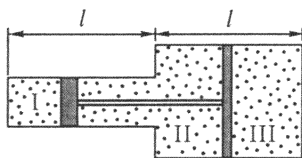


Рис. 70

**980.** Четыре одинаковые металлические пластины площадью  $S$  каждая с зарядами  $q_1$ ,  $-q_1$ ,  $q_2$ ,  $-q_2$  установлены параллельно друг другу на расстоянии  $d$  одна от другой ( $d$  много меньше линейных размеров пластин). Внешние пластины 1 и 4 соединяют проводником. Найдите разность потенциалов между пластинами 2 и 3.

**981.** На груз массой  $M$ , висящий на пружине, кладут груз массой  $m$ , удерживая груз  $M$  в первоначальном положении, а затем грузы отпускают. Найдите максимальную силу, действующую на груз  $m$  со стороны груза  $M$ .

**982.** Как известно, предельный размер различимой детали изображения на киноплёнке определяется размерами кристалликов светочувствительного слоя. С уменьшением размера кристалликов четкость изображения растёт. Оцените предельный размер кристалликов, при котором зритель перестаёт замечать рост четкости изображения на экране кинозала. Предполагается, что вы хорошо представляете явление, можете сами задать необходимые для решения величины, выбрать достаточно правильные численные значения и получить численный результат.

**983.** На шероховатом столе лежит брусок массой  $m = 1$  кг; коэффициент трения покоя бруска о стол  $\mu_0 = 1$ , коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,9$ . К бруску прикрепленна пружина жесткостью  $k = 1$  Н/м. Пружину начинают тянуть в горизонтальном направлении так, что ее свободный конец движется с постоянной скоростью  $v = 1$  м/с. Как будет двигаться брусок?

**984.** При колке дров топор иногда застревает в расщелине полена. В таких случаях дальше колют либо так, как показано на рисунке 71,а, либо – как на рисунке 71,б. Какой способ более эффективен?

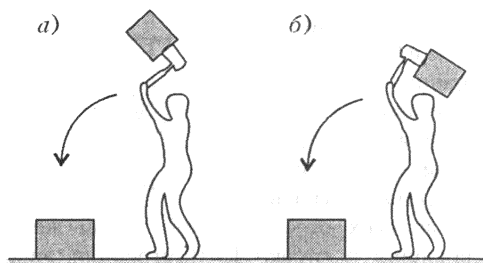


Рис. 71

**985.** В сосуд, заполненный жидким эфиром, погружают перевернутую пробирку А. Из нее сразу же начинают выходить пузырьки.

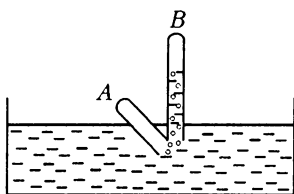


Рис. 72

Из нее сразу же начинают выходить пузырьки. Пузырьки «собирают» в первоначально полностью заполненную эфиром пробирку В (рис.72), длина которой в два раза больше, чем длина пробирки А. При этом из пробирки В вытесняется  $2/3$  первоначального объема эфира. Температура в комнате поддерживается равной  $20^\circ\text{C}$ , давление равно нормальному атмосферному. Объясните происходящее явление и определите давление насыщенных паров эфира при указанной температуре.

**986.** Две хорошо очищенные пластины, платиновая и вольфрамовая, находятся в вакууме, образуя плоский конденсатор. Пространство между ними заполняют окисью углерода  $\text{CO}$ .

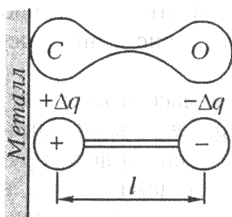


Рис. 73

Определите возникающую при этом разность потенциалов между пластинами. Считайте, что молекулы  $\text{CO}$  осаждаются на поверхности металла с образованием химической связи углерод – металл; молекула  $\text{CO}$  представляет собой диполь (рис.73),  $\Delta q \cdot l = 3,3 \cdot 10^{-31}$  Кл · м.

**987.** На картине И.Левитана «Март» тени на снегу, отбрасываемые деревьями в ясный солнечный день, голубого цвета.

Не правильнее ли (с физической точки зрения) было нарисовать их темными, бесцветными (черными или серыми)?

**988.** Хоккеист скользит по льду на одном коньке. Известно, что лед тает под коньком на глубину  $h = 0,03$  мм. Ширина конька

$d = 2$  мм. Найдите силу трения между коньком и льдом. Теплопроводность льда считать малой.

**989.** Модель тележки на гусеничном ходу поставили на наклонную плоскость с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$  и отпустили. Найдите ускорение модели. Длина модели  $l = 50$  см, высота  $h = 2$  см. Гусеницы сделаны из резины, их масса составляет 80% всей массы модели. Трение в механизме модели пренебрежимо мало.

**990.** Тепловой двигатель представляет собой наполненный газом цилиндр с поршнем, движение которого ограничено упорами  $AA$  и  $BB$  (рис.74). Газ медленно нагревают, пока поршень не коснется упоров  $BB$ , после чего основание пружины смещают из положения  $BB$  в положение  $ГГ$ . Затем сосуд медленно охлаждают до тех пор, пока поршень не коснется упоров  $AA$ . Тогда основание пружины смещают назад до  $BB$ , цилиндр снова нагревают и т.д. Найдите КПД этого двигателя. Цилиндр заполнен гелием; площадь поршня  $S = 10$  см<sup>2</sup>; жесткость пружины  $k = 10$  Н/м, длина ее в нерастянутом состоянии  $l_0 = 60$  см. Внешнее давление принять равным нулю.

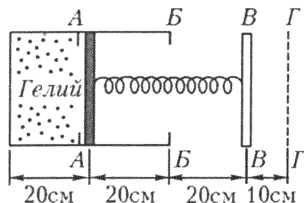


Рис. 74

**991.** В схеме, приведенной на рисунке 75,а,  $U_0 = 2,4$  В,  $R = 600$  Ом,  $r = 200$  Ом, диоды  $D_1$  и  $D_2$  имеют одинаковые вольт-амперные характеристики (рис.75,б). Найдите ток, текущий через диод  $D_2$ .

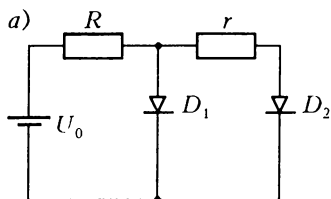
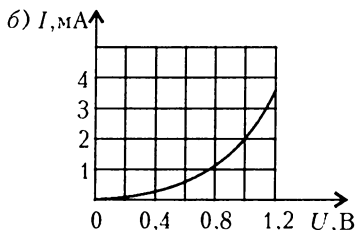


Рис. 75



**992.** При съемке кадра из фильма «Гулливер в стране лилипутов» актера, играющего роль Гулливера, поместили на расстоянии 4 м от кинокамеры с короткофокусным объективом, а актера, исполняющего роль лилипута, – на расстоянии 40 м. На какое расстояние нужно навести объектив камеры, чтобы изображения обоих героев на киноленте были одинаково четки-



ми? Почему при такой съемке используется короткофокусный объектив? Оцените фокусное расстояние такого объектива, если известно, что обычная (некомбинированная) съемка людей с расстояния 5 м проводится объективом с фокусным расстоянием 50 см и глубина резкости при этом равна 0,5 м.

**993.** Через неподвижное, горизонтально закрепленное бревно переброшена веревка. Чтобы удерживать груз массой  $m = 6$  кг, подвешенный на этой веревке, необходимо тянуть второй конец веревки с минимальной силой  $F_1 = 40$  Н. С какой минимальной силой надо тянуть веревку, чтобы груз начал подниматься?

**994.** Спутник исследует планету, плотность которой  $\rho$ , двигаясь по круговой орбите с периодом обращения  $T$  и фотографируя ее поверхность. Какая часть площади планеты останется неисследованной?

**995.** В запаянном капилляре находится жидкость с молярной массой  $M$ . При нагревании капилляра на малое  $\Delta T$  оказалось, что граница  $AB$  между жидкостью и ее паром (рис.76) не сдвигается. При этом давление пара возрастает на  $\Delta p$ . Каково изменение плотности жидкости?

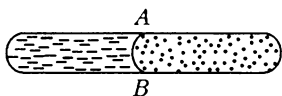


Рис. 76

**996.** В прелетном масс-спектрометре источник испускает сгусток заряженных частиц, которые сначала летят свободно и пролетают через первый датчик  $D_1$ , находящийся на расстоянии  $L$  от сетки  $C$  (рис.77). За сеткой по нормали к ней на частицы действует электрическая сила  $F$ . Частицы поворачиваются, вылетают через сетку назад и пролетают через второй датчик  $D_2$ , находящийся на том же расстоянии  $L$  от сетки. Меняя режим работы источника, измеряют время между срабатываниями датчиков и находят наименьшее время пролета  $\tau$ . Какова масса частиц? (Начальная скорость зависит от напряжения источника, но точное значение ее неизвестно.) Можно ли (и как) найти массы частиц, если источник испускает одновременно несколько сортов частиц с разными массами?

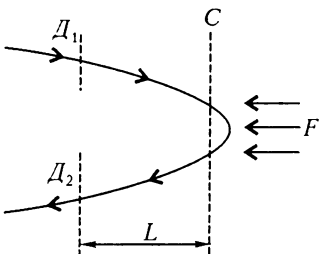


Рис. 77

**997.** Известно, что светящийся след падающего метеорита по мере приближения к Земле становится ярче. Однако в верхних слоях атмосферы он сохраняется значительно дольше, чем у Земли. Почему?

**998.** Горнолыжник спускается с высокой горы с установившейся скоростью  $v$ . Гора образует угол  $\alpha$  с горизонтом и плавно переходит в горизонтальный участок. Как должен наклоняться лыжник, чтобы не упасть в момент перехода? Считать, что переход происходит очень быстро. Масса лыжника  $M$ . Сопротивление воздуха не учитывать.

**999.** По гладкой горизонтальной поверхности стола скользит мешок массой  $m_1$ , связанный жесткой невесомой веревкой с мешком массой  $m_2$ . Веревка, соединяющая мешки, проходит через небольшое отверстие в столе (рис.78). Длина веревки  $L$ , высота стола  $H$ , причем  $H < L$ . На какую высоту поднимется мешок массой  $m_2$  после удара о пол, если в начальный момент вся веревка лежала на столе и мешки не двигались?

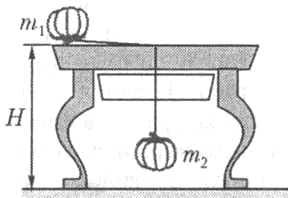


Рис. 78

**1000.** Ток  $I$ , текущий по контуру, образованному четырьмя ребрами куба (рис.79,а), создает в центре куба магнитное поле с индукцией  $B_0$ . Найдите величину и направление вектора индукции магнитного поля, создаваемого в центре куба током  $I$ , текущим по контуру из шести ребер (рис.79,б).

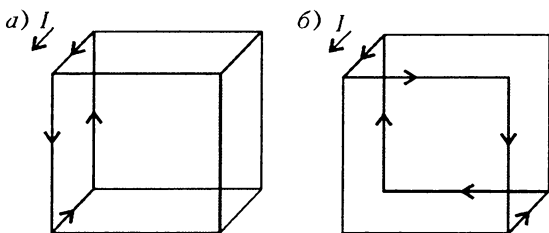


Рис. 79

**1001.** В однородном электрическом поле находится незаряженный металлический шар. При выключении поля в шаре выделилось количество теплоты  $Q$ . Какое количество теплоты выделилось бы в шаре втрое большего радиуса?

**1002.** Точечный источник света находится на расстоянии  $L$  от экрана. Собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F > L/4$ , параллельную экрану, перемещают между источником и экраном. При каком положении линзы диаметр пятна, видимого на экране, будет минимальным?

**1003.** Локомотив движется по круговому пути радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . К нему на тросе длиной  $L$  прикреплен легкий

воздушный шар, который движется с постоянной по величине скоростью на высоте  $H$ . Определите траекторию установившегося движения шара.

**1004.** Тонкий однородный стержень, который может свободно вращаться в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через конц стержня, неподвижно висит над водой; длина стержня  $l$ , плотность материала  $\rho$  (меньше плотности воды  $\rho_0$ ). Медленно опуская ось, стержень погружают в воду. Найдите зависимость между углом  $\alpha$  отклонения стержня от вертикали и расстоянием  $x$  от оси до поверхности воды; постройте график этой зависимости.

**1005.** Имеется печь, в которой постоянно поддерживается температура  $T_1$ , и холодильник, температура в котором  $T_0 < T_1$ . В холодильнике установлена катушка с намотанной на ней длинной проволокой. Конец проволоки выходит из холодильника, входит в печь и закрепляется на катушке, установленной там. Катушки вращаются так, что проволока сматывается с холодной катушки на горячую, двигаясь со скоростью  $v$ . Сечение проволоки  $s$ , объемная теплоемкость  $c$ . Чтобы температуры  $T_1$  и  $T_0$  не изменились, пришлось увеличить на  $\Delta P$  мощность печи и на столько же уменьшить холодопроизводительность холодильника. Найдите  $\Delta P$ . Считать, что теплообмен проволоки с окружающей средой не зависит от скорости движения проволоки.

**1006.** Определите сопротивление схемы из резисторов, показанной на рисунке 80. Значения сопротивлений указаны в омах.

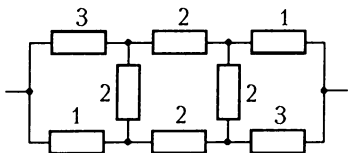


Рис. 80

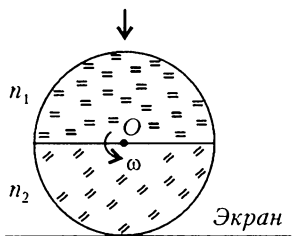


Рис. 81

**1007.** На шар, составленный из двух полушарий, которые сделаны из стекол с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  ( $n_1 > n_2$ ), падает луч света. Шар начинают вращать с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, перпендикулярной направлению луча (рис.81). Найдите максимальный размер светового пятна на экране, установленном непосредственно за шаром.

**1008.** Стержень  $AB$  помещен внутри цилиндра. В точке  $A$  стержень закреплен шарнирно, в точке  $C$  он опирается на верхнюю кромку цилиндра, точки  $A$  и  $C$  лежат в вертикальной

плоскости, проходящей через ось цилиндра (рис.82); угол, который составляет стержень с горизонтом, равен  $\alpha$ . Стержень смещают по верхней кромке так, что он касается ее в точке  $C'$  и угол  $C'OC$  равен  $\varphi$ . При каком минимальном коэффициенте трения стержень будет находиться в этом положении в равновесии?

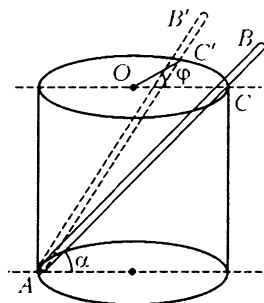


Рис. 82

**1009.** Плоский диск радиусом  $R$ , расположенный в горизонтальной плоскости, начинают продвигать между двумя вертикальными нитями, расстояние между которыми  $R$ ; длина каждой нити  $2l$ , жесткость  $k$ , концы нитей закреплены (рис.83). Найдите силу, действующую на диск со стороны одной нити через время  $t$ , если в начальный момент нити были нерастянуты и касались диска; диск двигают с постоянной скоростью  $v$ . Толщиной диска пренебречь; трение не учитывать.

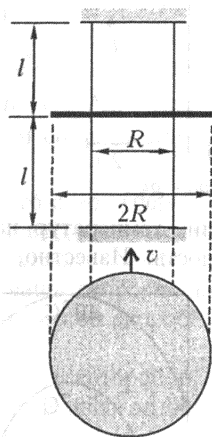


Рис. 83

**1010.** Две диэлектрические заряженные нити бесконечной длины расположены в пространстве как две скрещивающиеся перпендикулярные прямые. Линейная плотность зарядов на нитях  $\sigma$ . Найдите силу взаимодействия нитей. Считать, что нити очень тонкие и перераспределения зарядов не происходит.

**1011.** Воздушный шар, подъемная сила которого создается горячим воздухом, устроен так, что объем его обогреваемой камеры практически постоянен, а давление в ней равно внешнему давлению, так как камера в нижней своей части сообщается с атмосферой. Обогрев в камере производится постоянно для компенсации теплоотдачи в окружающую среду. Такой шар при постоянной мощности нагревателя плавает в атмосфере на определенной высоте. На сколько изменится высота плавания, если при увеличении мощности нагревателя средняя температура воздуха в камере увеличится на  $\Delta t = 0,1^\circ\text{C}$  от начальной температуры  $t = 57^\circ\text{C}$ ? Температура окружающей среды  $t_0 = 1^\circ\text{C}$ .

**1012.** Торец длинного стеклянного цилиндра радиусом  $R$  закрыт светонепроницаемой пластинкой, в которой имеется вертикальная щель; ширину щели можно менять. На пластинку

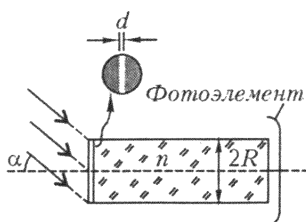


Рис. 84

под углом  $\alpha$  падает пучок параллельных световых лучей (рис.84); освещенность пластины  $E$ . У противоположного торца цилиндра находится фотоэлемент. Как зависит световой поток, принимаемый фотоэлементом, от ширины щели  $d$ ? Показатель преломления стекла  $n$ .

**1013.** Два спортсмена стоят в точках  $A$  и  $B$  и держат резиновый шнур. По сигналу спортсмен  $A$  начинает двигаться на восток со скоростью  $v_0 = 1 \text{ м/с}$ , а спортсмен  $B$  — на юг с постоянным ускорением. Найдите это ускорение, если известно, что узел  $B$ , завязанный на шнуре, при движении прошел через точку  $\Gamma$  (рис.85; масштаб указан на рисунке).

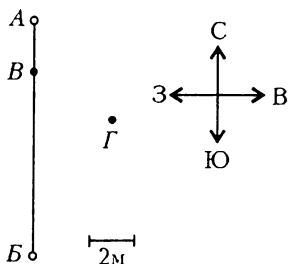


Рис. 85

**1014.** Мощный транзистор, выделяющий тепло, закреплен на теплоотводящей пластине, обдуваемой воздухом, температура которого  $30^\circ\text{C}$ .

На рисунке 86 показано распределение температур на пластине. Определите рассеиваемую мощность. Известно, что равномерно нагретая до  $70^\circ\text{C}$  пластина рассеивает мощность  $P = 10 \text{ Вт}$  при температуре воздуха  $20^\circ\text{C}$ . Теплоотдача пропорциональна разности температур пластины и воздуха.

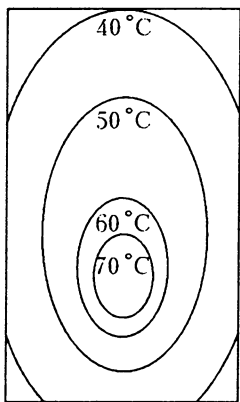


Рис. 86

**1015.** Схема, приведенная на рисунке 87, содержит 50 разных амперметров и 50 одинаковых вольтметров. Показания первого вольтметра  $U_1 =$

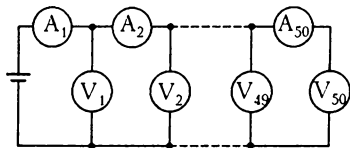


Рис. 87

$= 9,6 \text{ В}$ , первого амперметра  $I_1 = 9,5 \text{ мА}$ , второго амперметра  $I_2 = 9,2 \text{ мА}$ . Определите по этим данным сумму показаний всех вольтметров.

**1016.** В катушку может свободно втягиваться ферромагнитный сердечник массой  $M = 0,01$  кг. Катушку подключили к источнику с напряжением  $U = 100$  В, и через нее протек ток, показанный на графике на рисунке 88. Оцените начальную индуктивность катушки. Пренебрегая потерями, найдите скорость сердечника в момент  $\tau = 10^{-3}$  с.

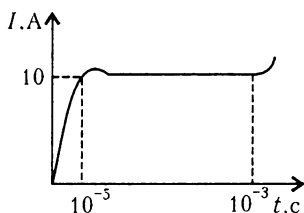


Рис. 88

**1017.** Крупнейший в мире советский телескоп имеет в качестве объектива зеркало диаметром  $D = 6$  м. Какое время потребуется, чтобы, сравнивая полученные на этом телескопе фотоснимки, можно было заметить взаимное вращение нашей Галактики и туманности Андромеды вокруг общего центра масс? Расстояние до Андромеды  $R = 1,42 \cdot 10^{11} R_0$ , где  $R_0$  – радиус орбиты Земли. Массы Галактики и Андромеды равны, соответственно,  $M_{\Gamma} = 2,5 \cdot 10^{11} M_0$  и  $M_A = 3,6 \cdot 10^{11} M_0$ , где  $M_0$  – масса Солнца. Фотографирование ведется в видимом свете на длине волны  $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м.

**1018.** Катер, привязанный у берега большого озера (береговая линия – прямая), неожиданно отвязался, и ветер погнал его с постоянной скоростью  $v_0 = 2,5$  км/ч под углом  $\alpha = 15^\circ$  к берегу. Сможете ли вы догнать катер, если ваша скорость на берегу  $v_1 = 4$  км/ч, в воде  $v_2 = 2$  км/ч? При какой скорости катера это вообще возможно?

**1019.** В большой сосуд с жидкостью, плотность которой  $\rho_1$ , опущен маленький цилиндрический сосуд с площадью основания  $S$ , в дно которого вставлена трубочка длиной  $l$  (рис.89); стенки сосудов жестко скреплены между собой. В маленький сосуд наливают подкрашенную жидкость плотностью  $\rho_2$  ( $\rho_2 > \rho_1$ ) до высоты  $H$  так, что уровни жидкостей в большом и малом сосудах совпадают. В некоторый момент времени отверстие в трубке открывают. Тяжелая жидкость начинает вытекать в большой сосуд, через некоторое время легкая жидкость из большого сосуда начинает втекать в маленький сосуд; затем процесс повторяется. Какая масса тяжелой жидкости вытечет из маленького сосуда в первый раз? Какая масса тяжелой жидкости будет

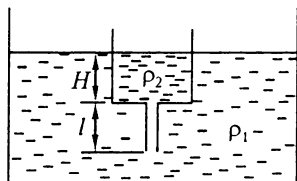


Рис. 89

вытекать каждый раз в дальнейшем? Какая масса легкой жидкости будет втекать каждый раз в маленький сосуд? Считать, что жидкости не смешиваются; поверхностным натяжением пренебречь.

**1020.** Подвижный поршень делит цилиндр на две одинаковые части объемом  $V_0 = 10^{-3} \text{ м}^3$ . В одной части находится сухой воздух, в другой — водяной пар и  $m = 4 \text{ г}$  воды. При медленном нагревании цилиндра поршень приходит в движение. После смещения поршня на  $1/4$  длины цилиндра движение прекратилось. Какая масса водяных паров находилась в сосуде до нагревания? Каковы масса воздуха, находящегося в сосуде, и его начальная температура? При какой температуре поршень перестал двигаться? Зависимость давления насыщенных паров воды от температуры приведена в таблице:

$t, ^\circ\text{C}$	100	120	133	152	160
$p_{\text{н}} \cdot 10^{-5}, \text{Па}$	1	2	3	5	10

**1021.** В цепи, показанной на рисунке 90,  $R = 100 \text{ Ом}$ ,  $C = 10 \text{ мкФ}$ ,  $U_0 = 10 \text{ В}$ , внутреннее сопротивление батареи и сопротивление амперметра пренебрежимо малы. Ключ  $K$  периодически замыкают на время  $\tau_1 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  и размыкают на время  $\tau_2 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ . При таком режиме переключений стрелка амперметра практически не дрожит. Какой ток показывает амперметр?

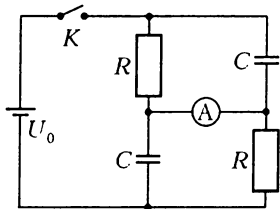


Рис. 90

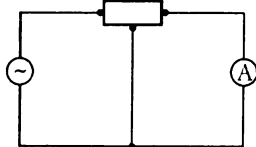


Рис. 91

**1022.** «Черный ящик» содержит катушку, резистор и конденсатор и имеет три вывода. При его исследовании были получены следующие результаты. В схеме, приведенной на рисунке 91, амперметр показал  $I_1 = 0,1 \text{ А}$  при частоте генератора  $\nu_1 = 1000 \text{ Гц}$ ; ток через амперметр отставал по фазе от входного напряжения на  $\Delta\phi_1 = \pi/6$ . Когда частоту генератора уменьшили в 100 раз, ток возрос менее чем в 2 раза. Частоту генератора вернули к прежнему значению и вместо амперметра в цепь включили вольтметр. Вольтметр показал  $U_1 = 20 \text{ В}$ , а сдвиг фаз между напряжением на вольтметре  $U_{\text{в}}$  и входным напряжением

$U_{\text{вх}}$  опять составил  $\pi/6$ . Найдите по этим данным параметры элементов «черного ящика». Во сколько раз нужно изменить частоту генератора, чтобы в схеме с вольтметром сдвиг фаз между  $U_{\text{в}}$  и  $U_{\text{вх}}$  составил  $\Delta\varphi_2 = \pi/2$ ? Измерительные приборы считать идеальными. Внутреннее сопротивление генератора пренебрежимо мало.

**1023.** Лампочка висит на расстоянии  $l_1$  от потолка на высоте  $l_2$  от пола. При ее взрыве осколки разлетаются во все стороны с одной и той же по величине скоростью  $v$ . Найдите радиус круга на полу, в который попадут осколки. Считать, что удары осколков о потолок абсолютно упругие, а об пол – неупругие; до стен осколки не долетают.

**1024.** Оцените изменение давления в парной после того, как на раскаленные камни плеснули воду из ковша. Предполагается, что вы, хорошо представляя явление, можете сами задать необходимые величины, выбрать достаточно правильно их числовые значения и получить численный ответ.

**1025.** В схеме, приведенной на рисунке 92, сверхпроводящие катушки имеют одинаковые индуктивности  $L$ , диод  $D$  идеальный, начальный заряд конденсатора емкостью  $C$  равен  $Q_0$ . Постройте графики изменения заряда  $Q(t)$  конденсатора и токов  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$  через катушки после замыкания ключа  $K$ .

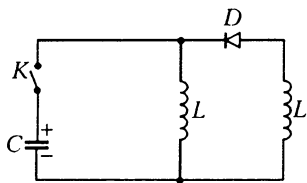


Рис. 92

**1026.** Горизонтальная площадка, на которой лежит брусок, вибрирует по гармоническому закону с частотой  $f = 10$  Гц в направлении, составляющем угол  $\alpha = 45^\circ$  с вертикалью. Коэффициент трения бруска о площадку  $\mu = 0,5$ . При какой минимальной амплитуде вибраций брусок «поползет» по площадке?

**1027.** Источник света находится на расстоянии  $l = 1$  м от экрана. В экране напротив источника сделано отверстие диаметром  $d = 1$  см. Как изменится поток света через отверстие, если между экраном и источником поместить прозрачный цилиндр из материала с показателем преломления  $n = 1,5$ ? Длина цилиндра  $l = 1$  м, диаметр  $d = 1$  см, источник находится на оси цилиндра.

**1028.** Легкий стержень с массивным шариком на верхнем конце начинает падать из вертикального положения без начальной скорости. Нижний конец стержня упирается в уступ на горизонтальной плоскости. Какой угол с вертикалью будет составлять скорость шарика в момент удара о плоскость?



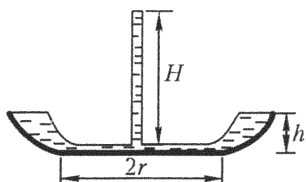


Рис. 93

**1029.** При стационарном падении струи воды из крана на плоское блюдо можно наблюдать такую картину: в некотором радиусе  $r$  от места падения струи уровень воды очень низок, а на расстоянии  $r$  уровень испытывает скачок (рис.93).

Оцените радиус  $r$ , если расход воды  $q$ , высота падения  $H$ , высота водяной ступени  $h$ . Считать, что начальная скорость истечения воды из крана  $v_0 \ll \sqrt{2gH}$ .

**1030.** На невесомой нити жесткостью  $k$  висит тело массой  $m$ . Максимальное натяжение, которое выдерживает нить, равно  $T$ . Тело приподнимают на высоту  $x$  от положения равновесия и отпускают. При каком минимальном  $x$  нить порвется?

**1031.** Проводящая сфера разбилась на несколько осколков, разлетевшихся на большие расстояния друг от друга. Осколки в произвольном порядке соединяют тонкими проводами. Что больше: емкость получившейся системы осколков или емкость сферы? Емкостью проводов пренебречь.

**1032.** На автомобилях для обзора происходящего сзади используется зеркало заднего вида. Это зеркало может быть плоским или выпуклым. Распространено мнение, что одним из недостатков выпуклого зеркала является неравномерность прироста изображения равномерно приближающихся к нему предметов, из-за чего водитель автомобиля с таким зеркалом обращает внимание на нагоняющий автомобиль в потоке транспорта, лишь когда тот выходит из ряда для обгона. Верно ли это представление? Найдите связь скорости равномерно движущегося вдоль главной оптической оси сферического зеркала предмета со скоростью изменения размеров его изображения в зеркале. Сравните выпуклое зеркало заднего вида с плоским. Каковы его преимущества и недостатки?

### 1987 год

**1033.** Через блок радиусом  $R$  перекинут снизу однородный гибкий канат массой  $m$  и длиной  $l$ , прикрепленный к двум крюкам на потолке, расположенным на расстоянии  $2R$ . На оси блока висит груз, масса которого вместе с блоком равна  $M$ . Трение между канатом и блоком отсутствует. Найдите минимальную силу натяжения каната.

**1034.** Моль идеального газа из начального состояния 1 с температурой  $T_1 = 100$  К, расширяясь через турбину в пустой

сосуд, совершает некоторую работу и переходит в состояние 2. Этот переход происходит без подвода либо отвода тепла. Затем газ сжимают в процессе  $2 \rightarrow 3$ , в котором давление является линейной функцией объема, и, наконец, в изохорическом процессе  $3 \rightarrow 1$  газ возвращается в исходное состояние (рис.94). Найдите работу, совершенную газом при расширении через турбину в переходе  $1 \rightarrow 2$ , если в процессах  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$

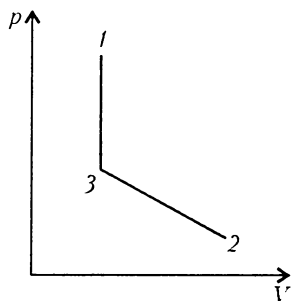


Рис. 94

к газу в итоге подведено  $Q = 72$  Дж тепла. Известно также, что  $T_2 = T_3$ ,  $V_2 = 3V_1$ .

**1035.** Электрический диполь из двух жестко связанных точечных зарядов  $+q$  и  $-q$ , расположенных на расстоянии  $l$  друг от друга, пролетает сквозь плоский конденсатор, пластины которого подключены к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  (рис.95). Определите скорость диполя в центре конденсатора, если известно, что его скорость вдали от конденсатора равна  $v_0$ . Расстояние между пластинами конденсатора  $d$ , масса диполя  $m$ . Силой тяжести пренебречь.

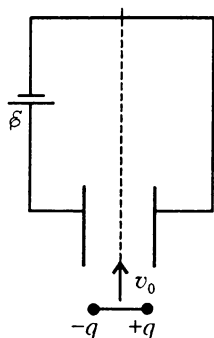


Рис. 95

**1036.** К телу массой  $m = 20$  г, лежащему на гладком горизонтальном полу, привязаны две одинаковые упругие нити жесткостью  $k = 10^4$  Н/м каждая. Одна нить прикреплена к стене, свободный конец второй нити начинают тянуть в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 10$  м/с. Какая нить порвется, если разрыв каждой нити происходит при абсолютном удлинении  $\Delta l_{\text{пр}} = 5$  см? Считать, что закон Гука выполняется для нитей вплоть до их разрыва; трения нет.

**1037.** В полый сфере проделано маленькое отверстие, через которое внутрь проникает узкий параллельный пучок света. Внутренняя поверхность сферы отражает свет во все стороны одинаково (диффузно) и не поглощает его. Как будут различаться в этом случае освещенности в точке, диаметрально противоположной отверстию, и во всех остальных точках сферы?

**1038.** Три одинаковые нерастяжимые нити прикреплены на одинаковых расстояниях друг от друга к кольцу радиусом  $r_0$  и аналогичным образом – к кольцу радиусом  $2r_0$  (рис.96). Нити

пропущены через третье кольцо радиусом  $r_0$ . Кольцо 1 закреплено в горизонтальной плоскости, и вся система находится в равновесии. Найдите расстояние между центрами колец 2 и 3.

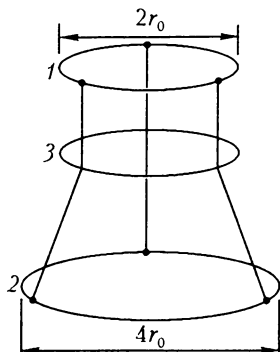


Рис. 96

Все кольца сделаны из одной и той же проволоки. Трением пренебречь.

**1039.** К бруску, лежащему на наклонной плоскости, прикреплена нить, перекинутая через проволоч-

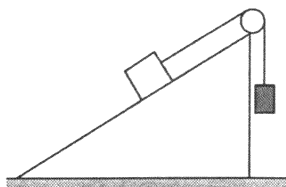


Рис. 97

ную петлю; на другом конце нити висит грузик (рис.97). При этом брусок неподвижен. Когда грузик качнули, брусок начал двигаться. Объясните явление.

**1040.** Три одинаковые проводящие пластины площадью  $S$  каждая расположены параллельно друг другу на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  (рис.98). Вначале на пластине 1 находился заряд  $Q$ , а пластины 2 и 3 были незаряжены. Затем пластины 2 и 3

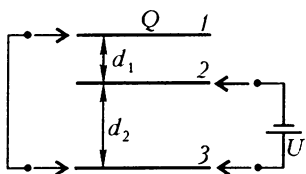


Рис. 98

присоединяют к батарее с напряжением  $U$ , а пластины 1 и 3 соединяют проводником. Найдите установившиеся заряды на пластинах.

**1041.** Проводящий стержень длиной  $l$  и массой  $m$  подвешен к горизонтальной оси на двух невесомых жестких стержнях длиной  $h$ . Эта рамка находится в однородном вертикальном магнитном поле, индукция которого  $B$ . Через рамку пропускают импульс тока  $I_0$  малой длительности  $\tau$ . Определите максимальное отклонение рамки от вертикальной плоскости. Смещение рамки за время  $\tau$  очень мало.

**1042.** Оцените, на каком расстоянии железнодорожные рельсы кажутся слившимися. Предполагается, что вы, хорошо представляя физику наблюдаемого явления, можете сами задать числовые значения необходимых величин.

**1043.** По гладкой горизонтальной поверхности, вращаясь, скользит со скоростью  $v = 10$  см/с палочка длиной  $l = 10$  см. При

какой угловой скорости вращения палочка ударится о стену плашмя, если на расстоянии  $L = 50$  см от стены палочка была параллельна стене?

**1044.** Парашютист массой  $m = 80$  кг совершает затяжной прыжок. Перед раскрытием парашюта его скорость составляет  $v_0 = 60$  м/с, после раскрытия парашюта установившаяся скорость равна  $v = 6$  м/с. Каково было бы максимальное натяжение строп парашюта, если бы он раскрывался мгновенно? Считать, что сила сопротивления воздуха движущемуся парашюту пропорциональна квадрату скорости. Массу парашюта и строп считать малой по сравнению с массой парашютиста.

**1045.** В Арктике встретились два полярника. Они были одеты в одинаковые с виду комбинезоны, но на самом деле один из комбинезонов был теплее. Когда померили температуру на поверхности комбинезонов, на одном она оказалась выше, чем на другом. Какой из комбинезонов теплее? (Комбинезоны обычные, без подогрева.)

**1046.** Маленький шарик массой  $m$ , имеющий заряд  $q$ , подвешен на невесомой нерастяжимой нити. Этот математический маятник помещен в сильное однородное магнитное поле, индукция которого равна  $B_0$  и направлена вертикально. За какое время плоскость качаний маятника повернется на угол  $2\pi$ ? Явления, связанные с вращением Земли, не учитывать.

**1047.** Наблюдатель пускает «солнечный зайчик» при помощи маленького зеркальца, стоя перед большим зеркалом, в котором он видит свое изображение. Что произойдет, если наблюдатель направит «зайчик» на изображение зеркальца в зеркале?

**1048.** Киномеханик по ошибке вставил киноленту так, что все события на экране «потекли в обратном направлении», при этом автомобили поехали назад. Как изменяются скорость и ускорение автомобиля в результате такой ошибки?

**1049.** Деревянный плот оттолкнули от берега реки так, что в начальный момент его скорость была равна  $v$  и направлена перпендикулярно берегу. Траектория плота показана на рисунке 99. Крестиком на траектории отмечено место, в котором плот находится через время  $T$  после начала движения. Считая скорость реки постоянной и равной  $u$ , найдите графически точки траектории, в которых плот находился в моменты времени  $2T$ ,  $3T$ ,  $4T$ .

**1050.** Небольшая частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , с очень

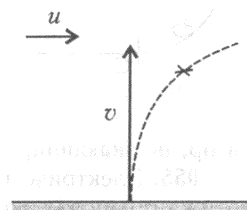


Рис. 99

большого расстояния приближается к конденсатору по направлению, перпендикулярному его пластинам, и пролетает сквозь конденсатор через небольшие отверстия в серединах пластин. Считая, что на большом расстоянии от конденсатора скорость частицы равна  $v$ , найдите ее скорость на входе в конденсатор и на выходе из него. Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U$ , расстояние между его пластинами много меньше размеров пластин, заряд конденсатора много больше  $q$ .

**1051.** В магнитном поле, индукция которого горизонтальна и равна  $B$ , катится без проскальзывания со скоростью  $v$  тонкое металлическое кольцо, в котором имеется очень маленький разрыв длиной  $l$ ; вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости кольца (рис.100). Найдите ЭДС индукции в момент, когда угол  $AOC$  равен  $\alpha$ .

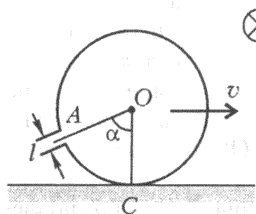


Рис. 100

**1052.** Известно, что освещенность, создаваемая на земле лунным диском в полнолуние, примерно в 10 раз больше, чем освещенность от «ущербной» луны в половину лунного диска. Как это объяснить?

**1053.** В тонком гладком трубопроводе скользит (в поле силы тяжести) гибкий однородный шнур (рис.101). Участки  $AB$  и  $BC$  трубопровода представляют собой полуокружности радиусов  $R$ , точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  лежат на одной вертикали, длина шнура  $l = 2\pi R$ . Найдите все точки шнура, в которых натяжение равно нулю в тот момент, когда нижний конец шнура находится в точке  $C$ .

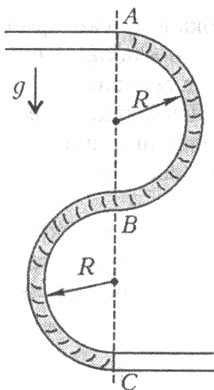


Рис. 101

**1054.** Два стержня одинаковой формы сделаны из материалов с разными упругими свойствами – модули Юнга материалов равны  $E_1$  и  $E_2$ . Стержни склеены торцами и покрашены одной краской, так что получившийся образец выглядит как однородный стержень. Какой модуль Юнга «вещества» этого стержня измерит экспериментатор, не знающий, что стержень составной?

**1055.** Электрический прибор  $\Pi$  подключен к сети переменного тока с напряжением 220 В через конденсатор емкостью  $C = 0,5$  мкФ (рис.102). Амперметр показывает ток  $I = 0,01$  А,

показание вольтметра  $U = 180$  В. Найдите мощность, потребляемую от сети прибором. Амперметр и вольтметр считать идеальными.

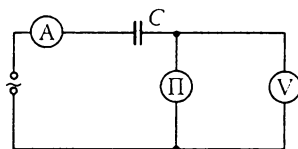


Рис. 102

**1056.** В схеме, изображенной на рисунке 103, ключ  $K_3$  сначала замкнут, а ключи  $K_1$  и  $K_2$  разомкнуты.

В некоторый момент времени замыкают ключ  $K_1$ , а спустя время  $t_1 = 0,1$  с замыкают ключ  $K_2$ . Еще через время  $t_2 = 0,2$  с размыкают ключ  $K_3$ . Найдите: 1) максимальное напряжение на конденсаторе; 2) ток через катушку индуктивностью  $L_1$  через время  $t_3 = 1$  с после замыкания ключа  $K_1$ . Сопротивлением проводов пренебречь, диод считать идеальным,  $L_1 = 1$  Гн,  $L_2 = 0,5$  Гн,  $C = 10$  мкФ,  $U_0 = 10$  В.

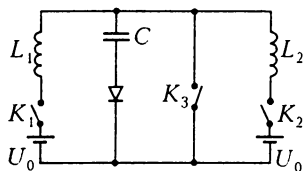


Рис. 103

**1057.** Гантель, состоящая из двух шариков массой  $m$  каждый, закрепленных на концах легкого стержня

длиной  $2b$ , подвешена в горизонтальном положении на двух нерастяжимых нитях длиной  $l$ , расстояние между которыми  $2a$  (рис.104). Найдите период малых крутильных колебаний гантели.

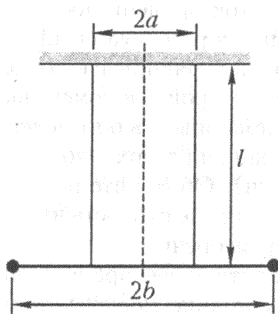


Рис. 104

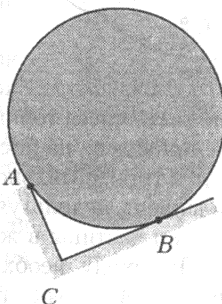


Рис. 105

**1058.** Шар катится вдоль ребра прямоугольного желоба  $ACB$  (рис.105) со скоростью  $v$  без проскальзывания; расстояние  $AB$  равно радиусу шара. Какие точки шара обладают максимальной скоростью? Чему равна эта скорость?

**1059.** В некоторой точке пространства необходимо создать максимально возможную напряженность гравитационного поля

(ускорение свободного падения), имея в распоряжении заданную массу вещества неизменной плотности. а) Какую форму необходимо придать веществу? б) Каково должно быть взаимное расположение тела и точки?

**1060.** Математический маятник представляет собой невесомый стержень длиной  $l$ , к свободному концу которого прикреплен маленький массивный грузик. На стержень надета бусинка такой же массы, которая может свободно скользить по горизонтальной направляющей, проходящей на уровне середины стержня (рис. 106). Найдите период малых колебаний такого маятника. Трение отсутствует.

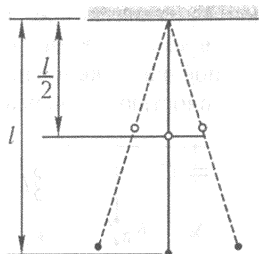


Рис. 106

**1061.** Пламя спиртовки, перед тем как погаснуть, начинает мерцать и потрескивать. Почему?

**1062.** Космическая частица, движущаяся со скоростью, близкой к скорости света, попадает в резервуар экспериментальной установки, наполненной жидкостью с показателем преломления  $n = 1,6$ . Прохождение частицы через жидкость сопровождается свечением. Через небольшой промежуток времени после попадания частицы в резервуар был включен прибор, находящийся в точке  $C$ , который зафиксировал в момент включения две светящиеся точки  $A$  и  $B$  (схема опыта в определенном масштабе приведена на рисунке 107; дан вид сверху, точки  $C$ ,  $A$  и  $B$  лежат в горизонтальной плоскости). Объясните наблюдавшееся явление и, используя рисунок, найдите скорость частицы. Торможением частицы в жидкости пренебречь.

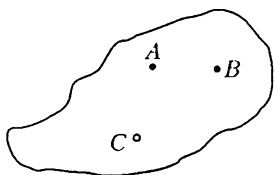


Рис. 107

**1063.** Пешеходу необходимо в кратчайшее время попасть из точки поля  $A$  в точку поля  $B$ , расстояние между которыми 1300 м. Поле пересекает прямолинейная дорога так, что точка  $A$  находится от нее на расстоянии 600 м, а точка  $B$  — на расстоянии 100 м. Скорость перемещения пешехода по полю равна 3 км/ч, а по дороге — 6 км/ч. Какой путь должен избрать пешеход? Чему равно минимальное время? Рассмотрите случаи, когда точки  $A$  и  $B$  лежат по одну сторону от дороги и когда они лежат по разные стороны от дороги.

**1064.** Нить прикреплена к ободу тяжелого обруча и намотана на него. Если другой конец нити прикрепить к потолку и

отпустить обруч, то он, вращаясь и разма-  
тывая нить, будет двигаться вниз. Пусть  
три таких обруча соединены «последова-  
тельно», т.е. конец нити следующего обру-  
ча прикреплен к оси предыдущего  
(рис.108). Все обручи одновременно отпу-  
стили, и они пришли в движение. Опреде-  
лите, с каким ускорением движется верх-  
ний обруч. С каким ускорением будет дви-  
гаться верхний обруч, если число последо-  
вательно соединенных обручей очень вели-  
ко? Считайте, что масса каждого обруча  
равномерно распределена по его ободу, спи-  
цы невесомы, нити невесомы и нерастяжи-  
мы, трение отсутствует.

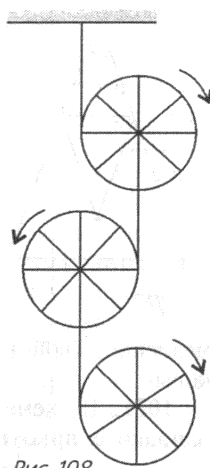


Рис. 108

**1065.** Кастрюлю, в которую налит 1 л  
воды, никак не удастся довести до кипения  
при помощи нагревателя мощностью 100 Вт. Определите, за  
какое время вода остынет на один градус, если отключить  
нагреватель.

**1066.** Предположим, что в результате сильных пожаров в  
верхних слоях атмосферы возникает тонкий слой сажи, погло-  
щающий практически все падающее на него солнечное излуче-  
ние. Какой станет при этом средняя температура Земли, если  
сейчас она составляет 300 К?

**1067.** Внутри прозрачного шара ра-  
диусом  $R$ , сделанного из материала с  
показателем преломления  $n$ , имеется  
небольшое вкрапление  $A$  (рис.109). При  
рассматривании вкрапления кажущееся  
расстояние от вкрапления до центра шара  
оказывается не зависящим от  $\alpha$  для  
достаточно больших  $\alpha$ . Найдите, на  
каком расстоянии от центра шара нахо-  
дится вкрапление.

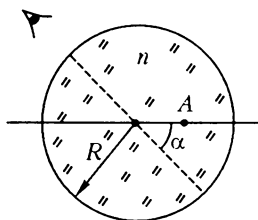


Рис. 109

**1068.** Снаряд, летящий по вертикали, разрывается в верхней  
точке траектории на три равных осколка. Один из осколков,  
двигаясь по вертикали, упал через время  $T_1$  после выстрела, два  
других упали одновременно через время  $T_2$  ( $T_1 < T_2$ ). Найдите  
высоту, на которой разорвался снаряд.

**1069.** На угол величиной  $\alpha$ , согнутый из тонкого гладкого  
стержня, надета легкая петля длиной  $l$  с прикрепленным к ней  
небольшим грузом; угол установлен вертикально (рис.110).



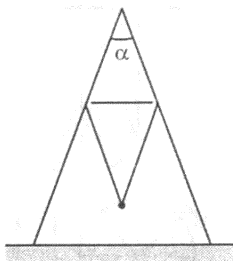


Рис. 110

Найдите расстояние от груза до вершины угла в положении равновесия и период малых колебаний груза в плоскости угла.

**1070.** Мальчик выдувает из длинной трубки мыльный пузырь. Надув пузырь, он выпускает трубку изо рта, при этом пузырь сдувается обратно в трубку и окончательно исчезает через время  $\tau$ . За какое время сдуется таким же образом пузырь вдвое большего радиуса? Считать, что воздух движется по трубке достаточно

медленно, свойства мыльной пленки у обоих пузырей одинаковы.

**1071.** В схеме, указанной на рисунке 111, лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе  $K$ ,  $R_1 = R_3 = 90 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 180 \text{ Ом}$ ,  $U = 54 \text{ В}$ . Найдите напряжение на лампочке.

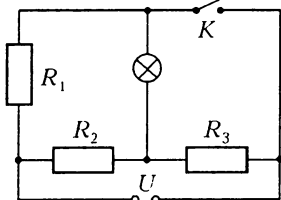


Рис. 111

**1072.** Почему наличие ультрафиолетового компонента в спектре ухудшает резкость изображения, получаемого на фотопленке?

**1073.** Маленький упругий мячик отпускают с высоты  $H = 1 \text{ м}$  над полом, а на его пути закрепляют пластинку, от которой он отскакивает. Какая скорость будет у мячика в момент удара о пол? Как нужно расположить пластинку, чтобы мячик ударился о пол как можно дальше от начальной точки? Чему равно это максимальное расстояние?

**1074.** Папа Карло сделал для Буратино колпак из тонкой жести. Колпак имеет форму конуса высотой  $H = 20 \text{ см}$  с углом  $\alpha = 60^\circ$  при вершине. Будет ли этот колпак держаться на голове у Буратино, если эта голова – гладкий шар диаметром  $D = 15 \text{ см}$ ?

**1075.** Выполняя лабораторную работу, студент опустил в сосуд с водой кипятильник, включил его в сеть и стал каждые три минуты записывать температуру. Данные этого опыта приведены в таблице 1. Затем он охладил воду, положил в сосуд небольшой металлический образец и вновь провел измерения. Результаты этого опыта приведены в таблице 2. Определите по этим данным теплоемкость образца. Напряжение в сети  $U = 35 \text{ В}$ , ток через кипятильник  $I = 0,2 \text{ А}$ , температура в комнате  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ .

Таблица 1

$t, ^\circ\text{C}$	25,2	26,4	27,6	28,7	29,7	30,6	31,5	32,3	33,1
---------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Таблица 2

$t, ^\circ\text{C}$	22,6	23,8	25,0	26,0	27,0	28,0	28,9	29,8	30,6
---------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

**1076.** Для исследования солнечной батареи используется многопредельный вольтметр (он состоит из чувствительного микроамперметра и набора добавочных резисторов). Подключив его к батарее на пределе 1 В, мы получаем показание  $U_1 = 0,7$  В. Переключив вольтметр на предел 10 В, мы получим показание  $U_2 = 2,6$  В. Что получилось бы на пределе 100 В? Известно, что при неизменном освещении солнечная батарея ведет себя как обычный источник, последовательно к которому подключен резистор большого сопротивления.

**1077.** По одной из гипотез, звезды образуются из межзвездной среды (космическая пыль) путем сжатия под действием гравитационных сил. Оцените время образования звезды из гигантского сферического облака космической пыли плотностью  $\rho = 2 \cdot 10^{-20}$  г/см<sup>3</sup>. Можно считать, что при сжатии частицы не обгоняют друг друга.

**1078.** Длинная тонкая нить с грузом на конце переброшена через блок и привязана к носу модели лодки, которая может плыть по длинному прямолинейному каналу с водой. Лодку и груз отпускают, и скорость лодки (в см/с) записывают каждую секунду. К сожалению, сохранился только конец этой записи: 5,65; 6,44; 6,96; 7,31; 7,54; 7,70; 7,80; 7,86; 7,91. Определите по этим данным скорость лодки через 0,1 с после того, как ее отпустили.

**1079.** Если полностью открыт кран холодной воды, а кран горячей воды закрыт (рис.112), то ванна наполняется за время  $t_1 = 8$  мин; если при этом на выходное отверстие насадить шланг с душем на конце, то время наполнения увеличится до  $t_2 = 14$  мин. Когда кран холодной воды закрыт, а кран горячей открыт полностью, время наполнения ванны  $t_3 = 12$  мин; при тех же условиях, но с душем на конце —  $t_4 = 18$  мин. За какое время наполнится ванна, если полностью открыты оба крана? А если при этом насажен шланг с душем?

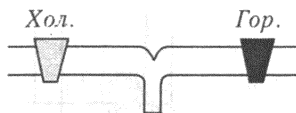


Рис. 112

**1080.** Тонкостенный сосуд непрерывно откачивают насосом, однако из-за наличия микротрещины в стенке сосуда в нем устанавливается неизменное давление  $p_v = 0,001$  мм рт. ст. Снаружи – нормальное атмосферное давление  $p_0 = 760$  мм рт. ст., относительная влажность воздуха  $\varphi = 80\%$ . Найдите давление паров воды в сосуде. Давление насыщенных паров воды при данной температуре  $p_n = 17,5$  мм рт. ст.

**1081.** Для очистки воздуха от пыли, которая в обычных условиях оседает очень медленно, можно использовать тот факт, что пылинки заряжены. В первом опыте стеклянный цилиндр с пыльным воздухом помещают в электрическое поле напряженностью  $E_1 = 1 \cdot 10^4$  В/м, направленное вдоль оси цилиндра. Через время  $t_1 = 2$  мин вся содержащаяся в цилиндре пыль оседает на дно. Во втором опыте вдоль оси цилиндра натягивают тонкую проволоку и соединяют ее с источником высокого напряжения. Известно, что в этом случае напряженность поля  $E \sim 1/r$ , где  $r$  – расстояние до оси. Напряжение источника подбирают так, чтобы напряженность электрического поля у стенок цилиндра была такая же, как и в первом опыте, т.е.  $1 \cdot 10^4$  В/м. Считая

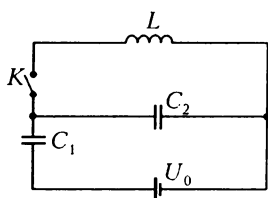


Рис. 113

пылинки одинаковыми, а заряды пылинок равными, определите время оседания всей пыли на стенки цилиндра во втором опыте. Пыли в воздухе немного, так что объемным зарядом можно пренебречь.

**1082.** В схеме, приведенной на рисунке 113, замыкают ключ  $K$ . Найдите максимальный ток через катушку. Найдите максимальное напряжение на конденсаторе емкостью  $C_1$ . Неидеальностью элементов схемы можно пренебречь.

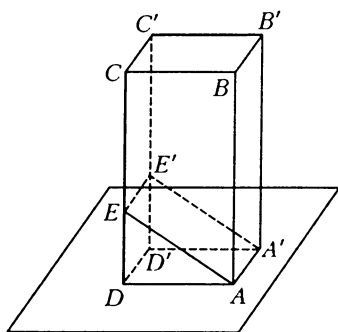


Рис. 114

**1083.** Однородный кирпич  $ABCD A'B'C'D'$  (рис.114) обладает следующим свойством: если разрезать его произвольной плоскостью, проходящей через ребро  $AA'$ , то каждая из двух частей кирпича, поставленная на новую грань  $AEE'A'$ , не падает. Найдите соотношения между размерами кирпича, при которых это возможно.

**1084.** Если к обмерзшему стеклу на незначительное время при-

жать пятак, то вдоль края пятак на стекле проталкивает кружок. Почему?

**1085.** На рисунке 115 изображен процесс, совершаемый над идеальным газом и переводящий его из состояния  $A$  в состояние  $B$ . Найдите на графике участки процесса, где температура газа повышается (понижается).

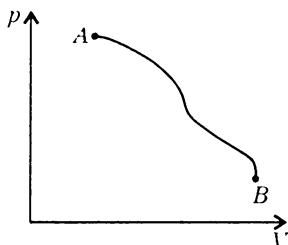


Рис. 115

**1086.** Суммарная напряженность электрического поля, создаваемого двумя точечными зарядами, в точке  $A$  равна нулю, а в точке  $B$  модули напряженностей полей этих зарядов одинаковы. Покажите, что в точке  $B$  напряженность результирующего поля направлена вдоль прямой  $AB$ .

**1087.** Математический маятник совершает колебания. Угол максимального отклонения от положения равновесия  $\alpha_0 \ll \pi/2$ . Укажите углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , при которых ускорение груза принимает наименьшее и наибольшее значения. Нарисуйте графики зависимости  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  от  $\alpha_0$ .

**1088.** Невесомая лестница закреплена во вращающемся с частотой  $f = 10$  об/мин невесомом подвесе так, что может свободно качаться относительно верхней ступеньки (рис. 116). Обезьяна начинает спускаться по лестнице. На каком расстоянии от подвеса она будет находиться, когда вертикальное положение лестницы перестанет быть устойчивым?

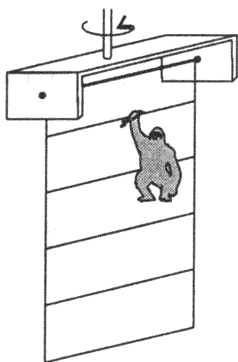


Рис. 116

**1089.** При перелете со станции «Мир» на станцию «Салют-7», которые находились на одной орбите, наши космонавты затормозили свой корабль, перешли на более низкую орбиту и за время  $t = 30$  ч нагнали «Салют-7», который летел впереди «Мира» на расстоянии  $L = 3000$  км. Считая орбиты круговыми, определите, на сколько километров промежуточная орбита ниже основной. Высоты обеих орбит много меньше радиуса Земли  $R_3 = 6400$  км.

**1090.** Ясной морозной ночью посмотрите на небо. Какие звезды мерцают более заметно: находящиеся высоко над горизонтом или низко и почему?

**1091.** Подвешенный на нерастяжимой нити длиной  $l$  шарик с массой  $m$  и зарядом  $q$  находится в центре обруча, вдоль которого

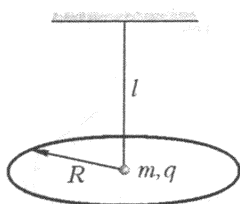


Рис. 117

равномерно распределен заряд  $Q$  (рис. 117). Радиус обруча  $R$ , заряды  $q$  и  $Q$  одноименные. Определите частоту малых колебаний шарика.

**1092.** Найдите положение изображения точечного объекта, расположенного на расстоянии  $L$  от передней поверхности толстой плоскопараллельной стеклянной пластины, посеребренной с задней сторо-

ны. Изображение рассматривается перпендикулярно к поверхности пластины. Толщина пластины  $d$ , показатель преломления  $n$ .

### 1988 год

**1093.** Автомобиль массой  $m = 1200$  кг, тормозя при выключенной передаче, катится вниз с постоянной скоростью по наклонному участку шоссе с углом наклона  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 1/14$ ). Каждое из четырех колес автомобиля имеет внешний радиус  $R$  и

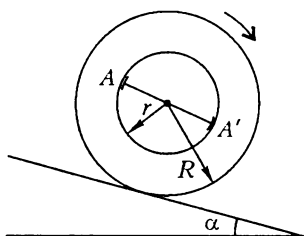


Рис. 118

жестко скреплено с тормозным барабаном радиусом  $r = 5R/12$ , к которому прижимаются с одинаковой силой  $N$  тормозные колодки  $A$  и  $A'$  (рис. 118). Найдите  $N$ , если коэффициент трения скольжения между барабаном и колодками  $\mu = 0,4$ . Проскальзывание между шинами и шоссе отсутствует.

**1094.** Узкая трубка постоянного сечения образует квадрат со стороной  $l$ , закрепленный в вертикальной плоскости. Трубка заполнена равными объемами двух не проникающих друг в друга жидкостей с плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Вначале более плотная жидкость заполняла верхнюю часть трубки. В некоторый момент жидкости пришли в движение. Найдите их максимальную скорость. Трения нет.

**1095.** Рассеянный велосипедист не заметил, как случайно наехал на вертикальную стенку. Оцените, при какой минимальной скорости шина велосипеда при ударе деформируется до металлического обода. Предполагается, что вы, хорошо представляя явление, можете сами задать необходимые для решения величины, выбрать достаточно правильно их числовые значения и получить числовой результат.

**1096.** Проволочное кольцо радиусом  $R$  имеет проводящую перемычку, расположенную вдоль диаметра. В левую и правую

полуокружности включены конденсаторы емкостями  $C_1$  и  $C_2$  (рис.119). Кольцо помещено в нарастающее линейно со временем магнитное поле с индукцией  $B(t) = B_0 t / T$ , перпендикулярное его плоскости. В некоторый момент времени переключку убирают и затем прекращают изменять поле. Найдите заряды, установившиеся на конденсаторах.

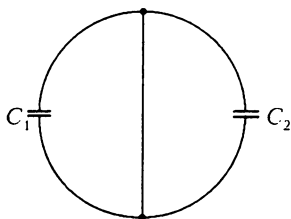


Рис. 119

**1097.** Для уменьшения доли отраженного света от поверхности стекла на нее наносят тонкую пленку, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла (просветление оптики). Какой наименьшей толщины пленку с показателем преломления  $n = 4/3$  надо нанести на поверхность стекла, чтобы при падении нормально к поверхности света, содержащего излучение двух длин волн  $\lambda_1 = 700$  нм и  $\lambda_2 = 420$  нм, отраженный свет был максимально ослаблен для обеих длин волн?

**1098.** Детский пистолет, который можно представить в виде пружины конечной массы, прикрепленной к неподвижной стене, выстреливает шариком, сообщая ему скорость  $v$ . Если выстрелить шариком вдвое большей массы, его скорость будет  $v\sqrt{2/3}$ . Какова будет скорость шарика утроенной массы?

**1099.** В горизонтально закрепленной открытой с концов трубе сечением  $S$  находятся два поршня (рис.120). В исходном состоянии левый поршень соединен с неподвижной стенкой недеформированной пружины жесткостью  $k$ . Давление газа между поршнями равно внешнему давлению  $p_0$ , расстояние  $H$  от правого поршня до края трубы равно расстоянию между поршнями. Правый поршень медленно вытягивают к краю трубы. Какую силу нужно приложить к поршню, чтобы удержать его в крайнем положении? Трение пренебрежимо мало, температура постоянна.

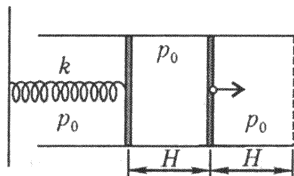


Рис. 120

**1100.** Достаточно длинный капилляр, погруженный в сосуд с водой, герметически закрывают сверху. При этом уровень жидкости в капилляре понижается на 4 см. Чему равна относительная влажность воздуха у поверхности воды в сосуде, если температура окружающего воздуха  $20^\circ\text{C}$ ?

**1101.** Легкий горизонтальный стержень длиной  $2a$  может свободно вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. Одинаковые массивные шары насажены на стержень и могут перемещаться вдоль него без трения и упруго отражаться от упоров на его концах (рис.121).

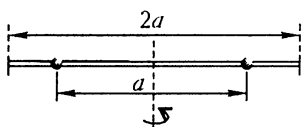


Рис. 121

Сначала шары закреплены на расстояниях  $a/2$  от оси. Стержень раскручивают до угловой скорости  $\omega_0$ , после чего шары одновременно освобождают. По каким траекториям будут двигаться шары? За какое время стержень совершит полный оборот? Постройте график зависимости  $\omega(t)$ . Размеры шаров много меньше длины стержня.

**1102.** Лазерный луч падает на прозрачную плоскопараллельную пластину, одна поверхность которой закрашена так, что может рассеивать свет во всех направлениях. На пластине видна следующая картина: светлая точка в центре, темный круг с резко очерченной границей, а вокруг – светлый ореол. Объясните явление.

**1103.** Математический маятник длиной  $l$  покоится в точке  $A$  на конусе с углом раствора  $2\beta$  (рис.122). Какой путь пройдет шарик до отрыва от поверхности конуса, если легким толчком маятник вывести из положения равновесия? Угол наклона оси конуса к поверхности земли  $\alpha$ , поверхность конуса гладкая.

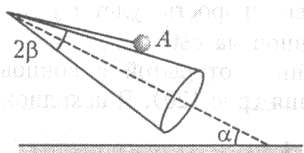


Рис. 122

**1104.** Концы двух однородных стержней привязаны друг к другу

невесомыми и нерастяжимыми нитями. Один из стержней подвезали за середину к штативу. Докажите, что образованный таким образом из нитей и стержней четырехугольник является трапецией.

**1105.** Металлический диск радиусом  $r = 10$  см вращается в горизонтальной плоскости с частотой  $f = 60$  об./мин. С высоты  $H = 10$  см на него падает пластмассовый брусок, масса которого много меньше массы диска. Нижняя грань бруска все время параллельна плоскости диска, коэффициент трения между металлом и пластмассой  $\mu = 0,1$ . На каком расстоянии от оси должен упасть брусок, чтобы при повторном падении он упал за пределами диска? Считать, что после отскока брусок поднимается на прежнюю высоту; размерами бруска пренебречь.

**1106.** Сверхпроводники обладают свойством выталкивать магнитное поле – так называемый эффект Мейснера, благодаря чему они могут парить над магнитом. (Эту особенность сверхпроводников предполагается использовать для создания сверхскоростных поездов на «магнитной подвеске», опытные образцы которых уже испытываются.) На сверхпроводящий образец массой  $m$ , парящий над постоянным магнитом, кладут груз точно такой же массы. Во сколько раз необходимо увеличить магнитную индукцию поля, создаваемого магнитом, чтобы сверхпроводник с грузом парил на прежнем расстоянии от магнита?

**1107.** Свежевыпавший пушистый снег искрится на солнце. Оцените характерное расстояние между отдельными «искрами».

**1108.** Для наглядной демонстрации воздействия лазерного излучения на вещество изготовлена мишень в виде маленького серебряного шарика, закрепленного в вершине легкого пустотелого конуса (рис.123). Одна сторона шарика отполирована, а другая зачернена. Мишень устанавливают основанием конуса на шероховатую горизонтальную плоскость и на поверхности шарика-мишени фокусируют излучение от мощного импульсного лазера. Оцените, при какой минимальной энергии светового импульса произойдет опрокидывание мишени. На какую из сторон шарика (отражающую или поглощающую) следует направить излучение? Считайте, что масса шарика равна  $m = 3$  г и много больше массы конической подставки; высота конуса  $h = 6$  см, диаметр основания  $d = 3$  мм; коэффициент отражения отполированной поверхности  $r = 0,99$ , коэффициент поглощения зачерненной поверхности  $a = 0,99$ ; длительность лазерного импульса  $\tau = 10$  нс.

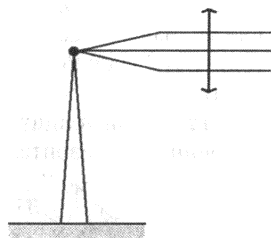


Рис. 123

**1109.** С наклонной плоскости скатываются две бутылки: одна – пустая, другая – заполненная водой. Какая из них скатится быстрее? Какая из бутылок поднимется на большую высоту, если их пустить вверх по наклонной плоскости с одинаковыми начальными скоростями? Считать, что проскальзывания нет.

**1110.** Почему, когда при температуре около  $0^\circ\text{C}$  ешь мороженое, пар изо рта начинает идти сильнее?

**1111.** Равномерно заряженную полусферу разрезали на две части так, как показано на рисунке 124 (по линии  $aa'$ ), и эти части разнесли на большое расстояние. В какой точке напряженность электрического поля больше – в точке  $A'$  или в точке  $A''$ ?



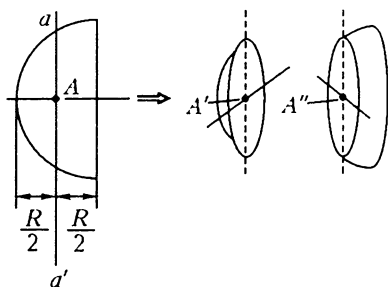


Рис. 124

**1112.** В схеме, приведенной на рисунке 125, при разомкнутом ключе  $K$  конденса-

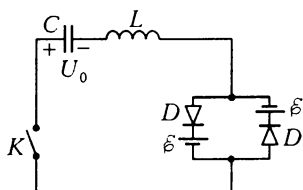


Рис. 125

тор заряжен до некоторого напряжения  $U_0$ . Ключ замыкают, и через какое-то время ток в цепи прекращается. Какова должна быть величина  $U_0$ , чтобы напряжение на конденсаторе установилось равным  $U = 1$  В при изменившейся полярности пластин, если ЭДС каждой батареи в цепи  $\mathcal{E} = 1,5$  В? Диоды считать идеальными.

**1113.** Шар радиусом  $R$  может свободно вращаться на закрепленной горизонтально оси  $OO'$ . Под шаром, прижимаясь к нему, движется шероховатая жесткая лента, изогнутая в виде полуцилиндра радиусом  $R$  (рис.126). Скорость ленты  $v$  направлена горизонтально и перпендикулярно оси  $OO'$ . Чему равна установившаяся скорость вращения шара?

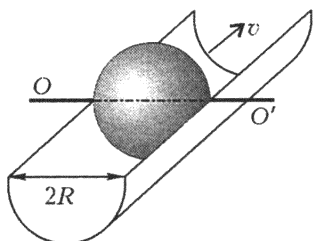


Рис. 126

**1114.** Каскадер падает с высоты  $H = 50$  м. К нему пристегнут резиновый шнур, второй конец которого закреплен в месте старта. Длина и жесткость шнура подобраны так, что у земли скорость гасится до нуля. После того как затухли колебания, каскадер повис на высоте  $h = 10$  м над землей. Какова была максимальная скорость каскадера во время падения? Сопротивление воздуха не учитывать.

**1115.** Замкнутый сосуд, заполненный газом, разделен на две части непроницаемым горизонтальным поршнем; масса сосуда  $m$ , масса поршня  $M$ . Вначале сосуд покоится на подставке. Затем подставку толчком выбивают из-под сосуда. С каким ускорением начнет двигаться сосуд? Трением между стенками сосуда и поршнем пренебречь.

**1116.** В две одинаковые химические пипетки набирают до одного и того же уровня воду: в одну – холодную, в другую –

горячую. Пипетки опорожняют и считают при этом капли. Из какой пипетки упадет больше капель?

**1117.** Свет от точечного источника  $A$  выводится сквозь непрозрачную стенку с помощью световода – тонкой прозрачной палочки с радиусом сечения  $R$  (рис.127); внутренняя часть палочки с радиусом  $r$  ( $R - r \ll r$ ) сделана из материала с показателем преломления  $n_1$ , а внешняя оболочка – из материала с показателем преломления  $n_2$ . Определите диаметр светового пятна на экране, расположенном на расстоянии  $L$  от правого торца световода. Источник света находится вблизи центра левого торца световода.

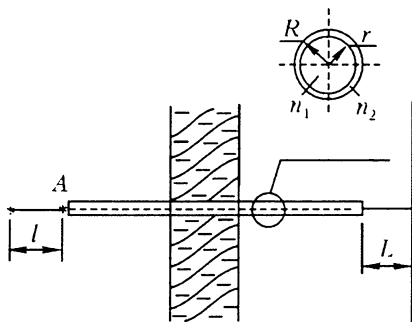


Рис. 127

Как изменится размер пятна, если источник удалить вдоль оси световода на расстояние  $l$  от торца?

**1118.** Рыбак, живший в устье впадающей в океан реки, перебрался на новое место жительства на несколько километров вверх по течению. К своему удивлению он обнаружил, что время между началом прилива и началом отлива уменьшилось, а время между началом отлива и началом прилива увеличилось. Как объяснить это обстоятельство?

**1119.** В узкую кювету с параллельными вертикальными стенками налили некоторое количество жидкости (рис.128). Затем кювету начали вращать вокруг вертикальной оси симметрии  $OO'$ . При некоторой скорости вращения оказалась обнаженной  $k$ -я часть площади дна. Как при этом изменилась сила давления на дно и на узкие боковые стенки (по сравнению со случаем неподвижной кюветы)? При вращении жидкость не выплескивается. Поверхностным натяжением можно пренебречь.

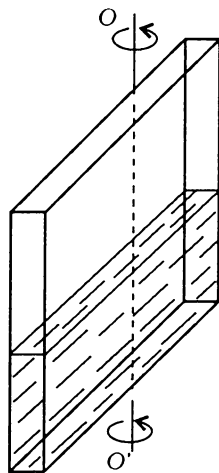


Рис. 128

**1120.** Для сравнения теплопроводностей различных материалов предлагалось использовать следующий метод. На горячую плиту ставятся два одинаковых цилиндра из исследуемых материалов. На цилин-

дры кладут по кусочку воска. Где скорее воск начнет таять – тот цилиндр и обладает лучшей теплопроводностью. Верен ли этот метод?

**1121.** Металлический шар радиусом  $\rho$ , удаленный от других предметов, заземлен через сопротивление  $R$ . На шар налетает пучок электронов, скорость которых вдаль от шара равна  $v$ . В секунду на шар попадает  $n$  электронов. Какое количество теплоты выделяется на шаре за секунду? Каков заряд шара?

**1122.** Известны случаи наблюдения миража моря в пустыне. На каком расстоянии от наблюдателя возникает такой мираж?

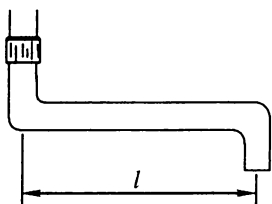


Рис. 129

Считать, что скорость света в приземном слое в пустыне меняется по закону  $c(h) = c_0(1 - ah)$ , где  $c_0$  – скорость света у поверхности земли,  $h$  – высота над поверхностью.

**1123.** К концу вертикальной водопроводной трубы при помощи короткого отрезка резиновой трубки прикреплена стальная насадка массой  $M$ . При каком расходе воды насадка будет горизонтальной (рис. 129)? Площадь сечения насадки  $S$ , длина ее  $l$ . Трением пренебречь.

**1124.** На гладкое горизонтальное бревно радиусом  $R$  кладут сверху «книжку», составленную из двух однородных тонких квадратных пластинок со стороной  $l = 4R$  (рис. 130). Пластины скреплены при помощи невесомого шарнирного стержня. Какой угол образуют пластины в положении равновесия? Будет ли это положение равновесия устойчивым?

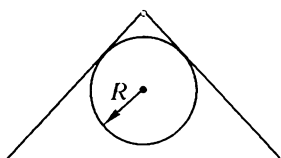


Рис. 130

**1125.** Вертикальный теплоизолированный сосуд, в котором находится одноатомный газ, закрыт поршнем массой  $M$ . В сосуде включают нагреватель мощностью  $P$ , и поршень начинает медленно двигаться вверх. За какое время он поднимется на высоту  $H$  относительно начального положения? Теплоемкостью поршня, трением и давлением атмосферы пренебречь.

**1126.** В схеме, изображенной на рисунке 131, ключ  $K$  «колеблется» между положениями 1 и 2 с частотой  $f = 100$  Гц,

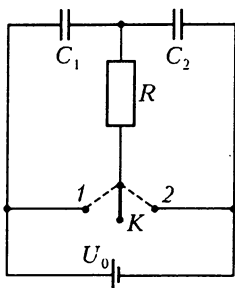


Рис. 131

в каждом положении ключ находится одно и то же время. Найдите ток через резистор и батарею, если  $C_1 = 10 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 30 \text{ мкФ}$ ,  $R = 100 \text{ кОм}$ ,  $U_0 = 10 \text{ В}$ .

**1127.** Фонарик испускает пучок лучей, сходящихся на расстоянии  $R_0 = 1 \text{ м}$  от него в маленькое пятно. На пути пучка поместили два плоских зеркала квадратной формы так, что линия их соприкосновения пересекает ось пучка на расстоянии  $r = 70 \text{ см}$  от фонарика и перпендикулярна этой оси. Плоскости зеркал перпендикулярны друг другу, а одно из зеркал составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с осью пучка. На каком расстоянии от фонарика сойдется теперь пучок?

**1128.** На горизонтальной поверхности покоится однородный тонкий обруч массой  $M$  и радиусом  $R$ . Горизонтальный диаметр обруча представляет собой легкую гладкую трубку, в которую помещен шарик массой  $m$ , прикрепленный к обручу двумя пружинами жесткостью  $k$  каждая (рис. 132). Удерживая обруч неподвижным, шарик отклонили влево на величину  $x$ , после чего предоставили систему самой себе. Найдите ускорение центра обруча в начальный момент времени. Проскальзывание обруча отсутствует.

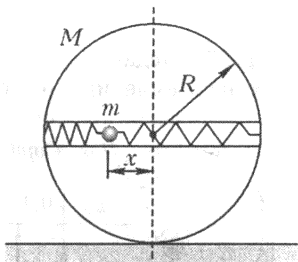


Рис. 132

**1129.** На цилиндрический постоянный магнит вблизи его полюса надета катушка, имеющая вид узкого кольца (рис. 133). Если трясти катушку так, чтобы она совершала гармонические колебания вдоль оси  $OO'$  с амплитудой  $A = 1 \text{ мм}$  (которая много меньше размеров магнита и катушки) и частотой  $f = 1000 \text{ Гц}$ , то в ней наводится ЭДС индукции с амплитудой  $\mathcal{E}_0 = 5 \text{ В}$ . Какая сила будет действовать на неподвижную катушку, если пропустить по ней ток  $I = 200 \text{ мА}$ ?

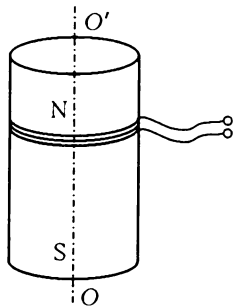


Рис. 133

**1130.** Колебательный контур состоит из вакуумного конденсатора емкостью  $C$ , расстояние между пластинами которого  $d$ , и катушки индуктивности. Собственная частота колебаний контура равна  $\omega_0$ . Какой будет собственная частота, если между пластинами конденсатора поместить свободную точечную частицу массой  $m$ , имеющую заряд  $q$ ? Сила тяжести отсутствует.

Краевыми эффектами и силой «электростатического изображения» пренебречь.

**1131.** Определить скорость ветра в смерче обычными метеорологическими приборами трудно (поскольку смерч невелик по размеру и движется) и небезопасно. Предложено измерять ее

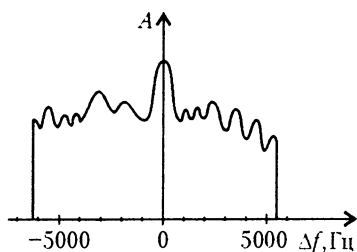


Рис. 134

издали с помощью портативного радара (так как внутри смерча много пыли и мелких предметов, он отражает радиоволны). Радар излучает радиоволны на частоте  $f_0 = 10^{10}$  Гц. Спектр отраженного от смерча сигнала приведен на рисунке 134 (здесь  $\Delta f = f - f_0$ ). Найдите максимальную скорость ветра в смерче.

**1132.** Недавно установлено, что вымирание видов животных на Земле идет особенно интенсивно в течение периодически повторяющихся промежутков времени длительностью  $T = 6,2$  млн лет. Такая закономерность объясняется гипотезой, предполагающей существование звезды Немезиды, являющейся спутником Солнца. Эта слабая и потому невидимая звезда движется по орбите, половина которой расположена внутри так называемого пояса Оорта, содержащего запас комет (рис.135). Возмущая движение комет, Немезида вызывает на Земле «кометный дождь», продолжительность которого практически совпадает со временем пребывания Немезиды внутри пояса Оорта. Определите большую полуось  $a$  орбиты Немезиды и период ее обращения вокруг Солнца. (Площадь эллипса  $S = \pi ab$ , где  $a$  и  $b$  – полуоси эллипса.)

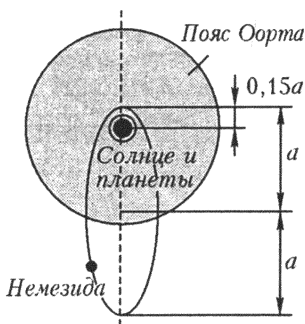


Рис. 135

«кометный дождь», продолжительность которого практически совпадает со временем пребывания Немезиды внутри пояса Оорта. Определите большую полуось  $a$  орбиты Немезиды и период ее обращения вокруг Солнца. (Площадь эллипса  $S = \pi ab$ , где  $a$  и  $b$  – полуоси эллипса.)

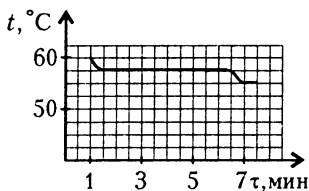


Рис. 136

**1133.** В калориметре медленно остывает расплав исследуемого вещества. Удельная теплота плавления этого вещества (она была определена в предыдущих опытах) равна 200 кДж/кг. По графику зави-

симости температуры вещества от времени (рис.136) определите удельные теплоемкости в твердом и жидком состояниях. Теплоемкостью калориметра пренебречь.

**1134.** Исследуя вновь открытую планету, имеющую форму шара радиусом  $R = 6400$  км и покрытую по всей поверхности океаном глубиной  $H = 10$  км из обычной воды, ученые установили, что ускорение свободного падения остается с большой степенью точности неизменным при погружении в океан на различные глубины. Определите по этим данным ускорение свободного падения на планете.

**1135.** Горизонтальная площадка с лежащей на ней монетой совершает круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости так, что все ее точки описывают окружности радиусом  $R$  с угловой скоростью  $\omega$ . Коэффициент трения между монетой и площадкой  $\mu$ . Каким будет установившееся движение монеты? Какой след «вычерчивает» она на площадке?

**1136.** В схеме, приведенной на рисунке 137, амперметры показывают токи  $0,2$  А и  $0,3$  А. После того как два резистора в схеме поменяли местами, показания амперметров не изменились. Какой ток течет через батарею? Считать напряжение батареи неизменным. Сопротивления амперметров пренебрежимо малы.

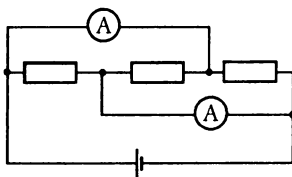


Рис. 137

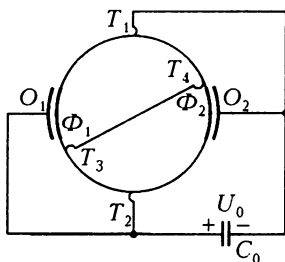


Рис. 138

**1137.** Электростатический генератор (рис.138) состоит из непроводящего цилиндра, на который наклеены полоски фольги  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , наружных обкладок  $O_1$  и  $O_2$ , неподвижных токоъемников  $T_1$  и  $T_2$  снаружи и неподвижной перемычки внутри с токоъемниками  $T_3$  и  $T_4$ . В исходном положении полоски фольги находятся напротив наружных обкладок и образуют с ними конденсаторы емкостью  $C_1$  каждый. К внешним обкладкам подключен конденсатор емкостью  $C_0$ , заряженный предварительно до напряжения  $U_0$ . Каким станет напряжение на этом конденсаторе после  $N$  оборотов цилиндра по часовой стрелке? Емкость между обкладками и полосками фольги в раздвинутом состоянии пренебрежимо мала.

**1138.** Разгоняясь с максимально возможным ускорением на прямом участке шоссе, гоночный автомобиль увеличивает скорость от  $10,0 \text{ м/с}$  до  $10,5 \text{ м/с}$  за время  $0,1 \text{ с}$ . За какое время он смог бы сделать то же самое на кольцевом участке с радиусом  $30 \text{ м}$ ? При каком радиусе кольца он вообще не смог бы увеличить скорость выше  $10 \text{ м/с}$ ? Плоскость шоссе горизонтальна.

**1139.** U-образная трубка частично заполнена водой (рис. 139). Верхние концы трубки закрывают и нагревают правое колено

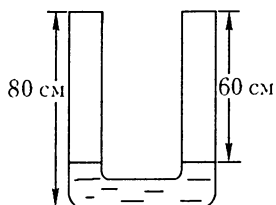


Рис. 139

трубки до температуры  $+100^\circ\text{C}$ , а левое – до  $+99,5^\circ\text{C}$ . Определите установившуюся разность уровней воды в коленях трубки. Тепловым расширением стекла при расчетах пренебречь.

*Справка.* На высоте 23 этажа ( $70 \text{ м}$  над землей) температура кипения воды на  $0,26$  градуса ниже, чем на уровне земли.

**1140.** Заряженная частица попадает в среду, где на нее действует сила сопротивления, пропорциональная скорости. До полной остановки частица проходит путь  $s = 10 \text{ см}$ . Если в среде имеется некоторое магнитное поле, перпендикулярное скорости частицы, она при той же начальной скорости останавливается на расстоянии  $l = 6 \text{ см}$  от точки входа в среду. На каком расстоянии от точки входа частица остановилась бы, если бы поле было в два раза меньше?

**1141.** В настоящее время в связи с открытием явления высокотемпературной сверхпроводимости изучается вопрос о создании линии передачи постоянного тока без потерь энергии на джоулево тепло. Предполагается использовать для передачи постоянного тока коаксиальный кабель, состоящий из внутренней цилиндрической жилы и наружной цилиндрической оболочки, выполненных из сверхпроводника. Электрическое и магнитное поля в такой системе изображены на рисунке 140. Известно, что индукция магнитного поля у поверхности сверхпроводника не может превышать некоторого значения  $B_{\text{max}}$ , иначе разрушается сверхпроводимость, а напряженность электрического поля не должна превышать  $E_{\text{max}}$ , иначе происходит электрический пробой изолирующей прослойки кабеля. Определите, во сколько раз изменится максимальная мощность постоян-

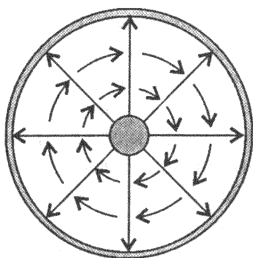


Рис. 140

ного тока, передаваемая по такому кабелю, если диаметры внутренней и внешней оболочек увеличить в два раза. Какую максимальную мощность можно передать по кабелю с диаметрами оболочек  $D = 8$  см,  $d = 3$  см, если  $E_{\max} = 20$  кВ/см и  $B_{\max} = 5 \cdot 10^{-2}$  Тл?

*Примечание.* Индукция магнитного поля в пространстве между цилиндрическими проводниками совпадает с полем прямого проводника с током:  $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$  ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Н/А<sup>2</sup> – магнитная постоянная).

**1142.** Образование кометного семейства Юпитера описывается следующей схемой. Комета падает с большого удаления без начальной скорости на Солнце и пролетает невдалеке от Юпитера (рис.141). После прекращения заметного влияния поля тяготения Юпитера комета вновь движется в поле Солнца, причем ее скорость оказывается направленной противоположно скорости Юпитера, а афелий новой орбиты кометы располагается вблизи орбиты Юпитера, т.е. на расстоянии  $R = 5,2$  а.е. от Солнца. На каком расстоянии от Солнца будет располагаться перигелий орбиты такой кометы?

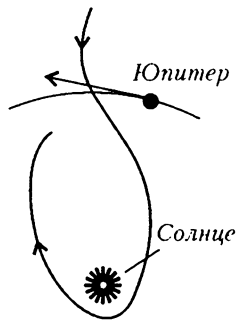


Рис. 141

**1143.** Имеется очень большое количество цилиндрических сосудов с водой, погруженных один в другой так, что каждый следующий плавает в предыдущем. Площадь дна самого маленького сосуда равна  $s_0$  и много меньше площади дна самого большого. В самый маленький сосуд доливают объем воды  $V_0$ . На сколько опустится этот сосуд относительно земли? (После долива воды все сосуды продолжают плавать.)

**1144.** На плоскости расположены  $N$  одинаковых бильярдных шаров. Один шар толкнули, и, испытав несколько соударений, он остановился в той же точке, из которой начал движение. При каком минимальном  $N$  это возможно? Соударения считать абсолютно упругими.

**1145.** Один конец нерастяжимой невесомой нити, продетой через маленькую бусинку массой  $m$ , закреплен в точке  $A$ , а другой привязан к невесомому кольцу, которое может свободно скользить вдоль горизонтального стержня (рис.142). В на-

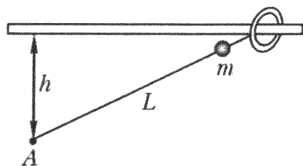


Рис. 142



чальный момент бусинку удерживают у кольца, нить прямолинейна и не натянута. Бусинку отпускают. Найдите скорость бусинки в момент разрыва нити, если известно, что нить выдерживает максимальное натяжение  $T_0$ . Длина нити  $L$ , расстояние от точки  $A$  до стержня  $h$ . Трением в системе пренебречь.

**1146.** Найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$  в бесконечной последовательности элементов, изображенной на рисунке 143. Все элементы одинаковы, сопротивление каждого элемента равно  $r$ .

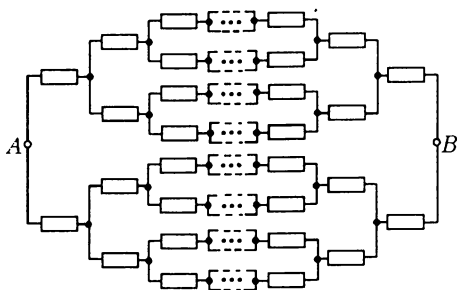


Рис. 143

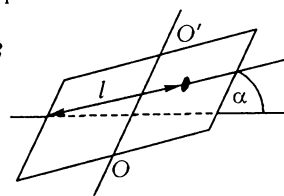


Рис. 144

**1147.** На площадке, наклоненной под небольшим углом  $\alpha$  к горизонту, на расстоянии  $l$  от ее нижнего края лежит маленький грузик, масса которого много меньше массы площадки (рис. 144). Площадка совершает гармонические колебания вдоль оси  $OO'$ ; частота колебаний  $\omega$ , амплитуда  $L$ . Коэффициент трения между грузиком и площадкой  $\mu$ . За какое время грузик свалится с площадки? (Считать, что это время много больше периода колебаний площадки.)

## 1989 год

**1148.** Цилиндр с намотанной на него нитью, второй конец которой закреплен, кладут на гладкую наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом, так, как показано на рисунке 145. В тот момент, когда нить была вертикальна, угловая скорость вращения цилиндра была равна  $\omega$ . Определите, чему равна в этот момент: а) скорость оси цилиндра; б) скорость точки цилиндра, касающейся наклонной плоскости. Радиус цилиндра  $R$ .

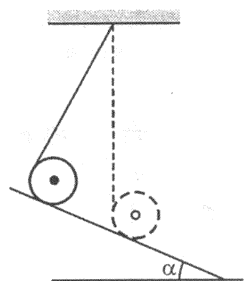


Рис. 145

**1149.** На проводящие рельсы игровой железной дороги беспорядочно бросают, замыкая рельсы, тонкие длинные оголенные проводники из меди. Оце-

ните сопротивление между рельсами, если расстояние между ними  $l = 5$  см, диаметр проводника  $d = 0,2$  мм, его длина  $h = 30$  см, бросили  $N = 100$  проводников.

**1150.** К идеальному одноатомному газу, заключенному внутри масляного пузыря, подводится тепло. Найдите теплоемкость газа (в расчете на 1 моль) в этом процессе, если давлением снаружи пузыря можно пренебречь.

**1151.** Электростатический вольтметр представляет собой плоский конденсатор, одна из пластин которого закреплена неподвижно, а другая может двигаться, оставаясь параллельной первой пластине. Подвижная пластина прикреплена к стене при помощи пружины жесткостью  $k = 10$  Н/м. Начальное расстояние между пластинами  $d = 3$  см, площадь каждой пластины  $S = 0,5$  м<sup>2</sup>. Рассчитайте шкалу вольтметра. Какое максимальное напряжение можно измерять с его помощью? Рассмотрите отдельно случаи, когда вязкое трение очень мало и когда оно достаточно велико.

**1152.** За линзой на расстоянии  $h = 4$  см (больше фокусного) перпендикулярно главной оптической оси расположено плоское зеркало. Перед линзой, также перпендикулярно главной оптической оси, расположен лист клетчатой бумаги. На этом листе получают изображения его клеток при двух положениях листа относительно линзы. Эти положения отличаются на  $l = 9$  см. Определите фокусное расстояние линзы.

**1153.** Жидкий раствор бетона налили в кузов самосвала доверху. Оцените, какая доля раствора останется в кузове после резкого торможения. Предполагается, что вы хорошо представляете явление, можете сами задать необходимые для решения величины, выбрать достаточно разумные их числовые значения и получить числовой результат.

**1154.** На гладком горизонтальном столе лежат два одинаковых кубика массой  $m$  каждый. Один из кубиков приклеен к столу (рис.146). Кубик отрывается от стола, если к нему приложить горизонтальную силу  $F$ . Между кубиками имеется невесомая свободная пружина жесткостью  $k$ . Незакрепленному кубику сообщили скорость  $v$ . С какими скоростями разлетятся кубики после столкновения?

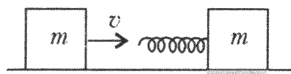


Рис. 146

**1155.** Тяжелый поршень массой  $M$  может свободно перемещаться внутри вертикального теплоизолированного цилиндра сечением  $S$ , верхний конец которого закрыт, а нижний открыт в атмосферу (рис.147). Внутри цилиндра имеется горизонталь-

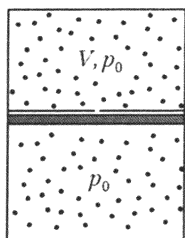


Рис. 147

ная перегородка с маленьким отверстием, отсекающая от атмосферы один моль воздуха, занимающий объем  $V$  и имеющий атмосферное давление  $p_0$ . Поршень, который вначале прижат снизу к перегородке, отпускают. Принимая, что внутренняя энергия газа равна  $cT$ , найдите, на сколько опустится поршень.

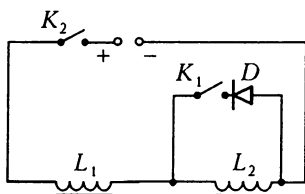


Рис. 148

**1156.** Два одинаковых электромагнита  $L_1$  и  $L_2$  включены последовательно в цепь постоянного тока (рис.148). С помощью ключа  $K_1$  параллельно одному из них может в непроводящем направлении подключаться диод  $D$ . При замкнутом ключе  $K_2$  к электромагнитам притянута железная пластинка. Если ключ  $K_1$  разомкнут, то при размыкании  $K_2$  пластинка отрывается от обоих магнитов одновременно и падает, сохраняя горизонтальное положение. Если ключ  $K_1$  замкнут, то при размыкании  $K_2$  пластинка вначале от-

рывается от магнита  $L_1$ , а потом — от  $L_2$ , что приводит к ее вращению. Объясните различие в поведении пластинки в первом и во втором случаях.

**1157.** Имеются два полупрозрачных зеркала, каждое из которых, как показывают измерения, пропускает приблизительно  $1/5$  часть светового потока, а остальной свет отражает. Если на пути параллельного пучка света установить оба зеркала так, чтобы их плоскости были перпендикулярны пучку, то, казалось бы, они должны пропускать  $1/25$  часть падающего потока света, тогда как на самом деле свет ослабляется не в 25 раз, а заметно меньше (примерно в 10 раз). Объясните явление.

**1158.** Автомобиль повышенной проходимости может использовать в качестве ведущих либо передние, либо задние колеса. Водитель хочет буксировать тросом тяжелый груз. Какую максимальную силу тяги  $T$  (без рывка) сможет развить автомобиль, если коэффициент трения колес о дорогу  $\mu = 0,4$ , масса автомобиля  $M = 2$  т, расстояние между центрами колес  $l = 4$  м, радиус колес  $R = 0,3$  м? Передняя и задняя оси расположены в одной горизонтальной плоскости; центр масс автомобиля лежит в этой плоскости на равных расстояниях от осей; в этой же плоскости лежит трос. Какие колеса должны быть ведущими? Зависит ли от этого  $T$ ?

**1159.** Представьте, что вы находитесь в движущейся с ускорением электричке и идете с постоянной относительно вагона скоростью вперед по ходу поезда. Весьма ощутимая сила толкает вас назад, и вы, несомненно, совершаете работу против этой силы. На что же расходуется ваша работа? Видимо, она не может идти на дополнительный разгон электрички – ведь вы толкаете ее назад. В чем же здесь дело? Не нарушается ли закон сохранения энергии?

**1160.** В цилиндре радиусом  $R$  и высотой  $H$  находятся  $N$  электронов. Параллельно оси цилиндра приложено постоянное магнитное поле с индукцией  $B$ . Предполагая, что все электроны имеют одинаковые по величине скорости  $v$ , лежащие в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, а удары электронов о стенки цилиндра абсолютно упругие, оцените, чему равно и как зависит от магнитного поля давление на стенки цилиндра, которое создает такой «электронный газ» (давление можно найти с точностью до постоянного коэффициента, не зависящего от магнитного поля). Заряд электрона  $e$ , масса  $m$ . Считать, что  $mv/(eB) \ll R$  («сильное» поле  $B$ ). Взаимодействием электронов друг с другом пренебречь.

**1161.** В архитектурной акустике хорошо известно явление «шепчущей» галереи. В крупных соборах (например, в соборе Святого Петра в Риме) по окружности основания купола устроена огороженная площадка (галерея), куда разрешен доступ туристам. Давно было замечено, что негромкая речь в точке  $A$  (рис. 149) хорошо слышна в точке  $B$ , если говорящий смотрит вдоль стены галереи. Но если говорящий смотрит в направлении на точку  $B$ , то при такой же громкости речи в точке  $B$  ничего не слышно. Почему это происходит? В точке  $A$  ненаправленный источник звука испускает достаточно громкий импульс длительностью  $\tau_1$ . Какова будет длительность импульса, принятого в точке  $B$ ? Диаметр галереи  $d$ .

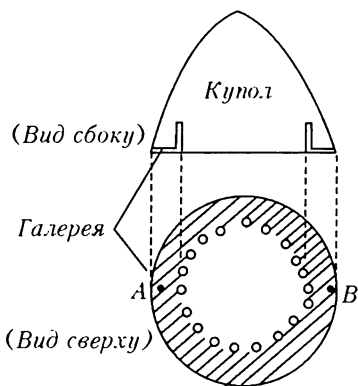


Рис. 149

**1162.** Под водой на глубине  $h$  находится точечный источник света. Где расположено изображение этого источника для наблюдателя, смотрящего из воздуха вдоль поверхности воды? Показатель преломления воды  $n$ .

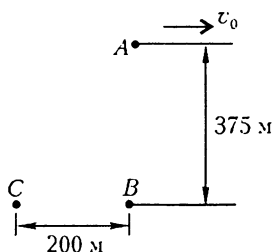


Рис. 150

**1163.** Из-за малого коэффициента трения автомобиль не может двигаться по льду с ускорением, превосходящим по модулю  $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ . По условиям соревнования водителю необходимо из точки  $A$  за наименьшее время попасть в точку  $B$ , находящуюся на прямой, перпендикулярной направлению начальной скорости автомобиля (рис.150). Каково минимальное возможное время, если расстояние  $AB = 375 \text{ м}$ , а начальная скорость  $v_0 = 10 \text{ м/с}$ ? По какой траектории при этом должен двигаться автомобиль? Ответьте на аналогичные вопросы для случая, когда финиш находится в точке  $C$ , а  $BC = 200 \text{ м}$ .

**1164.** В строительстве используются так называемые предварительно напряженные железобетонные конструкции. Изготовление такой балки происходит следующим образом. Стальной стержень длиной  $l_1$  растягивают до длины  $l_2$ , после чего заливают жидким бетоном. После затвердевания бетона стержень освобождают от растягивающего усилия. Найдите длину образовавшейся железобетонной балки и ее модуль Юнга. Площади сечения стержня и балки и модули Юнга стали и бетона считать известными. Чем предварительно напряженный железобетон лучше простого железобетона?

**1165.** Из бесконечной квадратной проводящей сетки с сопротивлением каждого ребра  $r$  удалили часть проводников – так, как показано на рисунке 151. Найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$ ,  $B$  и  $C$ ,  $A$  и  $C$ .

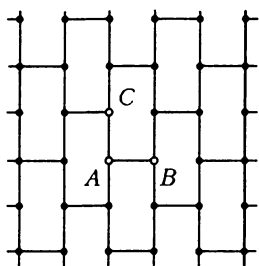


Рис. 151

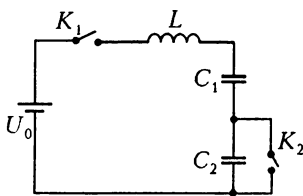


Рис. 152

**1166.** В схеме, приведенной на рисунке 152, ключ  $K_1$  замыкают при замкнутом ключе  $K_2$ , а в тот момент, когда заряд на конденсаторе емкостью  $C_1$  становится максимальным, ключ  $K_2$  размыкают. Найдите максимальный заряд конденсатора

емкостью  $C_2$ . Параметры элементов схемы, указанные на рисунке, считать заданными.

**1167.** Длинный железнодорожный состав, двигаясь по инерции, въезжает на горку с углом  $\alpha$ . Когда состав полностью остановился, на горке находилась половина его длины. Сколько времени прошло от начала подъема до остановки? Длина состава  $L$ , трением пренебречь.

**1168.** Оцените максимальную скорость лунохода – работающего на Луне самоходного аппарата, управляемого с Земли.

**1169.** Тонарм проигрывателя представляет собой легкий прямой стержень длиной  $L$  (рис.153), на одном конце которого (в точке  $B$ ) укреплен звукосниматель с иглой, а другой конец закреплен в шарнире, который может без трения вращаться относительно вертикальной оси  $A$ , проходящей на расстоянии  $R$  ( $R > L$ ) от оси вращения  $O$  диска проигрывателя. Игла ставится на ровную однородную поверхность равномерно вращающегося диска. Найдите установившийся угол  $\alpha$  между тонармом и линией  $AO$ .

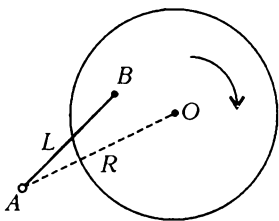


Рис. 153

**1170.** Оценки массы Галактики, полученные различными способами, дают отличающиеся результаты. Так, согласно визуальным оценкам, в пределах расстояния  $R = 3 \cdot 10^9 R_0$  ( $R_0$  – радиус орбиты Земли) от центра Галактики сосредоточена масса  $M_1 = 1,5 \cdot 10^{11} M_0$  ( $M_0$  – масса Солнца). Между тем, период обращения звезд, находящихся на указанном расстоянии от центра Галактики, составляет  $T = 3,75 \cdot 10^8$  лет. Определите «скрытую массу» Галактики, т.е. массу невидимых объектов внутри сферы радиусом  $R$ . При расчете движения звезд массу Галактики можно считать сосредоточенной в ее центре.

**1171.** Электрический диполь – две частицы с одинаковыми массами  $m$  и зарядами  $+q$  и  $-q$ , закрепленные на концах жесткого невесомого стержня длиной  $l$ , – вращается с угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через центр  $O$  диполя (рис.154). В некоторый момент включают постоянное магнитное поле с индукцией, равной  $B$  и направленной вертикально. Опишите установившееся движение диполя.

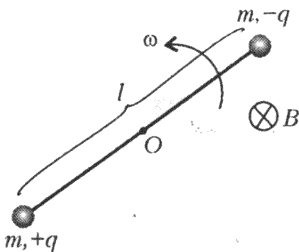


Рис. 154

**1172.** Внутренняя поверхность сферы покрыта диффузным отражателем с коэффициентом отражения  $r = 0,9$ . Угловое распределение доли света, отраженного диффузным отражателем, описывается законом Ламберта  $\Delta N = \frac{N}{\pi} \cos \theta \cdot \Delta \Omega$ , где  $N$  – полное число отраженных фотонов,  $\Delta N$  – число отраженных фотонов в малом телесном угле  $\Delta \Omega$ , составляющем угол  $\theta$  с нормалью к отражающей площадке. В центре сферы происходит вспышка точечного источника света. Какая доля фотонов выйдет через очень маленькое отверстие, имеющееся в сфере?

**1173.** Длинный игрушечный поезд, составленный из большого числа вагонов, едет с постоянной скоростью по горизонтальным рельсам, а потом въезжает в «мертвую петлю» (рис.155).

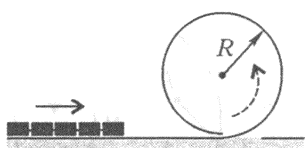


Рис. 155

Длина поезда  $L$ , радиус петли  $R$  ( $R$  существенно больше размера вагона, но  $L > 2\pi R$ ). При какой начальной скорости поезд преодолит препятствие так, что во время движения ни один вагон не перестанет давить на рельсы?

**1174.** В кубическом сосуде объемом  $V = 1$  л находится  $m = 0,01$  г гелия при температуре  $T = 300$  К. Понаблюдаем за одной из молекул. Сколько раз она ударится о верхнюю стенку сосуда за время  $t = 1$  мин?

**1175.** НЛО пролетает над Землей с постоянной очень большой скоростью  $v$ . Какую скорость зафиксируют наземные приборы станции слежения в тот момент, когда направление на объект будет составлять угол  $\Phi$  с вертикалью (рис.156)?

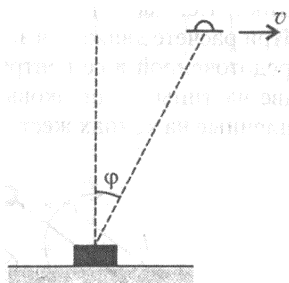


Рис. 156

**1176.** На невесомом коромысле длиной  $2L$ , которое может вращаться без трения вокруг вертикальной оси, закреплены заряды  $+Q$  и  $-Q$  массой  $M$  каждый.

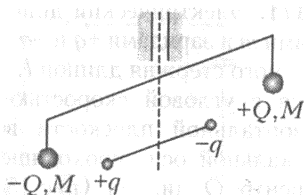


Рис. 157

Под коромыслом на продолжении оси вращения расположен маленький диполь – заряды  $+q$  и  $-q$  на расстоянии  $2a$  друг от

друга ( $a \ll L$ ). В начальный момент коромысло находится в состоянии устойчивого равновесия (рис.157). а) Диполь приводят во вращение с угловой скоростью  $\omega$ . При каких  $\omega$  коромысло будет «сопровождать» вращение диполя? б) Диполь неподвижен. Найдите период малых колебаний коромысла.

**1177.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $L = 1$  Гн и сопротивлением  $R = 1$  Ом и конденсатора емкостью  $C = 1$  мкФ. Конденсатор неидеален – сопротивление его изоляции  $R_x$  конечно. При какой величине  $R_x$  в катушке выделится в виде тепла  $1/3$  начальной энергии контура?

**1178.** В пространстве падает лист фанеры. Оказалось, что в некоторый момент времени скорости двух точек листа  $a$  и  $b$  одинаковы:  $\vec{v}_a = \vec{v}_b = \vec{v}$  и лежат в плоскости листа. Оказалось также, что скорость точки листа  $c$ , находящейся от точек  $a$  и  $b$  на расстояниях, равных расстоянию между точками  $a$  и  $b$ , в два раза больше скорости  $v$ . Где в данный момент на листе находятся точки, скорости которых равны  $3v$ ?

**1179.** Если молния во время грозы попала в воду, то после грозы на озере иногда видят всплывшую мертвую рыбу. Как это объяснить? Ведь вероятность попадания молнии в отдельно взятую рыбу ничтожно мала.

**1180.** Лампочка, присоединенная к батарее, горит три часа, после чего батарея полностью разряжается. Сделали копию этой батарейки вдвое больших линейных размеров из тех же материалов. Сколько времени будет гореть та же лампочка, подключенная к такой копии? Внутреннее сопротивление батарейки много меньше сопротивления лампочки.

**1181.** Жесткое тонкое проводящее кольцо лежит на непроводящей горизонтальной поверхности и находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны. Масса кольца  $m$ , радиус  $R$ , величина индукции  $B$ . Какой силы ток нужно пропустить по кольцу, чтобы оно начало приподниматься?

**1182.** При проведении радиолокации Луны, взошедшей над горизонтом, чтобы обеспечить правильную направленность, излучатель высокочастотных радиосигналов был сопряжен с оптическим телескопом. Однако при наличии оптического изображения Луны отсутствовал отраженный радиосигнал. В то же время, когда удавалось получить отраженный радиосигнал, не было оптического изображения. Объясните это явление.

**1183.** Автобус движется с постоянной скоростью  $u = 60$  км/ч, подолгу стоя на остановках. На улице ветрено и идет дождь. Дождевые капли образовали на боковом стекле автобуса такую картину, как показано на рисунке 158. Ско-



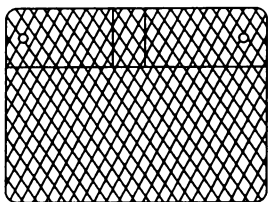


Рис. 158

700 °С, на расстоянии 1 см от него – 500 °С, 2 см – 300 °С, 3 см – 200 °С, 5 см – 150 °С, температура другого конца прутка равна 100 °С. Через одну минуту температура выровнялась и составила 200 °С. Оцените количество теплоты, которое пруток за это время потерял. Удельная теплоемкость железа 460 Дж (кг · К), масса прутка 15 г.

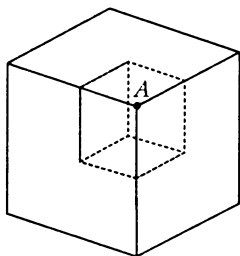


Рис. 159

рость и направление ветра не меняются. Какова скорость падения капель дождя? Что можно сказать о скорости ветра? Дорога прямая, автобус не разворачивается.

**1184.** Железный прутки цилиндрической формы длиной 10 см нагрели в пламени газовой горелки. Температура горячего конца прутка оказалась 700 °С, на расстоянии 1 см от него – 500 °С, 2 см – 300 °С, 3 см – 200 °С, 5 см – 150 °С, температура другого конца прутка равна 100 °С. Через одну минуту температура выровнялась и составила 200 °С. Оцените количество теплоты, которое пруток за это время потерял. Удельная теплоемкость железа 460 Дж (кг · К), масса прутка 15 г.

**1185.** Однородно заряженный куб создает в каждой своей вершине электрическое поле напряженностью  $E_0$ . Из куба удаляют кубик вдвое меньших размеров (рис.159). Чему теперь будет равна напряженность поля в точке А?

**1186.** При какой величине емкости конденсатора  $C_x$  в схеме, приведенной на рисунке 160, сдвиг фаз между подаваемым напряжением и током во внешней цепи будет равен нулю при любой частоте источника? Индуктивность катушки  $L$ , сопротивление каждого резистора  $R$ . Все элементы цепи считать идеальными.

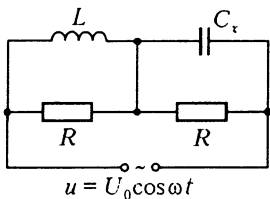


Рис. 160

**1187.** Сани длиной  $L = 2$  м и высотой  $H = 0,5$  м едут по прямой дороге со скоростью  $v = 10$  м/с. На расстоянии  $d = 10$  м от дороги установлен штатив с фотоаппаратом, и съемку производят в момент максимального сближения. Фотоаппарат имеет однолинзовый объектив с фокусным расстоянием  $F = 5$  см. Выдержка (т.е. время, в течение которого засвечивается каждый участок фотопленки) обрабатывается в этом фотоаппарате при помощи щелевого затвора, который работает следующим образом. Вдоль кадра вблизи от пленки движется с постоянной скоростью  $v_0 = 1$  м/с вертикальная щель, ширину которой можно менять в широких пределах для получения нужной выдержки. Размер кадра  $24 \times 36$  мм. Каким окажется отношение длины к высоте у

полученного на пленке достаточно резкого изображения саней?

**1188.** Между двумя высокими гладкими кольцевыми стенками находится колесная пара (рис.161) – два тяжелых диска массой  $M$  каждый, насаженных жестко на легкую ось длиной  $L$  ( $L \approx R_2 - R_1$ ). Прилагая к оси горизонтально направленную силу, мы заставляем колесную пару двигаться по кругу без перекосов (так, что ось все время направлена по радиусу). Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы пройти весь круг? Коэффициент трения колес о землю  $\mu$ ; колеса считать узкими.

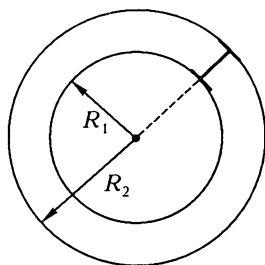


Рис. 161

**1189.** В большой комнате зимой поддерживается постоянная температура  $T_k = +15^\circ\text{C}$  при помощи трех радиаторов центрального отопления, соединенных последовательно (рис.162), по которым прокачивается горячая вода. При этом температура первого радиатора  $T_1 = +75^\circ\text{C}$ , а последнего (третьего) –  $T_3 = +30^\circ\text{C}$ . Чему равна температура второго радиатора? Считайте, что теплообмен – как между радиатором и комнатой, так и между горячей водой и радиатором – пропорционален соответствующей разности температур.

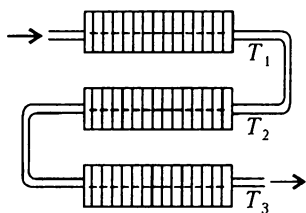


Рис. 162

**1190.** К батарее с внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключены последовательно два одинаковых конденсатора. Параллельно одному из них присоединяют резистор сопротивлением  $R = 1000$  Ом, при этом в схеме выделяется некоторое количество теплоты. Какая часть этого тепла выделится на внутреннем сопротивлении батареи?

**1191.** Тонкостенная проводящая сфера радиусом  $R$  подключена к источнику тонкими проводами (рис. 163), присоединенными в точках  $A$  и  $B$  ( $AO \perp OB$ ,  $O$  – центр сферы). Ток через источник равен  $I_0$ . В каком направлении движутся заряды в точке  $C$ , если  $OC \perp OA$  и  $OC \perp OB$ ? Сделаем на сфере около точки  $C$  две отметки так, чтобы расстояние меж-

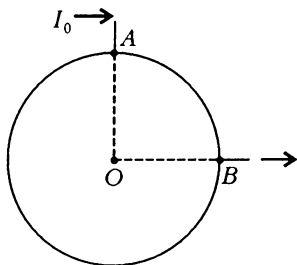


Рис. 163

ду ними составляло  $R/1000$ , а соединяющий их отрезок оказался перпендикулярным направлению движения зарядов. Какая часть общего тока протекает по сфере между этими отметками?

**1192.** На торце цилиндрического соленоида лежит тонкий лист картона, на нем – маленькое сверхпроводящее кольцо из тонкой проволоки, диаметр которой  $d_1$  существенно меньше диаметра кольца  $D$ . При подключении соленоида к источнику

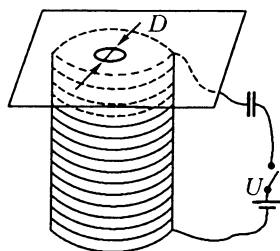


Рис. 164

последовательно с конденсатором (рис.164) кольцо подпрыгивает при  $U > U_0$ . Каким должно быть напряжение источника в аналогичном опыте с кольцом такого же диаметра, но сделанным из проволоки толщиной  $d_2$ ? Индуктивность кольца с достаточной для практики точностью можно оценивать по формуле  $L = kD \ln(1,4D/d)$ . Сопротивление соленоида считать малым.

**1193.** В пространстве движется кубик. В данный момент грань  $ABCD$  горизонтальна (рис.165), а скорости точек  $A$  и  $B$  направлены вертикально вниз и равны по модулю  $v$ . Известно, что скорость точки  $C$  в этот же момент равна по модулю  $2v$ .

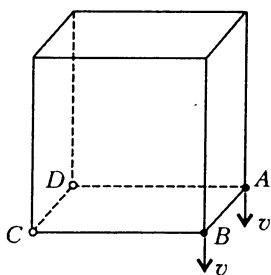


Рис. 165

Какую максимальную скорость могут иметь в этот момент другие точки кубика?

**1194.** Капилляр сделан из двух переходящих друг в друга тонких стеклянных трубочек с внутренними диаметрами  $d_1$  и  $d_2$ . В него ввели большую каплю воды массой  $M$ . Когда капилляр расположили горизонтально, вся капля «уползла» в тонкую часть, а когда его установили вертикально – вся вода из него вытекла. При каких углах между

осью капилляра и вертикалью капля будет располагаться частично в толстой, а частично в тонкой трубке? Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma$ , плотность воды  $\rho$ . Смачивание считать полным.

**1195.** Вертикальная труба высотой  $H = 1$  м и площадью поперечного сечения  $S = 50 \text{ см}^2$  открыта с двух концов. В нижней части трубы установлен нагреватель мощностью  $P = 100$  Вт. Какая скорость восходящего потока установится в трубе? Считайте, что нагреватель не загораживает поперечное сечение

трубы. Атмосферное давление  $p_0 = 1$  атм, температура снаружи комнатная. Молярная теплоемкость воздуха при неизменном объеме равна  $C_V = 2,5R$ , где  $R$  – универсальная газовая постоянная.

**1196.** Рабочее напряжение лампочки, вольт-амперная характеристика которой приведена на рисунке 166, равно 3,5 В (кривая обрывается при напряжении 4 В – лампочка перегорает). Две такие лампочки соединяют последовательно и подключают к источнику с напряжением 5 В. Какой ток потечет по цепи? Какой резистор нужно подключить параллельно одной из лампочек, чтобы напряжение на другой составило 3,5 В? Перегорит ли какая-нибудь из лампочек, если этот резистор заменить еще одной такой же лампочкой?

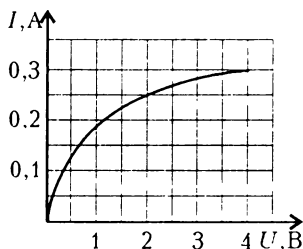


Рис. 166

**1197.** При исследовании электрических свойств тонкой пластинки ее нового соединения было обнаружено, что из проводимость существенно анизотропна: вдоль одного направления (ось  $X$ ) она максимальна, а вдоль перпендикулярного направления (ось  $Y$ ) – минимальна. Из пластинки вырезали образец в виде полоски длиной  $L$  и шириной  $d$  ( $L \gg d$ ) под углом  $\alpha = 45^\circ$  к осям  $X$  и  $Y$  и подключили к концам полоски источник напряжением  $U_0$  (рис.167). Измерив напряжение между краями полоски в поперечном направлении, получили значение  $U$  ( $U \ll U_0$ ). Определите отношение проводимостей вдоль осей  $X$  и  $Y$ .

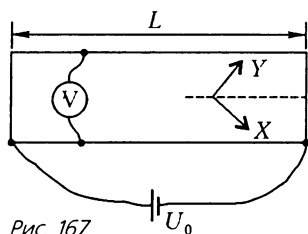


Рис. 167

**1198.** Труба радиусом  $R$  заполнена песком до высоты  $H$  ( $H > 200R$ ). Плотность песка  $\rho$ . Найдите минимальную силу давления песка на дно трубы. Известно, что этот песок на горизонтальной поверхности образует горку с предельным углом при основании  $\gamma_0$  (рис.168), причем этот угол мал ( $\gamma_0 \sim 0,1$  рад). Коэффициент трения покоя песка о материал трубы  $\mu$ .

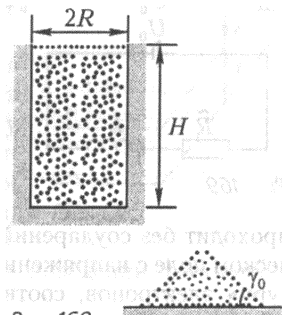


Рис. 168

**1199.** Из опыта известно, что скорость волн на поверхности океана, длина которых  $\lambda = 10$  м, равна  $v = 4$  м/с. Предположим, что в океане на большой глубине есть граница раздела, выше которой находится менее соленая вода, а ниже — более соленая, так что разность плотностей  $\Delta \rho = 1$  кг/м<sup>3</sup>. По этой границе могут бежать волны (так называемые внутренние волны). Найдите скорость таких волн с длиной  $\lambda = 10$  м. Амплитуду волн считать малой.

**1200.** На столе стоят два одинаковых стакана, в один из которых налит горячий чай. Температура чая  $t_0$ . Чай требуется охладить до температуры  $t_k$ . Это можно сделать двумя способами: 1) сразу перелить чай во второй стакан и ждать, пока он остынет до температуры  $t_k$ ; 2) ожидать, пока чай остынет до некоторой температуры  $t_1$  такой, что после переливания во второй стакан температура чая сразу окажется равной  $t_k$ . Какой способ быстрее? Известно, что теплоотдача стакана с чаем пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды, теплообмен между чаем и стаканом происходит очень быстро. Теплоемкость стакана  $C_0$ , теплоемкость чая  $C$ .

**1201.** Имеется нелинейный электронный прибор  $\tilde{R}$ . На рисунке 169 приведен график зависимости тока через прибор от напряжения на нем (на участках 1–2 и 3–4 наклон графика очень велик). Собрали цепь, состоящую из прибора  $\tilde{R}$ , катушки с индуктивностью  $L$  и батарейки с ЭДС, равной  $U_0$  (прибор включают с «правильной» полярностью, соответствующей графику). Постройте график зависимости тока в цепи от времени и найдите период колебаний тока.

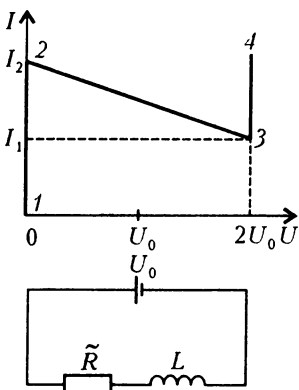


Рис. 169

**1202.** При электрическом разряде в разреженном неоне (Ne) при комнатной температуре очень небольшая часть атомов неона распадается на электроны и ионы (масса  $M$  атома неона в  $4 \cdot 10^4$  раз больше массы  $m$  электрона). Длина свободного пробега электронов (т.е. среднее расстояние, которое электрон проходит без соударений)  $l = 0,1$  мм. Газ находится в электрическом поле с напряженностью  $E = 10$  В/см. Оцените «температуру» электронов, соответствующую их средней кинетической энергии.

**1203.** На шероховатой железнодорожной платформе стоит равномерно заполненный контейнер высотой  $H$  и шириной  $L$ , имеющий с одной стороны маленькие колеса (рис.170). При разгоне поезда влево контейнер начинает сползать вправо по платформе, если ускорение разгона превышает  $a_0$ . С каким минимальным ускорением должен затормозить поезд, чтобы контейнер начал сползать влево? Трением качения пренебречь.

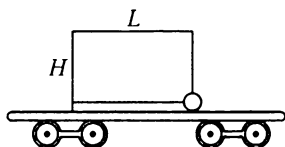


Рис. 170

**1204.** Небольшой упругий брусок массой  $m$  может двигаться без трения внутри прямоугольной коробки такой же массы. Коробка находится на столе, покрытом тонким слоем масла (рис.171). Сила трения коробки о стол зависит только от скорости  $v$  движения коробки по столу и равна  $F = -\gamma v$ . В начальный момент времени коробка покоится, а брусок находится у ее левой стенки и имеет скорость  $v_0$ , направленную вправо. Сколько ударов о коробку совершит брусок, если длина коробки  $L$  много больше размеров бруска?

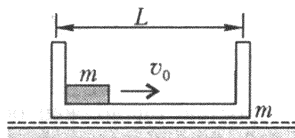


Рис. 171

**1205.** При прочих равных условиях в какой шубе больше потери тепла на излучение – в белой или в черной?

**1206.** Две длинные и широкие полосы равномерно заряжены с плотностью зарядов  $+\sigma$  верхняя и  $-\sigma$  нижняя. Найдите величину и направление напряженности электрического поля в точке  $M$ , которая находится на высоте  $h$  над краем полос на оси, лежащей в их плоскости симметрии (рис.172). Расстояние между полосами  $d$  мало по сравнению с  $h$ .

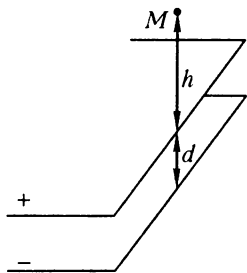


Рис. 172

**1207.** Раствор электролита налит в цилиндрический сосуд, помещенный в вертикальное магнитное поле. Между электродом, проходящим вдоль оси цилиндра, и вторым электродом, которым является боковая поверхность сосуда, все время поддерживается разность потенциалов. Что вы можете сказать о поведении раствора в описанной ситуации?

1990 год

1208. См. задачу 329.

1209. См. задачу 673.

1210. См. задачу 708.

1211. См. задачу 950.

1212. См. задачу 313.

1213. Однородная нерастяжимая веревка подвешена за концы в точках  $A$  и  $B$ , находящихся на разных высотах (рис. 173).

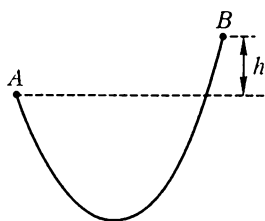


Рис. 173

Натяжение веревки в точке  $A$  равно  $T_A$ . Найдите натяжение веревки в точке  $B$ , если она находится на  $h$  выше точки  $A$ . Масса веревки  $m$ , длина  $l$ .

1214. Вдогонку снаряду, выпущенному горизонтально с горы высотой  $h = 1$  км со скоростью  $v_0 = 500$  м/с, через время  $t_0 = 1$  с выпущен второй снаряд. Какой минимальной начальной

скоростью он должен обладать и под каким углом вылететь, чтобы догнать первый снаряд?

1215. В теплоизолированный сосуд с нагревателем помещены 1 кг льда и 1 кг легкоплавкого вещества, не смешивающегося с водой. Сначала температура в сосуде была  $-40^\circ\text{C}$ , затем включили нагреватель, потребляющий постоянную мощность.

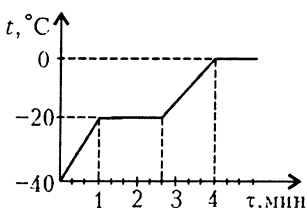


Рис. 174

Зависимость температуры в сосуде от времени показана на рисунке 174. Удельная теплоемкость льда  $2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К), твердого вещества  $10^3$  Дж/(кг · К). Найдите удельную теплоту плавления вещества и его удельную теплоемкость в расплавленном состоянии.

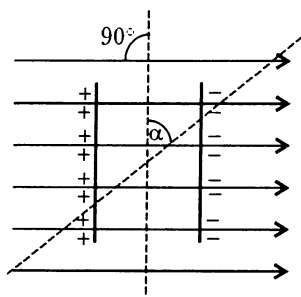


Рис. 175

1216. Плоский заряженный конденсатор внесли в область однородного электрического поля, напряженность которого направлена так, как показано на рисунке 175. Для этого необходимо было совершить работу  $A_1$ . Затем конденсатор повернули на угол  $\alpha$ , совершив при этом работу  $A_2$ . Полагая заданным значение угла  $\alpha$ , определите отношение работ  $A_2/A_1$ . Считайте, что

собственное поле конденсатора однородно и сосредоточено внутри его объема.

**1217.** В последнее время широкое распространение получила новая конструкция контактных линз. (Контактные линзы используются для коррекции зрения вместо очков. Они представляют собой очень тонкие пластинки, надеваемые непосредственно на глазное яблоко.) Фокусировка света такой линзой основана на его волновой природе. Для этого вокруг центральной круговой прозрачной области линзы наносятся концентрические кольца с чередующейся прозрачностью (непрозрачное – прозрачное – и т.д.). а) Определите диаметр центральной прозрачной области. б) Определите диаметры двух ближайших к центру линзы прозрачных колец при условии, что фокусное расстояние линзы  $F = 25$  см. в) Зная, что контактная линза дает четкое изображение в фокальной плоскости не только удаленных объектов, но также и точечного объекта, расположенного на конечном расстоянии от линзы, найдите это расстояние. Считайте для определенности, что длина световой волны  $\lambda = 500$  нм, что линза плоская, очень тонкая, а кольца очень узкие.

**1218.** Цилиндр массой  $m$  находится между подвижной горизонтальной поверхностью и закрепленной под углом  $\alpha$  наклонной плоскостью (рис.176). Коэффициент трения цилиндра о горизонтальную поверхность  $\mu_1$ , о наклонную  $\mu_2$ . Горизонтальную поверхность равномерно двигают влево. Какую минимальную силу приходится для этого прикладывать?

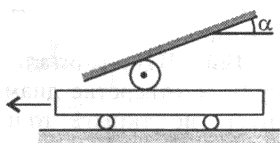


Рис. 176

**1219.** Погремушка в виде полого стального шара объемом 0,2 л содержит внутри 300 стальных шариков радиусом 1 мм. Ее трясут так, что шарики внутри непрерывно сталкиваются между собой и со стенками, издавая ужасный шум. Считая скорость погремушки равной 1 м/с, оцените число соударений между шариками за 1 мин. Излучаемая звуковая мощность равна 10 Вт, выделением тепла при ударах пренебречь.

**1220.** Небольшой баллончик с остатками неона для пополнения подсоединяют на короткое время к большому резервуару, где давление  $p$  в два раза выше, чем в баллончике. Баллончик отсоединяют сразу после его заполнения. Каким будет окончательное давление газа в баллончике? Теплообменом газа со стенками баллончика при его заполнении пренебречь.

**1221.** В прошлом <теперь – позапрошлом> веке русский ученый Б.И.Срезневский исследовал испарение капель жидко-



сти в воздухе. Пусть это испарение происходит при постоянной разности температур за счет подвода тепла к капле от окружающей среды. Считая поток тепла на единицу поверхности шаровой капли пропорциональным разности температур и обратно пропорциональным радиусу капли, найдите зависимость радиуса капли от времени. За какое время окончательно испарится капля, радиус которой уменьшился в два раза за 10 минут?

**1222.** Катушку индуктивностью  $L = 10$  Гн подключают к сети 220 В, 50 Гц последовательно с диодом. Нарисуйте график изменения тока в катушке в зависимости от времени. Чему равно максимальное значение тока? Как зависит вид графика от момента подключения цепи к сети?

**1223.** Горизонтальная поверхность вибротранспортера приводится в движение эксцентриками, синхронно вращающимися вокруг неподвижных горизонтальных осей  $O$  и  $O'$  (рис.177). При какой угловой скорости вращения эксцентриков лежащие на поверхности детали начнут перемещаться?

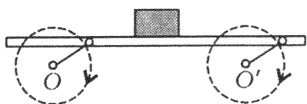


Рис. 177

В каком направлении они будут перемещаться при вращении эксцентриков по часовой стрелке? Коэффициент трения деталей о поверхность  $\mu$ , радиус эксцентриков  $r$ .

**1224.** В горизонтальном дне цилиндрического сосуда сделано круглое отверстие диаметром  $d = 10$  см для слива воды. Если отверстие открыть, то не вся вода выльется – часть ее останется на дне. Оцените массу этой оставшейся воды, если дно сосуда плохо смачивается водой. Диаметр сосуда  $D = 50$  см. Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 0,07$  Н/м.

**1225.** Свинцовая проволока диаметром  $d_1 = 0,3$  мм плавится при пропускании через нее тока  $I_1 = 1,8$  А, а проволока диаметром  $d_2 = 0,6$  мм – при токе  $I_2 = 5$  А. При каком токе разорвет цепь предохранитель, составленный из двух этих проволок, соединенных параллельно? А из двадцати тонких и одной толстой? Длины всех проволок одинаковы.

**1226.** На ленте магнитофона записан синусоидальный сигнал частотой 5 кГц при скорости ленты 19,05 см/с. При воспроизведении на этой скорости амплитуда сигнала воспроизводящей головки составила 1 мВ. Какой станет частота и амплитуда этого сигнала, если увеличить скорость ленты при воспроизведении до 38,1 см/с? А если уменьшить скорость при записи и воспроизведении до 4,75 см/с? Ширину переднего зазора воспроизводящей головки принять равной 5 мкм.

Максимальную намагниченность ленты после записи в обоих случаях считать одинаковой.

**1227.** Нелинейность вольт-амперной характеристики лампы накаливания связана с тем, что сопротивление нити увеличивается с ее нагревом. Получите зависимость тока через лампу от приложенного к ней напряжения при следующих упрощающих предположениях: теплоотдачу считать связанной с излучением ( $P_{\text{изл}} \sim T^4$ , где  $T$  – температура нити); сопротивление нити  $R \sim T$ . Параметры лампы: 60 Вт; 220 В. Снизим напряжение до 200 В. Какой будет мощность лампы? Сильно ли упадет световой поток?

**1228.** Из стальной упругой тонкой ленты сделаны два обруча разных радиусов. При скольжении по горизонтальному столу обручи испытывают торможение силами вязкого трения, причем силы пропорциональны скоростям обручей и их поперечным размерам. Если толкнуть меньший обруч со скоростью  $v_0$ , он проедет до полной остановки путь  $L_0$ . Толкнем малый обруч так, чтобы он налетел на большой, имея перед ударом скорость  $v$ . На каком расстоянии друг от друга остановятся обручи?

**1229.** В стакан с водой опустили кипятильник, и вода начала понемногу нагреваться. График зависимости температуры воды от времени приведен на рисунке 178. По истечении трех минут кипятильник отключают от сети. Через какое время вода остынет до 50 градусов; до 30 градусов?

**1230.** Две удаленные друг от друга проводящие сферы, внешние радиусы которых  $R$  и  $3R$ , имеют толщину стенок  $R/20$ . В центры сфер помещены заряды  $Q$  и  $2Q$ . Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы поменять местами эти заряды (в стенках для этой цели предусмотрены маленькие отверстия)?

**1231.** Две цилиндрические катушки с ферритовыми сердечниками помещены недалеко друг от друга и соединены последовательно. Индуктивность одной из них 1 мГн, другой 2 мГн, а измеренная индуктивность катушек, соединенных последовательно, составила 3,6 мГн. Не

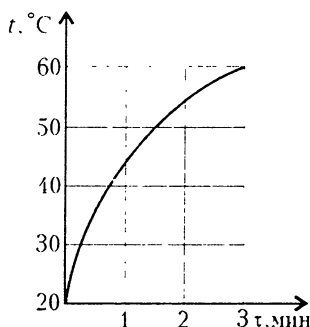


Рис. 178

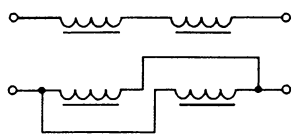


Рис. 179

меня взаимного положения катушек, их переключают в параллель (рис.179). Какую индуктивность мы измерим теперь?

**1232.** На большом расстоянии от Земли находится планета ДВК-1, вокруг которой по круговой орбите вращается спутник БК-0010Ш. На спутнике установлена радиостанция, излучающая сигнал постоянной частоты.

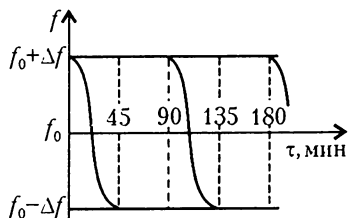


Рис. 180

На Земле принимают этот сигнал, однако при этом возникают перерывы – 45 минут сигнал есть, потом 45 минут он отсутствует, потом опять 45 минут есть и т.д. Этим дело не ограничивается – частота принимаемого сигнала изменяется относительно среднего значения  $f_0 = 1,5 \cdot 10^9$  Гц по закону, показанному на рисунке 180 ( $\Delta f = 3 \cdot 10^4$  Гц). Считая, что отрезок Земля – планета лежит в плоскости орбиты, найдите массу ДВК-1.

**1233.** Гонки мотоциклистов происходят по узкой круговой трассе. Трогаясь с места, мотоциклист стремится побыстрее набрать скорость. Какую часть круга он пройдет к моменту достижения максимальной скорости?

**1234.** Для охлаждения потока воздуха в цилиндрической трубе при нормальных условиях в некотором ее сечении впрыскивают одинаковые капли жидкого азота, которые испаряются вниз по течению. Скорости газа и капель всюду равны между собой, их начальные значения 10 м/с, стенки трубы не проводят тепла. Найдите значения скорости, плотности и температуры потока после испарения всех капель, если их начальный секундный расход такой же, как и воздуха. Температура кипения жидкого азота при атмосферном давлении 77 К, удельная теплота парообразования  $2 \cdot 10^5$  Дж/кг. Свойства газообразных воздуха и азота считать одинаковыми.

**1235.** Длинная гирлянда составлена из одинаковых лампочек, подключенных к паре проводов на расстоянии 1 м друг от друга (рис.181). Сопротивление 1 м провода составляет 0,2 Ом, лампочек в гирлянде 100. Какой ток потребляет гирлянда от источника напряжением 2,5 В? Увеличим напряжение источника на 0,1 В. На сколько увеличится мощность, переходящая в тепло в отрезках проводов,

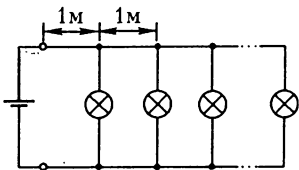


Рис. 181

которые соединяют источник с первой лампочкой гирлянды? Вольт-амперная характеристика лампочки приведена на рисунке 182.

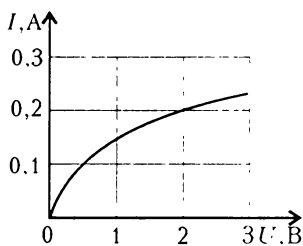


Рис. 182

**1236.** Электромагнитное реле имеет обмотку с индуктивностью  $1 \text{ Гн}$  и сопротивлением  $10 \text{ Ом}$ . Обмотка реле подключена к источнику напряжением  $20 \text{ В}$  последовательно с парой нормально замкнутых контактов, которые размыкаются при срабатывании реле. Параллельно обмотке реле включен диод, как показано на рисунке 183. Ток срабатывания реле составляет  $0,1 \text{ А}$ , ток отпущения  $0,09 \text{ А}$ . Зачем может понадобиться такое устройство и для чего в нем используется диод? Рассчитайте параметры устройства. При каком минимальном напряжении источника оно может работать?

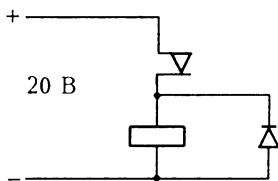


Рис. 183

**1237.** Плосковыпуклая линза сделана из стекла с коэффициентом преломления  $n = 1,6$ . Радиус сферической поверхности  $R = 10 \text{ см}$ , толщина линзы  $d = 0,2 \text{ см}$ . На плоскую поверхность параллельно главной оптической оси линзы направляют параллельный пучок и фокусируют его на экране, открыв только небольшую часть линзы около оси («заднафрагмировав» линзу). После этого диафрагму убирают. Найдите диаметр пятна на экране.

**1238.** В середине длинной цилиндрической трубки с глицерином находится небольшой воздушный пузырек. Если поставить трубку вертикально, то пузырек будет двигаться с постоянной по величине скоростью  $v_0 = 1 \text{ см/с}$ . Трубку расположили горизонтально и разогнали ее вдоль длинной стороны до скорости  $v = 20 \text{ м/с}$ . Где остановится пузырек? Куда он сместится, если скорость плавно увеличить до  $30 \text{ м/с}$ ? Где он окажется после того, как трубку затормозят?

**1239.** В вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится  $1 \text{ моль}$  идеального одноатомного газа при температуре  $T_0$ . Начнем сжимать газ, опуская поршень. После того, как совершили работу  $A$ , поршень отпустили, и он остановился в новом положении равновесия. Найдите температуру в этом состоянии.

**1240.** В схеме, приведенной на рисунке 184, емкости конденсаторов равны  $C$ , сопротивления резисторов  $R$  и  $2R$ . Какой

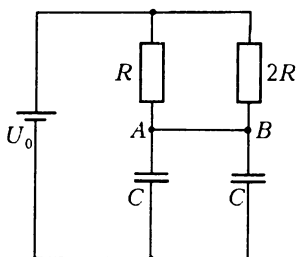


Рис. 184

заряд протечет через перемычку  $AB$  после подключения батарейки с напряжением  $U_0$ ? А если между точками  $A$  и  $B$  включен резистор сопротивлением  $R$ ? Все элементы считать идеальными.

**1241.** На наклонной плоскости с углом  $\alpha$  и коэффициентом трения  $\mu$  лежит небольшая шайба массой  $M$ , на которой имеется заряд  $Q$ . Однородное магнитное поле с индукцией  $B$  перпендикулярно наклонной плоскости, как показано на рисунке 185. Шайбу отпускают без начальной скорости. Определите величину и направление ее установившейся скорости.

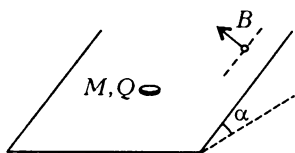


Рис. 185

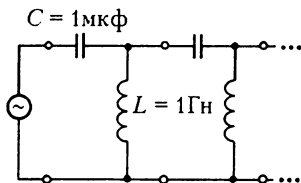


Рис. 186

**1242.** Из нескольких одинаковых  $CL$ -звеньев, подключенных друг за другом, собрана цепь для измерений на частоте  $50$  Гц (рис. 186). К выходу последнего звена был подключен конденсатор, после чего ток, потребляемый всей цепью от источника, и разность фаз между этим током и приложенным напряжением перестали зависеть от числа подключенных звеньев. Какую емкость имел подключенный конденсатор? Можно ли дать однозначный ответ на этот вопрос?

**1243.** Таракан и два жука могут ползать по большому горизонтальному столу. Каждый из жуков может развивать скорость до  $1$  см/с. В первый момент насекомые находятся в вершинах равностороннего треугольника. Какую скорость должен уметь развивать таракан, чтобы при любых перемещениях жуков треугольник оставался равносторонним?

**1244.** Бытовой холодильник поддерживает в камере постоянную температуру  $-12^\circ\text{C}$ . При температуре в комнате  $+25^\circ\text{C}$  его мотор включается каждые  $8$  минут и, проработав  $5$  минут, выключается. Считая холодильник идеальной тепловой машиной, работающей по обращенному циклу, предскажите – как часто и на какое время он станет включаться, если в комнате

температура понизится до  $+15^{\circ}\text{C}$ . При какой максимальной температуре в комнате он сможет поддерживать в камере заданную температуру?

**1245.** В схеме на рисунке 187 амперметр показывает ток 10 мА, вольтметр – напряжение 2 В. После того как резистор отключили от вольтметра и подключили параллельно амперметру, показания амперметра уменьшились до 2,5 мА. Определите по этим данным сопротивление резистора. Чему равно сопротивление вольтметра? Можно ли определить по этим данным сопротивление амперметра и напряжение батареи? Батарею считать идеальной.

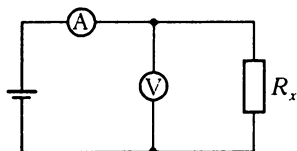


Рис. 187

**1246.** Два одинаковых  $LC$ -контуров находятся далеко друг от друга. В первом возбуждены колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе  $U_0$ . В тот момент, когда напряжение на конденсаторе оказалось нулевым, подключают проводами второй контур (рис. 188). Опишите процессы в цепи после подключения. Что изменится, если подключение произвести в тот момент, когда напряжение на конденсаторе максимально?

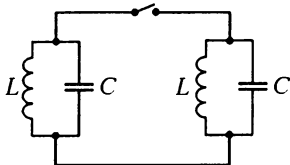


Рис. 188

**1247.** На противоположных стенах комнаты висят друг против друга два одинаковых круглых зеркала диаметром 1 м. Наблюдатель находится на оси симметрии оптической системы и смотрит на одно из зеркал. Сколько «вложенных» отражений он сможет насчитать, если угловое разрешение его глаза  $1'$ ? Зеркала находятся на расстоянии 5 м друг от друга. Размерами головы наблюдателя пренебречь.

**1248.** На горизонтальной доске лежит кусок мела. Доске мгновенно придают горизонтальную скорость  $v_0$  и останавливают доску тоже мгновенно через время  $\tau$  после первого толчка. Коэффициент трения между мелом и доской  $\mu$ . Найдите длину следа мела на доске и полное смещение мела относительно доски.

**1249.** Круглую пластинку диаметром  $d = 40$  мм и толщиной  $a = 0,5$  мм осторожно положили на поверхность воды. Благодаря поверхностному натяжению она осталась на плаву, причем в месте соприкосновения верхней плоскости пластинки с водой

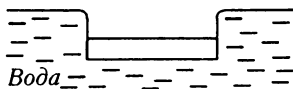


Рис. 189

тинки с поверхностью воды угол между ними оказался равным  $90^\circ$  (рис.189). Определите плотность материала пластинки. Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$ .

**1250.** В схеме на рисунке 190 все амперметры одинаковые и все резисторы  $R_x$  тоже одинаковые. Верхний амперметр показывает ток  $I_B = 1 \text{ мА}$ , средний – ток  $I_C = 4 \text{ мА}$ . Напряжение батарейки  $U_0 = 4,5 \text{ В}$ . Что показывает нижний амперметр? Чему равно  $R_x$ ?

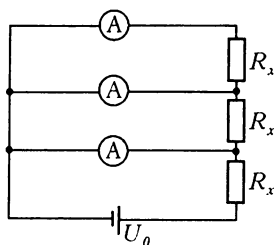


Рис. 190

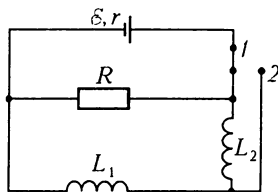


Рис. 191

**1251.** В схеме, приведенной на рисунке 191, после установления токов мгновенно перебрасывают ключ из положения 1 в положение 2. Считая катушки идеальными, определите количество теплоты, которое выделится на резисторе  $R$  после переключения. ЭДС источника  $\varepsilon$ , внутреннее сопротивление  $r$ .

**1252.** Вертикальную спицу двигают перед дисплеем слева направо со скоростью  $v = 1 \text{ м/с}$ , при этом на светящемся экране отчетливо видна наклонная «тень» спицы. Почему это происходит? Чему равен угол наклона «тени» к вертикали? Электронный луч рисует полный кадр за время  $t = 0,02 \text{ с}$ , число строк в кадре примите равным  $n = 512$ . Будет ли угол таким же, если двигать спицу перед телеэкраном?

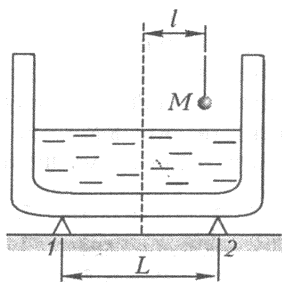


Рис. 192

**1253.** Прямоугольный сосуд с водой стоит на двух опорах, разнесенных на расстояние  $L$  друг от друга. Над сосудом на перекладине подвешен на нити кусок свинца массой  $M$  на расстоянии  $l$  от центра сосуда (рис.192). Силы реакции опор при этом равны  $N_1$  и  $N_2$ . Нить удлиняют так, что свинец погружается в воду. Какими станут после этого силы реакции опор? Плотность свинца в  $n$  раз больше плотности воды.

**1254.** В морозную осеннюю ночь на спокойной поверхности озера начинает нарастать лед и за 10 часов достигает толщины 10 см. Какой толщины достигнет лед, если такая температура продержится без изменений в течение 1000 часов? Считайте теплопроводность льда намного большей, чем теплопроводность воды. Озеро очень глубокое.

**1255.** Поверхность безжизненной планеты покрыта толстым слоем замерзшей углекислоты. Предлагается создать на планете атмосферу из чистого кислорода, разлагая углекислоту на углерод и кислород. За какое время это удастся сделать, если за 1 секунду разлагать  $10^6$  молей? Необходимо получить давление  $p = 0,2$  атм. Считайте, что у поверхности установится температура  $T = 200$  К, при которой испарением углекислоты можно пренебречь. Масса планеты  $M = 7,5 \cdot 10^{22}$  кг (примерно равна массе Луны), радиус  $R = 1750$  км.

**1256.** На кольцевой сердечник с большой магнитной проницаемостью намотана катушка, содержащая  $N = 2000$  витков и имеющая индуктивность  $L = 5$  Гн. К концам катушки подключен резистор сопротивлением  $R = 200$  Ом. Батарейку напряжением  $U_0 = 1,5$  В подключают между одним из концов катушки и витком номер 300, считая от этого конца. Какие токи будут течь по обеим частям катушки через время  $t = 0,1$  с после подключения? Батарейку считать идеальной, рассеянием магнитного потока пренебречь.

**1257.** Период свободных колебаний груза, висящего на пружине, оказался равным  $T_0$ . Груз с пружиной расположили на шероховатой горизонтальной поверхности (рис.193) и, сме-

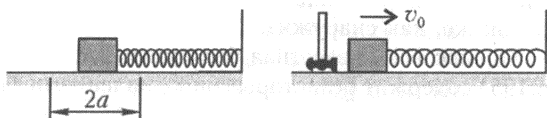


Рис. 193

щая груз влево и вправо, измерили ширину области, внутри которой груз может находиться в равновесии под действием силы трения и силы упругости пружины (так называемой зоны застоя), — она оказалась равной  $2a$ . В следующем опыте груз сместили из зоны-застоя на расстояние, существенно превышающее  $a$ , и наблюдали колебания груза. Каким окажется период колебаний?

Теперь поставим опыт иначе. Всякий раз, когда груз при колебаниях оказывается в крайнем левом положении, по грузу стучают молоточком, и скорость груза становится равной  $v_0$ .



Какова будет амплитуда установившихся колебаний груза? Предполагая, что амплитуда установившихся колебаний значительно больше ширины зоны застоя, определите, на сколько период установившихся колебаний отличается от периода свободных колебаний  $T_0$ .

**1258.** На горизонтальном столе находится катушка радиусом  $R$ . На катушку намотана тонкая невесомая нить, радиус намотки равен  $r$ . Нить пропущена через маленькое отверстие на высоте  $h$  от поверхности стола ( $h > R$ ). В начальный момент катушка неподвижна, а нить вертикальна (рис. 194). За нить начинают тянуть с постоянной силой  $F$ , и катушка катится по столу без проскальзывания. Найдите максимальную скорость катушки. Масса катушки  $M$ . Считайте, что половина всей массы сосредоточена на оси катушки, а вторая половина распределена по внешнему ободу радиусом  $R$ . Нить гладкая.

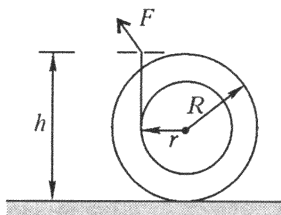


Рис. 194

Считайте, что половина всей массы сосредоточена на оси катушки, а вторая половина распределена по внешнему ободу радиусом  $R$ . Нить гладкая.

Считайте, что половина всей массы сосредоточена на оси катушки, а вторая половина распределена по внешнему ободу радиусом  $R$ . Нить гладкая.

**1259.** Свисток издает звук частотой  $f_0 = 2000$  Гц. Как изменится частота звука, если температура воздуха поднимается от 20 до 40 градусов по Цельсию? Какой тон будет издавать свисток в воздушном колоколе для подводных работ, в который подается дыхательная смесь из гелия и кислорода под давлением 1,5 атм? Парциальное давление кислорода принять равным 0,3 атм. Как изменится в этом колоколе тон речи человека? Нужно ли будет перестраивать гитару, чтобы она звучала в колоколе так же, как снаружи?

**1260.** Хорошо всем известная бесконечная цепочка резисторов (рис. 195) содержит резисторы сопротивлениями  $r$  и  $R$ . Чему

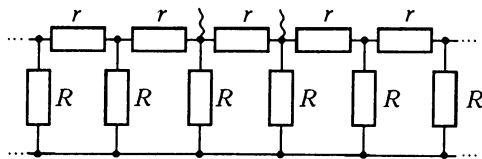


Рис. 195

равно сопротивление, измеренное между двумя соседними узлами (разделенными ровно одним резистором сопротивлением  $r$ )? Чему равно сопротивление, измеренное между двумя узлами, которые находятся очень далеко друг от друга? Найдите это сопротивление в общем случае, когда между интересующими нас точками включено ровно  $n$  резисторов сопротивлением  $r$ .

**1261.** К батарее напряжением  $U_0 = 4\text{ В}$  последовательно подключены два конденсатора, емкости которых  $C_1 = 1\text{ мкФ}$  и  $C_2 = 3\text{ мкФ}$ . Катушку индуктивностью  $L = 1\text{ Гн}$  подключают параллельно конденсатору емкостью  $C_1$ . Найдите амплитуду тока в катушке. К моменту подключения катушки напряжения на конденсаторах считать установившимися. Потерями в цепи пренебречь.

**1262.** Электрический вентилятор с асинхронным двигателем, включенный в сеть напряжением  $220\text{ В}$ , развивает скорость  $1800\text{ об/мин}$ . Чтобы он не гудел так громко, его подключают через автотрансформатор к напряжению  $127\text{ В}$ . С какой скоростью он будет вращаться? Считайте, что нагрузка на лопасти вентилятора определяется перегоняемым воздушным потоком. Трением в подшипниках пренебречь. Силу тока в обмотках статора считать зависящей только от приложенного напряжения.

**1263.** При разгоне ракеты масса ее уменьшается. При какой скорости ракеты будет максимальной ее кинетическая энергия, если расход топлива постоянен? Скорость газов относительно ракеты  $v_0$ , начальная скорость ракеты равна нулю. Разгон производят далеко от Земли, так что влиянием силы тяжести можно пренебречь.

**1264.** Вычислите диаметр, массу и длину вольфрамовой нити накала лампочки с параметрами  $220\text{ В}$ ,  $100\text{ Вт}$ . Рабочая температура нити  $2700\text{ }^\circ\text{С}$ . При этой температуре удельное сопротивление вольфрама равно  $90 \cdot 10^{-6}\text{ Ом} \cdot \text{см}$ , а мощность излучения с единицы поверхности нити составляет  $153\text{ Вт/см}^2$ . Плотность вольфрама в 19 раз больше, чем плотность воды. Считайте, что нить свита из проволоки круглого сечения.

**1265.** В однородном магнитном поле вращается по круговой орбите электрон. Индукцию поля медленно (за время, во много раз превышающее период обращения электрона) увеличивают в три раза. Во сколько раз изменится радиус орбиты электрона?

**1266.** Две металлические сферы радиусом  $R$  каждая удалены друг от друга на большое расстояние и соединены друг с другом очень тонким проводником, в разрыв которого включена катушка индуктивностью  $L$ . На одну из сфер помещают электрический заряд. Через какое время заряд этой сферы уменьшится в два раза? Через какое время заряд снова станет таким же, как в первый момент?

**1267.** Точечный источник альфа-частиц испускает их во все стороны равномерно. На расстоянии  $10\text{ см}$  от источника распо-

ложили фотопластинку размером  $20 \times 20$  см, и за 10 секунд экспозиции на ней оказалось 200 следов от попавших частиц. Сколько всего частиц испускает источник за час?

### 1991 год

**1268.** Сферический стеклянный аквариум заполнен водой и вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси. После того как оболочку мгновенно затормозили и отпустили, угловая скорость вращения установилась в 1,5 раз меньшей, чем была вначале. Какую часть массы аквариума составляет вода? Считать, что стекло имеет плотность в три раза большую, чем вода.

**1269.** Вагон массой  $M$  и длиной  $L$  может без трения двигаться по рельсам. Он заполнен газом и разделен посередине подвижной невесомой вертикальной перегородкой. Вначале температура газа равна  $T$ . В правой половине вагона включают нагреватель и доводят температуру газа до  $2T$ , в левой части температура остается прежней. Найдите перемещение вагона, если масса всего газа  $m$ .

**1270.** Неоновая лампа НЛ (рис.196) вспыхивает при увеличении напряжения до  $U_1 = 80$  В и гаснет при уменьшении напряжения до  $U_2 = 25$  В. Конденсатор емкостью  $C_1 = 10$  мкФ заряжают до напряжения  $U_0 = 300$  В и подключают к схеме (генератору пилообразного напряжения). Сколько раз вспыхнет неоновая лампа? Какое количество теплоты выделится в системе, если  $C_2 = 0,1$  мкФ,  $R = 1$  МОм?

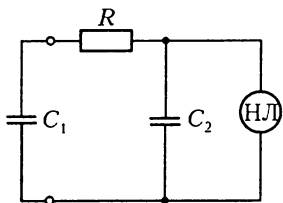


Рис. 196

**1271.** Два одинаковых проволочных кольца радиусом  $R$  и массой  $m$  каждое находятся в однородном магнитном поле, индукция которого равна  $B_0$  и направлена перпендикулярно плоскости колец (рис.197). В точках соприкосновения  $A$  и  $C$  кольца имеют хороший электрический контакт.

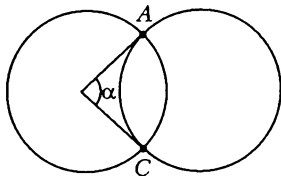


Рис. 197

Угол  $\alpha = \pi/3$ . Какую скорость приобретет каждое из колец, если выключить магнитное поле? Электрическое сопротивление куска проволоки, из которого сделано кольцо, равно  $r$ . Индуктивность колец не учитывать. Смещением колец за время выключения поля пренебречь. Трения нет.

**1272.** Электрическая лампочка включена в сеть с частотой 50 Гц последовательно с катушкой, индуктивность которой 1 Гн. Параллельно лампочке подключили конденсатор неизвестной емкости, и оказалось, что лампочка горит при этом с той же яркостью, что и без конденсатора. Определите его емкость.

**1273.** Веревка длиной  $l$  закреплена одним из своих концов в вершине сферы радиусом  $R$ . В некоторый момент веревку отпускают. Найдите ускорение веревки сразу после этого. Трение отсутствует.

**1274.** В теплоизолированном сосуде, разделенном пополам перегородкой, находится пар, близкий к насыщению; в левой части при температуре  $+20^\circ\text{C}$ , а в правой – при  $+50^\circ\text{C}$ . Перегородку удаляют. Какое давление установится в сосуде? Какое давление в нем будет, если нагреть содержимое до  $+50^\circ\text{C}$ ; охладить до  $+20^\circ\text{C}$ ? Воды в сосуде первоначально нет. Необходимые для расчета данные возьмите в таблицах.

**1275.** Точечную частицу, имеющую массу  $m$  и заряд  $Q$ , помещают на расстоянии  $L$  от бесконечной проводящей плоскости и отпускают. За какое время частица долетит до плоскости? Сила тяжести отсутствует.

*Подсказка.* Можно воспользоваться методом зеркальных отражений.

**1276.** На высоте  $H = 20$  м над плоскостью пола в вершинах квадрата со стороной  $l = 1$  м расположены четыре одинаковых громкоговорителя. На них подается синусоидальный сигнал частотой  $f = 1$  кГц. На каком расстоянии от точки максимальной громкости на полу громкость падает до нуля?

**1277.** Из тонкой проволоки сделали замкнутую фигуру, изображенную на рисунке 198. Радиус полуокружности равен  $R$ . Где находится центр тяжести этой фигуры? Чему равен период малых колебаний относительно точки  $O$ ?

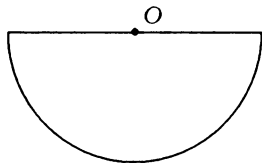


Рис. 198

**1278.** Летевший вертикально вверх снаряд взорвался на максимальной высоте. Осколки снаряда выпадали на землю в течение промежутка времени  $t$ . Найдите скорость осколков в момент взрыва.

**1279.** Прочный цилиндрический сосуд объемом  $V = 10$  л, содержащий  $m = 3$  г кислорода, разделяют тонкой перепонкой, которая выдерживает разность давлений  $\Delta p = 1000$  Па. В левой части сосуда, она составляет  $1/3$  объема сосуда, включают нагреватель. Благодаря теплопроводности перепонки, тепло пе-

ретекает в правую часть сосуда. Известно, что при разности температур  $\Delta T = 1$  К за одну секунду перетекает количество теплоты  $\Delta Q = 0,2$  Дж. При какой максимальной мощности нагревателя перепонка останется целой в процессе длительного нагревания?

**1280.** В коробке с тремя выводами  $A$ ,  $B$  и  $V$  находится неизвестная схема, состоящая из резисторов. При помощи омметра измерены сопротивления между различными выводами:  $R_{AB} = 10$  Ом,  $R_{BV} = 20$  Ом,  $R_{AV} = 30$  Ом. К точкам  $A$  и  $V$  подключают батарейку напряжением  $U = 1,5$  В, а между  $B$  и  $V$  включают амперметр, сопротивление которого  $r = 5$  Ом. Что он покажет?

**1281.** Из пяти одинаковых конденсаторов и катушки собрана схема, показанная на рисунке 199. Найдите максимальный ток через катушку после подключения батарейки напряжением  $U_0$ . Найдите также максимальное напряжение на параллельно соединенных конденсаторах. Сопротивление проводов считать малым.

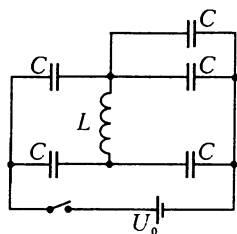


Рис. 199

**1282.** Куб с ребром  $a = 10$  см, имеющий массу  $M = 1$  кг, подвешен на пружине жесткостью  $k = 400$  Н/м так, что его основание параллельно земле. Снизу на куб направляют поток упругих шариков,

обладающих скоростью  $v_0 = 20$  м/с на высоте первоначального положения основания куба. Куб начинает колебаться, двигаясь поступательно. Найдите период этих колебаний. Оцените время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшится в 2 раза. Масса каждого шарика  $m = 1$  г, концентрация шариков в потоке  $n = 1000$  м<sup>-3</sup>, столкновениями шариков между собой пренебречь.

**1283.** Перед закрытым шламбаумом стоит человек с тяжелой тележкой. Ему нужно как можно быстрее попасть в магазин, находящийся на расстоянии 300 м от шламбаума. Максимальная

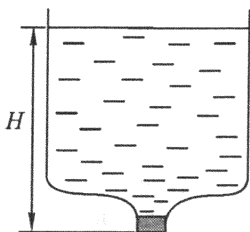


Рис. 200

сила, с которой человек может действовать на тележку, равна 500 Н, наибольшая скорость тележки 5 м/с, масса нагруженной тележки 2000 кг. Известно, что шламбаум откроется ровно через 30 с. За какое минимальное время человек сможет доставить груз в магазин?

**1284.** Большой сосуд массой  $m$  заполняют водой через небольшое отверстие в дне сосуда (рис.200). Для того чтобы

закачать в сосуд массу  $M$  воды, пришлось совершить работу  $A$ . Отверстие открывают, и вода начинает вытекать. Одновременно поднимают сосуд так, чтобы верхняя граница воды в нем оставалась на одной высоте относительно земли. Какую работу придется совершить до того момента, когда сосуд опустеет?

**1285.** На квадратном деревянном плоту размером  $2 \times 2 \times 0,3$  м, сделанном из дерева плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$ , стоит физик массой  $80 \text{ кг}$ . На какое расстояние от центра плота он должен отойти, чтобы край плота окунулся в воду?

**1286.** На непроводящий стержень, изогнутый под прямым углом, насажены две бусинки массой  $M$  каждая, несущие заряды противоположных знаков  $Q$  и  $-Q$  (рис.201). В начальный момент бусинки неподвижны и находятся на

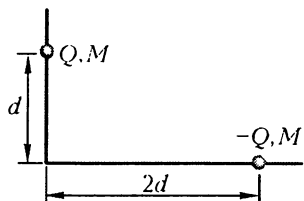


Рис. 201

расстояниях  $d$  и  $2d$  от вершины угла. Отпустим их. Где окажется дальняя бусинка в тот момент, когда ближняя доедет до вершины угла? Найдите скорости бусинок в тот момент, когда расстояние между ними составит  $d$ .

**1287.** Неподалеку от включенного в сеть трансформатора поместили замкнутый виток из медной проволоки. Ток в нем оказался сдвинутым по фазе на  $\pi/4$  относительно тока в обмотке трансформатора. Во сколько раз изменится мощность, рассеиваемая в витке, если сделать его не из меди, а из нихрома, сохранив все размеры неизменными? Удельное сопротивление у нихрома в 65 раз выше, чем у меди. Амплитуду тока в обмотке трансформатора считать одинаковой в обоих случаях.

**1288.** Посредине большой круглой комнаты диаметром  $20 \text{ м}$  с высотой потолка  $3,2 \text{ м}$  стоит большой сейф в виде куба с ребром  $3 \text{ м}$ . При помощи игрушечной катапульты, расположенной на полу, мы хотим забросить камешек на середину крыши сейфа так, чтобы камешек не коснулся потолка. Какая минимальная скорость для этого необходима? При какой высоте потолка в комнате это вообще возможно?

**1289.** В теплоизолированный цилиндрический сосуд поместили кусок льда с температурой  $0^\circ\text{C}$  и прочно прикрепили его ко дну, а затем залили его таким же по массе количеством воды. Вода достигла уровня  $h = 20 \text{ см}$ , полностью покрыв лед. Определите, какова была температура этой воды, если после установления теплового равновесия ее уровень опустился на  $b = 0,4 \text{ см}$ . Некоторые данные возьмите из таблиц.

**1290.** Между двумя параллельными шинами включены конденсаторы с емкостями  $C_1$  и  $C_2$  (рис.202). Проводящая перемычка длиной  $L$  с конденсатором емкостью  $C_3$  касается шин. Перпендикулярно плоскости шин направлено однородное магнитное поле с индукцией  $B$ . Перемычка движется с постоянной скоростью  $v$ . Найдите заряд на конденсаторе емкостью  $C_3$ .

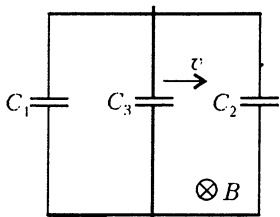


Рис. 202

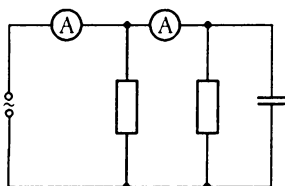


Рис. 203

**1291.** Схема из двух одинаковых резисторов и конденсатора подключена к сети переменного напряжения 36 В, 50 Гц (рис.203). Показания первого амперметра 0,3 А, второго 0,2 А. Считая приборы идеальными, найдите сопротивления резисторов и емкость конденсатора.

**1292.** На расстоянии 20 см от точечного источника света помещена собирающая линза диаметром 1 см с фокусным расстоянием 10 см, а на расстоянии 50 см от источника – собирающая линза диаметром 10 см с фокусным расстоянием 20 см. Главные оптические оси линз совпадают, источник находится на оси. На каком расстоянии за большой линзой нужно поместить экран, чтобы световое пятно на нем имело минимальный внешний диаметр? Найдите диаметр этого пятна. Изменится ли освещенность пятна, если убрать маленькую линзу?

**1293.** Цилиндрический сосуд с легким и тонким приставным дном, плотно прилегающим к стенкам сосуда, опущен в воду так, что дно находится на глубине  $H = 4$  см, и удерживается неподвижно (рис.204). Гирю какой минимальной массы и куда надо поставить на дно, чтобы дно отвалилось? Диаметр дна  $D = 10$  см, размеры гири считать малыми по сравнению с диаметром сосуда.

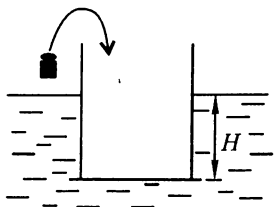


Рис. 204

**1294.** Одна сторона тонкой металлической пластинки освещена солнцем. При температуре воздуха  $T_0$  освещенная сторона имеет температуру  $T_1$ , противоположная – температуру  $T_2$ .

Какими будут значения температур, если взять пластинку двойной толщины?

**1295.** К точкам  $A$  и  $B$  подключена многосвязная резисторная цепь (рис.205). Каждое звено содержит два одинаковых резистора, сопротивления резисторов каждого следующего звена в два раза больше предыдущих. Каким будет сопротивление между точками  $A$  и  $B$  при очень большом числе звеньев? Резисторы в первом звене имеют сопротивление  $R$  каждый.

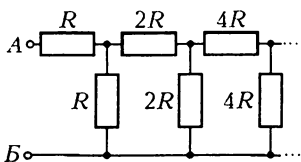


Рис. 205

**1296.** В  $LC$ -контуре происходят колебания. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе составляет  $U$ , а ток через катушку равен  $I$ , замыкают ключ  $K$ , присоединяя параллельно контуру цепь, состоящую из параллельно соединенных резистора сопротивлением  $R$  и катушки индуктивностью  $2L$  (рис.206). Определите полное количество теплоты, которое выделится в резисторе.

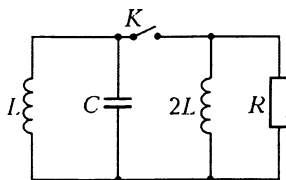


Рис. 206

**1297.** Параллельно главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  движется точечный источник света. На каком расстоянии от линзы он окажется в тот момент, когда скорость изображения его в линзе будет равна по величине скорости источника? Расстояние от главной оптической оси линзы до источника  $H = F/4$ .

**1298.** Тяжелый шарик подбросили вверх со скоростью  $v_0$ . Считая силу сопротивления пропорциональной скорости шарика, найдите отрезок времени, через который шарик упадет в точку, откуда он был брошен. При скорости  $v_0$  сила сопротивления  $F = \alpha v_0 \gg mg$  (здесь  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности,  $m$  – масса шарика).

**1299.** Черный шарик радиусом  $r = 1$  мм подвешен на тонкой нити длиной  $l = 1$  м. Вся система помещена в вакуумированную стеклянную трубку с аргонном при давлении  $p_0 = 0,1$  Па. Шарик освещают горизонтальным пучком света, плотность потока энергии в котором  $w_0 = 100$  Дж/(м<sup>2</sup> · с). Оцените величину отклонения шарика от положения равновесия под действием света. Теплопроводностью шарика пренебречь. Учесть, что абсолютно черное тело, нагретое до абсолютной температуры  $T$ , излучает с единицы поверхности за единицу времени энергию, равную



$\sigma T^4$ , где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ . Температура газа в трубке постоянна и равна  $T_0 = 293 \text{ К}$ . Молярная масса аргона  $M = 0,04 \text{ кг/моль}$ , плотность шарика  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .

**1300.** Известно, что при внесении незаряженной проводящей сферы в однородное электрическое поле напряженностью  $E_0$ ,

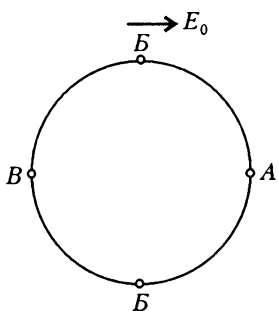


Рис. 207

напряженность поля вблизи точки  $A$  (рис.207) оказывается равной  $3E_0$ , а вблизи точек  $B$  – нулю. Определите напряженность поля вблизи точки  $B$ . Найдите полный заряд, индуцированный на полусфере  $BA'B$ . Радиус сферы равен  $R$ .

**1301.** На тороидальном сердечнике симметрично расположены три одинаковые обмотки, образующие трансформатор. Одну из обмоток подключили к источнику переменного напряжения, вторую оставили разомкнутой, а к третьей

подключили вольтметр. Оказалось, что вольтметр в этом случае показывает половину напряжения источника. Что он покажет, если вторую обмотку замкнуть накоротко? Считайте сопротивления обмоток пренебрежимо малыми, вольтметр и источник – идеальными, магнитную проницаемость сердечника – не изменяющейся при различных значениях магнитной индукции.

**1302.** На прислоненное к стенке тело массой  $M$  перпендикулярно стенке действует сила, изменяющаяся по гармоническому закону  $F = F_0 \cos \omega t$ . Между телом и стенкой помещают невесомую пружину. Какой должна быть ее жесткость, чтобы амплитуда силы, действующей на стенку, отличалась от  $F_0$  в 3 раза?

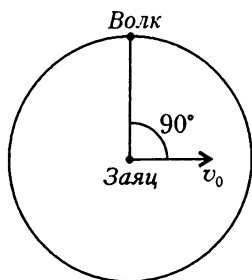


Рис. 208

**1303.** На горизонтальной поверхности льда нарисована окружность радиусом  $R = 10 \text{ м}$ . В центре окружности находится заяц, а волк, как вы уже догадались, – на окружности. Заяц движется по прямой с постоянной скоростью  $v_0 = 2 \text{ м/с}$ , как показано на рисунке 208. Волк должен двигаться по окружности так, чтобы расстояние между ним и зайцем все время оставалось равным начальному. До какой точки окружности волк сможет добраться, не

нарушая правил игры? Коэффициент трения о лед  $\mu = 0,05$ . Волк движется строго по окружности, не подпрыгивая.

**1304.** КПД тепловой машины в цикле  $1-2-3-1$  (рис.209), состоящем из изотермы  $1-2$ , изохоры  $2-3$  и адиабаты  $3-1$ , равен  $\eta_1$ . В цикле  $1-3-4-1$ , состоящем из адиабаты  $1-3$ , изотермы  $3-4$  и изохоры  $4-1$ , КПД равен  $\eta_2$ . Чему равен КПД тепловой машины, работающей по циклу  $1-2-3-4-1$ ? Рабочим веществом является идеальный газ.

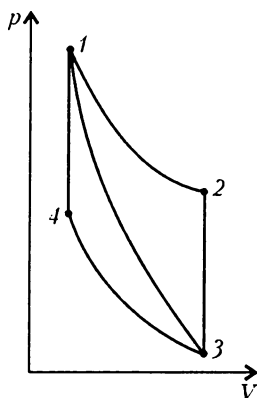


Рис. 209

**1305.** В схеме на рисунке 210 напряжение батарейки  $U_0 = 10$  В, емкость конденсатора  $C = 1$  мкФ, сопротивление гальванометра  $R = 1$  кОм. Десять раз в секунду конденсатор отключают от цепи и сразу же подключают обратно, поменяв местами его выводы. Какой ток показывает гальванометр? Во сколько раз изменится ток при увеличении емкости конденсатора до 1000 мкФ? При такой частоте переключений стрелка гальванометра практически не дрожит.

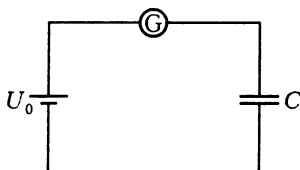


Рис. 210

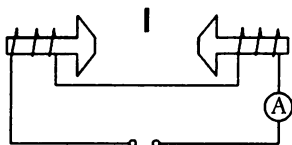


Рис. 211

**1306.** Известны опыты, в которых диски, сделанные из немагнитных материалов, падают в неоднородном магнитном поле между полюсами электромагнита практически без ускорения (рис.211). В одном из опытов были исследованы четыре диска одинаковых размеров – из серебра, платины, цинка и неизвестного металла. Диск из серебра падал в зазоре электромагнита с некоторой постоянной скоростью  $v$  при токе в обмотке  $I_1 = 0,41$  А. Диск из платины падал с той же скоростью при токе в обмотке  $I_2 = 1,39$  А. При каком токе диск из цинка будет падать с той же скоростью? Из какого материала сделан четвертый диск, если он падал с той же скоростью при токе  $I_3 = 0,29$  А? Считайте, что в данном диапазоне токов поле в зазоре электромагнита пропорционально величине тока. Необходимые данные о материалах возьмите из прилагаемой таблицы:

Материал	$\rho$ , Ом $\cdot$ мм <sup>2</sup> /м (при 20 °С )	$\alpha$ , град <sup>-1</sup> (при 20 °С )	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температура плавления, °С
Алюминий	0,032	0,038	2,6 – 2,8	660
Бронза	0,12	0,004	7,4 – 8,8	1000
Вольфрам	0,055	0,0051	19,0	3387
Золото	0,024	0,0039	19,3	1063
Кобальт	0,097	0,0033	8,8	1490
Латунь	0,06 – 0,09	0,001 – 0,007	8,4 – 8,7	900
Медь	0,017	0,0043	8,6 – 9,0	1083
Молибден	0,048	0,0050	10,2	2622
Никель	0,11	0,0027	8,8	1452
Олово	0,11	0,0044	7,3	232
Платина	0,09	0,0038	21,4	1773
Свинец	0,21	0,0042	11,3	327
Серебро	0,016	0,0040	10,5	961
Сталь	0,199	0,0016 – 0,0042	7,5 – 7,9	1500
Хром	0,027	0,0042	6,7	1700
Цинк	0,060	0,0039	6,8 – 7,1	419

**1307.** Квант электромагнитного излучения испытывает рассеяние на покоящемся электроне (так называемый комптон-эффект). При этом рассеянный квант изменяет частоту, а электрон получает импульс отдачи  $p$ . Определите, под какими углами по отношению к направлению падающего излучения может двигаться электрон с данным импульсом. Считайте, что скорость электрона существенно меньше, чем скорость света.

**1308.** У левого края тележки длиной  $L = 0,2$  м и массой  $M = 1$  кг лежит кубик массой  $m = 0,3$  кг (рис.212). Кубику толчком

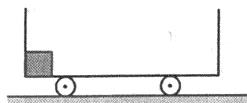


Рис. 212

придают горизонтальную скорость  $v_0 = 1$  м/с вправо. Считая, что тележка в начальный момент неподвижна, определите, на каком расстоянии от левого края тележки будет находиться кубик после того, как проскальзывание его относительно тележки прекратится. Коэффициент трения кубика о дно

тележки  $\mu = 0,1$ . Удары кубика о стенки считать абсолютно упругими. Тележка едет по столу без трения.

**1309.** На рисунке 213 представлена фотография двух плоскопараллельных пластинок, составляющих между собой некоторый угол  $\alpha$ , частично погруженных в воду. Горизонтальный размер пластинок равен 12 см. По форме границы раздела между

жидкостью и воздухом оцените угол  $\alpha$ . Смачивание считать полным.

**1310.** В сосуде под поршнем находится некоторое количество жидкого азота и его паров при температуре  $T_1 = 78$  К (точка 1 на рисунке 214). Поршень медленно отодвигают, увеличивая объем сосуда при постоянной температуре (участок 1–2–3). В точке 3 давление в сосуде становится равным 686 мм рт.

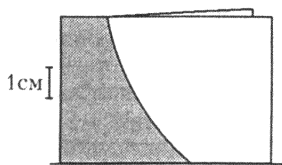


Рис. 213

ст. Поршень закрепляют и охлаждают сосуд до  $T_2 = 76$  К, давление при этом уменьшается до 657 мм рт. ст. (точка 4). Каким будет давление в сосуде, если при этой температуре медленно передвинуть поршень в начальное положение? Какая масса жидкости первоначально была в сосуде? Молярная масса азота  $M = 28$  г/моль. Плотность ртути  $\rho = 13,6$  г/см<sup>3</sup>.

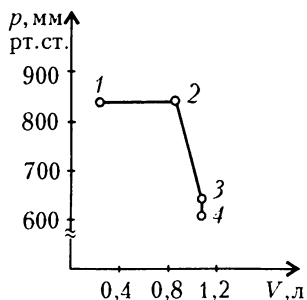


Рис. 214

**1311.** Лампочку для карманного фонаря подключают к источнику напряжения длинными проводами. При длине проводов 10 м ток через лампочку оказался равным 0,17 А, при 20 м – 0,13 А. Каким будет ток через лампочку при длине проводов 40 м? Каким станет этот ток, если лампочку подключить прямо к источнику? Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало. Зависимость тока через лампочку от напряжения на ней приведена на рисунке 215.

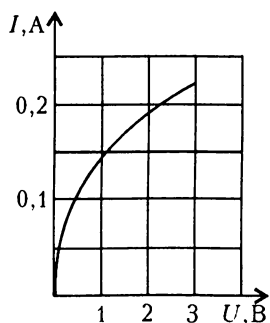


Рис. 215

**1312.** Катушка равномерно намотана на кольцо из феррита с магнитной проницаемостью  $\mu = 3000$ . Внешний диаметр кольца  $D_1 = 2$  см, внутренний  $D_2 = 1,6$  см. Индуктивность катушки  $L = 0,1$  Гн. Какой была бы индуктивность катушки, если бы ее сердечник состоял из двух полуколец, прижатых друг к другу неплотно – с зазором шириной  $d = 0,1$  мм? Во сколько раз изменилась бы эта индуктивность при замене материала полуколец на феррит с  $\mu_1 = 2000$ ?

**1313.** Шмель может лететь вертикально вверх с максимальной скоростью  $v_1$ , а вниз – со скоростью  $v_2$ . Считая «силу тяги»

шмеля не зависящей от направления полета, а силу сопротивления воздуха пропорциональной скорости шмеля, определите максимальную скорость полета шмеля под углом  $\alpha$  к горизонту.

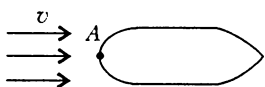


Рис. 216

**1314.** Модель дирижабля обдувают в аэродинамической трубе потоком воздуха со скоростью  $v = 300$  м/с. В точке

A (точно по оси) скорость потока обращается в ноль (рис.216). Найдите температуру воздуха около этой точки. Наружная температура  $T = 300$  К.

**1315.** Для измерения напряженности ( $E$ ) электростатического поля в опыте используют плоский конденсатор ( $S = 100$  см<sup>2</sup>,  $d = 1$  мм), одна из пластин которого

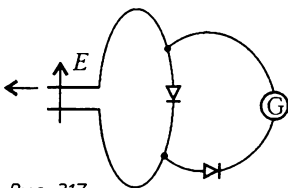


Рис. 217

неподвижна (рис.217). Другую пластину периодически с помощью специального механического устройства скачком убирают в сторону, резко уменьшая емкость конденсатора. Считая элементы измерительной цепи (диоды и гальванометр) идеальными,

найдите показания гальванометра при  $E = 1000$  В/см и периоде механических толчков  $T = 0,01$  с. Подумайте, сильно ли зависит ответ от возможной неидеальности диодов и гальванометра.

**1316.** Полупроводниковый терморезистор имеет зависимость сопротивления от температуры вида  $R = R_0(1 - \alpha t)$ . Когда терморезистор нагрет до температуры  $t$ , он рассеивает в окружающую среду мощность  $P = B(t - t_{\text{окр}})$ . Какой ток будет течь в цепи, если к терморезистору подключить источник напряжением  $U$ ?

**1317.** К усилителю низкой частоты подключаем громкоговоритель и микрофон и устанавливаем их на расстоянии 0,5 м друг от друга. Плавно увеличивая усиление, добьемся того, что система «завоеет». Оцените частоту звука при этом. Что изменится, если выводы громкоговорителя поменять местами?

*Примечание.* Такой опыт легко проделать при помощи обычного магнитофона.

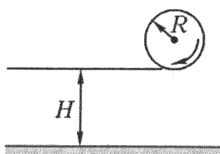


Рис. 218

**1318.** Велосипедное колесо, отпущенное с высоты  $H = 1$  м (рис.218), подпрыгивает на высоту  $h = 0,8$  м. Закрутим теперь колесо до скорости  $n = 2$  об/с и отпустим с той же высоты. Под каким углом к вертикали оно отскочит от пола? А если увеличить скорость вращения в 2 раза; еще

в 2 раза? Коэффициент трения о горизонтальную поверхность  $\mu = 0,7$ , радиус колеса  $R = 0,5$  м.

**1319.** Стальную струну диаметром  $d = 1$  мм и длиной  $l = 1$  м натянули и закрепили ее концы на одной высоте. К середине струны прикрепили груз массой  $M = 1$  кг. Найдите «провис» струны. Каким он станет, если уменьшить температуру на  $\Delta T = 1$  К? Модуль Юнга для стали  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, коэффициент линейного расширения  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$  К<sup>-1</sup>. Расстояние между точками подвеса не меняется.

**1320.** В схеме, изображенной на рисунке 219, батарея идеальная, а резисторы – кроме  $R_x$  и  $R_y$  – имеют сопротивления по 10 Ом каждый. Напряжение между точками  $A$  и  $B$  составляет 4 В, а между  $B$  и  $C$  – 2 В. Найдите величины  $R_x$  и  $R_y$ .

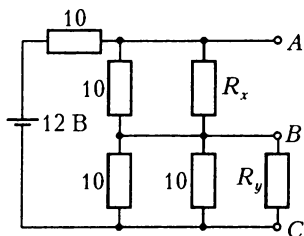


Рис. 219

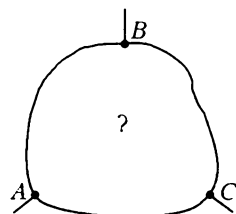


Рис. 220

**1321.** В «черном ящике» с тремя выводами (рис.220) находится схема, состоящая из резистора сопротивлением  $R = 100$  Ом, катушки индуктивности и конденсатора. При измерениях на переменном токе ( $\omega = 1000$  с<sup>-1</sup>) были определены значения сопротивлений  $R_{AB} = 75$  Ом и  $R_{BC} = 125$  Ом. Может ли индуктивность катушки быть равной 1 Гн? Ответ обоснуйте схемами и расчетом. На данной частоте катушку и конденсатор считайте идеальными.

**1322.** Космический корабль совершает перелет от Земли к Марсу по орбите Гоманна – Цандера (перигелий этой орбиты находится на орбите Земли, а афелий – на орбите Марса). Найдите время этого перелета, а также минимальное время, в течение которого космонавтам придется ожидать на Марсе момента отправления в обратный путь по той же орбите. Период обращения Земли вокруг Солнца равен  $T_3 = 365,25$  суток, Марса –  $T_M = 687$  суток. Орбиты планет считайте круговыми и лежащими в одной плоскости.

**1323.** Тело немного сместили из положения неустойчивого равновесия, и оно поехало. При этом скорость удаления от

начальной точки возрастает по закону  $v(x) = A\sqrt{x}$ , где  $x$  – расстояние до начальной точки,  $A$  – постоянный коэффициент. Через какое время тело окажется на расстоянии  $L$ ?

**1324.** В кастрюлю-скороварку налили немного воды, закрыли герметично и поставили на огонь. К тому моменту, когда вся вода испарилась, температура кастрюли оказалась  $115^\circ\text{C}$ , а давление внутри было 3 атм. Какую часть объема вначале занимала вода? Начальная температура  $20^\circ\text{C}$ .

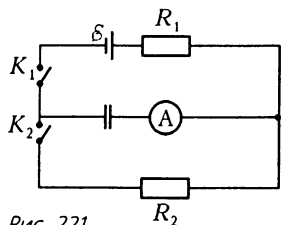


Рис. 221

**1325.** В схеме, изображенной на рисунке 221, ключи  $K_1$  и  $K_2$  в начальный момент разомкнуты. Через некоторое время после замыкания ключа  $K_1$  ток через амперметр составляет  $I = 1$  мкА. В этот момент замыкают ключ  $K_2$ . Каким станет ток через амперметр сразу после этого? ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 100$  В, сопротивления резисторов  $R_1 = 50$  МОм,  $R_2 = 100$  МОм. Конденсатор, батарею, амперметр считайте идеальными.

**1326.** Радиолюбителям хорошо известна схема, приведенная на рисунке 222. Считая диоды и конденсаторы идеальными, определите показания высокоомного вольтметра при напряжении сети 220 В. Для чего может понадобиться такая схема?

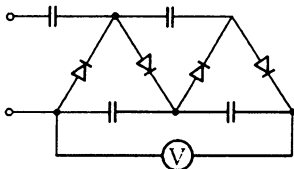


Рис. 222

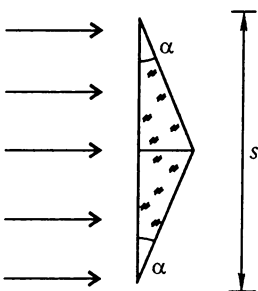


Рис. 223

**1327.** При нормальном падении света на бипризму Френеля (рис. 223) пучки света, преломленные каждой из половинок бипризмы, интерферируют между собой. На каком максимальном расстоянии от бипризмы еще будет наблюдаться интерференционная картина? Расстояние между вершинами бипризмы  $s = 4$  см, показатель преломления материала бипризмы  $n = 1,4$ , преломляющий угол  $\alpha = 0,001$  рад.

## 1992 год

**1328.** Клин массой  $M$  с длиной наклонной грани  $L$  и углом при основании  $\alpha$  покоится на гладкой горизонтальной плоскости. К верхней точке клина прикреплен конец очень

тонкой ленты, масса которой  $m = M/3$ , а длина  $L$ . Ленту заворачивают в клубок, после чего систему отпускают. Найдите максимальную скорость клина. Трением можно пренебречь.

**1329.** В цилиндре под поршнем находится  $\nu$  молей ненасыщенного водяного пара при температуре  $T_0$ . При медленном изобарическом охлаждении цилиндра половина пара сконденсировалась, а внутренняя энергия содержимого цилиндра уменьшилась на  $\Delta U$ . Какое количество теплоты пришлось при этом отвести от содержимого цилиндра, если температура в нем уменьшилась на  $\Delta T$ ? Объемом воды по сравнению с объемом пара можно пренебречь.

**1330.** К батарее с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением подключены последовательно друг другу два одинаковых миллиамперметра, которые показывают ток  $I_1 = 1$  мА. Параллельно одному из них подключают вольтметр, при этом показания этого миллиамперметра уменьшаются до  $I_2 = 0,8$  мА, а вольтметр показывает напряжение  $U = 0,3$  В. Что показывает при этом второй миллиамперметр? Чему равно напряжение батарейки? Каковы сопротивления приборов?

**1331.** К источнику с напряжением  $U = 10$  В подключили последовательно соединенные катушку индуктивностью  $L_0 = 0,1$  Гн и резистор сопротивлением  $R = 10$  Ом. Через некоторое время ток в цепи установился. После этого начинают вдвигать и выдвигать сердечник катушки таким образом, чтобы индуктивность изменялась по закону  $L = L_0(1 + 0,1 \sin \omega t)$ . При этом в цепи появляется переменная составляющая тока. Найдите амплитуду этой составляющей на частоте  $\omega = 1$  с<sup>-1</sup>. Какой станет амплитуда, если вдвигать и выдвигать сердечник в 10000 раз чаще?

**1332.** Падающий на тонкую линзу луч света пересекает главную оптическую ось под углом  $\alpha = 4^\circ$  на расстоянии  $d = 12$  см от линзы и выходит из нее под углом  $\beta = 8^\circ$  к главной оптической оси. Найдите фокусное расстояние линзы.

**1333.** Ведро с водой висит с ворота колодца, тяжелая ручка ворота находится в нижнем положении (рис. 224). Если ведро отпустить, оно начнет двигаться и достигнет дна колодца. Подберем количество воды таким, чтобы при его уменьшении ведро при движении не достигало дна. При каком положении ручки ворота система в этом случае может находиться в равновесии? Веревку считайте легкой. Трением можно пренебречь.

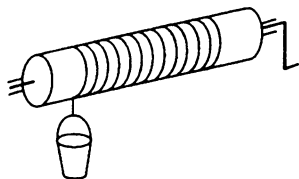


Рис. 224



**1334.** Тонкая квадратная пластинка  $AB\Gamma$  сделана из меди. Ее нагревают со стороны торца  $AB$ , поддерживая его температуру равной  $100^\circ\text{C}$ , и охлаждают со стороны трех остальных торцов, поддерживая их температуру равной  $0^\circ\text{C}$ . Найдите температуру в центре пластинки.

**1335.** Внутри длинной трубы, наполненной воздухом, двигают с постоянной скоростью поршень, при этом в трубе распространяется со скоростью  $320\text{ м/с}$  упругая волна. Считая перепад давлений на границе распространения волны равным  $1000\text{ Па}$ , оцените перепад температур. Давление в невозмущенном воздухе  $1\text{ атм}$ , температура  $300\text{ К}$ .

**1336.** Плоский конденсатор, состоящий из двух круглых пластин площадью  $S$ , находящихся на малом расстоянии  $d$  друг от друга, заряжают до разности потенциалов  $U$ . На одном и том же расстоянии  $L$  от обеих пластин помещают маленький шарик, масса которого  $m$  и заряд  $q$ . Шарик отпускают. Найдите его ускорение в первый момент после отпускания и предельную скорость, которую он наберет за большое время. Считайте

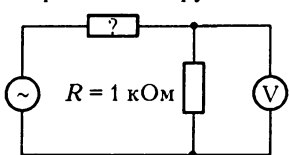


Рис. 225

расстояние  $L$  во много раз большим, чем размеры конденсатора. Силу тяжести не учитывайте.

**1337.** При исследовании на переменном токе «черного ящика» была использована схема, показанная на рисунке 225. Напряжение звукового генератора на всех частотах было равно  $1\text{ В}$ , показания милливольтметра на разных частотах приведены в таблице:

$f$ , кГц	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$U$ , мВ	540	90	195	380	520	620	690	750	790	820

Что может находиться внутри «черного ящика»? Рассчитайте параметры элементов предложенной вами схемы (постарайтесь обойтись без экзотических приборов, все равно никто их вам не доверит – еще испортите!).

**1338.** На горизонтальной поверхности стола покоится клин массой  $M$  с углом наклона  $\alpha$  к горизонту (рис.226). Со скоростью  $v_0$  на него наезжает маленькая тележка массой  $m$ .

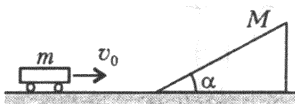


Рис. 226

Через какое время тележка съедет с клина? Какое расстояние проедет за это время клин? Въезд на клин сделан так, что тележка движется плавно, без толчков.

**1339.** Внутри большого мыльного пузыря находится маленький, радиус которого в 10 раз меньше. Воздух снаружи откачивают, после чего радиус большого пузыря увеличивается в 2 раза. Во сколько раз увеличится радиус внутреннего пузыря? Температуру считайте постоянной, влиянием силы тяжести можно пренебречь.

**1340.** В схеме, изображенной на рисунке 227, ключ очень быстро перебрасывают из положения *A* в положение *B* и обратно. Найдите среднее значение тока через резистор сопротивлением  $2R$ . Какой ток течет через батарею? В каждом положении ключ находится одинаковое время.

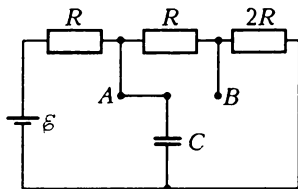


Рис. 227

**1341.** В однополупериодном выпрямителе для зарядки аккумулятора *A* (рис.228) «высох» электролитический конденсатор большой емкости – его емкость упала во много раз. Во сколько раз увеличится время, необходимое для зарядки аккумулятора? Действующее значение напряжения источника переменного тока  $U = 15$  В, напряжение аккумулятора  $\mathcal{E} = 12$  В. Диод считайте идеальным.

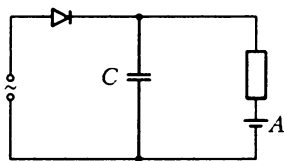


Рис. 228

**1342.** Если объектив фотоаппарата, имеющий фокусное расстояние  $F = 58$  мм и наведенный на бесконечность, направить на Солнце, то при диаметре входного отверстия (диафрагмы) объектива больше чем  $d = 11$  мм прожигается шторка затвора фотоаппарата. На какое расстояние нужно навести объектив, чтобы даже при существенно большем диаметре входного отверстия его можно было без опаски направлять на Солнце? Видимый с Земли угловой размер Солнца  $\alpha = 9,3 \cdot 10^{-3}$  рад. Считайте, что при наведении на бесконечность шторка затвора находится в фокальной плоскости объектива.

**1343.** Лиса видит зайца на расстоянии  $l = 160$  м. Заяц бежит по прямой с постоянной скоростью  $v_1 = 6$  м/с. Скорость лисы равна  $v_2 = 10$  м/с и в каждый момент направлена по прямой, соединяющей лису и зайца. В начальный момент скорость зайца перпендикулярна этой прямой. Где произойдет встреча? На сколько секунд раньше она могла бы произойти, если бы лиса была умнее?

**1344.** В теплоизолированном цилиндрическом сосуде под поршнем находится сильно разреженный гелий при температуре

$T_0 = 100$  К. Поршень очень медленно отодвигают на некоторое расстояние, после чего в сосуде устанавливается температура  $T_1 = 99$  К. Какая температура установится в сосуде, если поршень передвинуть очень быстро? Что такое «очень быстро» в этом случае? Сделайте оценку такой скорости передвижения поршня, при которой изменение температуры составит  $\Delta T = 0,5$  К.

**1345.** На расстоянии  $d = 10$  см от точечного заряда находится равномерно заряженная квадратная пластинка размером  $20 \times 20$  см, при этом заряд расположен на продолжении нормали к центру пластинки. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между пластинкой и зарядом, если расстояние  $d$  увеличить в 100 раз?

**1346.** Три одинаковых вольтметра подключены длинными проводами к точкам  $A$  и  $B$ , как показано на рисунке 229. Система

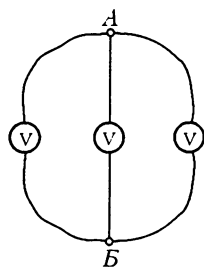


Рис. 229

находится в медленно изменяющемся магнитном поле. В некоторый момент показания крайних вольтметров составляют  $U_1 = 0,35$  В и  $U_3 = 0,1$  В. Что показывает средний вольтметр в это время?

**1347.** Тонкая сферическая линза из стекла имеет толщину  $d = 3$  мм и диаметр  $D = 4$  см. Линзу плашмя положили на поверхность воды, наполовину погрузив в нее. При этом изображение Солнца, стоящего в зените, оказалось на глубине  $h_1 = 17,5$  см. Когда линзу «притопили» другой стороной, получили  $h_2 = 13,5$  см. Чему равны радиусы кривизны поверхностей линзы? Коэффициент преломления воды  $n = 1,33$ .

**1348.** Однородный резиновый шнур длиной  $L$  прикреплен одним концом к стене. Другой его конец в некоторый момент времени начинают двигать со скоростью  $v$  вдоль шнура, равномерно растягивая его при этом. В тот же момент от закрепленного конца вдоль шнура начинает двигаться жук, скорость которого относительно опоры (шнура) постоянна и равна  $u$ . При каких условиях жук сможет добраться до конца шнура? За какое время он это сделает? На каком максимальном расстоянии от подвижного конца шнура он окажется во время движения? Считайте, что шнур деформируется без разрыва.

**1349.** На гладкий вертикальный стержень насажены тяжелая шайба массой  $M$  и легкая шайба массой  $m$ . Легкой шайбе сообщают скорость, равную  $v$  и направленную так, как показано на рисунке 230. На какой высоте над подставкой может находиться тяжелая шайба, не смещаясь заметно вверх или вниз?

Каким будет период малых колебаний такого «поршня», если его сместить из этого равновесного положения? Все удары считать абсолютно упругими.

**1350.** На бирже «АНФИСА» 1917 брокерских и 1992 хакерских места. Между каждой парой БМ включен резистор сопротивлением 1 кОм, между каждой парой ХМ – резистор сопротивлением 2 кОм, между каждым БМ и ХМ – 4 кОм. Чему равно сопротивление, измеренное между двумя БМ; между двумя ХМ; между БМ и ХМ?

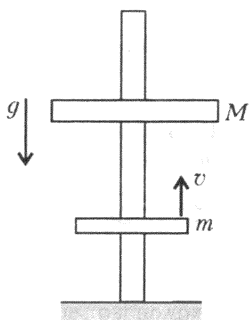


Рис. 230

**1351.** Медный диск массой  $m$  и диаметром  $D$  может свободно вращаться вокруг закрепленной оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости диска. Центр и край диска соединены резистором сопротивлением  $R$  при помощи скользящих контактов. Вся система помещена в однородное магнитное поле  $B$ , параллельное оси диска. Диск раскручивают до угловой скорости  $\omega_0$  и отпускают. Сколько оборотов сделает диск до полной остановки? Теперь последовательно с резистором включим батарею напряжением  $U_0$ . За какое время диск раскрутится из состояния покоя до угловой скорости  $\omega_0$ ?

**1352.** Катушка индуктивностью  $L$  намотана на тороидальный сердечник с большой магнитной проницаемостью. Катушку подключают к выходу генератора звуковой частоты последовательно с амперметром переменного тока, конденсатор емкостью  $C$  подключают к отводу от середины катушки (рис. 231). Найдите амплитуду тока через амперметр в зависимости от частоты  $\omega$  генератора и сдвиг фаз между этим током и напряжением генератора. То же – для тока, потребляемого схемой от генератора. Амплитуда напряжения генератора  $U_0$ . Сопротивления амперметра и источника считать малыми.

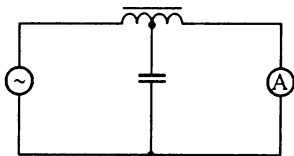


Рис. 231

**1353.** Найдите минимально возможный период обращения космического корабля вокруг Солнца, зная, что видимый с Земли угловой размер Солнца равен  $\alpha = 9,3 \cdot 10^{-3}$  рад.

**1354.** Шайба массой  $M$  скользит по льду со скоростью  $v_0$  и налетает на неподвижную шайбу, масса которой  $2M$ . После удара первая шайба останавливается, а вторая начинает двигаться

ся. Она достигает бортика и, упруго от него отразившись, ударяет первую шайбу в «лоб». Найдите скорости обеих шайб после этого. Считайте, что при соударении шайб в тепло переходит определенная часть максимальной энергии деформации.

**1355.** Нагреватель для аквариума  $H$  подключен к батарее последовательно с амперметром, который показывает ток  $0,1$  А (рис.232). К точкам  $A$  и  $B$  подключили резистор, после чего ток упал до  $0,05$  А. Резистор отключили от  $A$  и  $B$  и подключили к точкам  $B$  и  $\Gamma$  – ток в этом случае составил  $0,3$  А. Найдите КПД схемы во всех трех случаях. Сопротивления амперметра и проводов пренебрежимо малы.

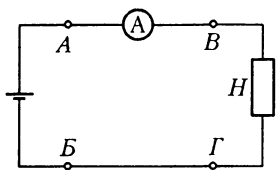


Рис. 232

*Примечание.* КПД схемы – это отношение мощности нагревателя к полной мощности, производимой батареей.

**1356.** Три маленьких заряженных шарика закреплены на одной прямой, расстояния между соседними шариками  $a$  (рис.233). Массы шариков  $m$ ,  $2m$  и  $5m$ , заряды их  $q$ ,  $q$  и  $2q$  соответственно. Шарики отпускают. Найдите их скорости после разлета на большие расстояния.

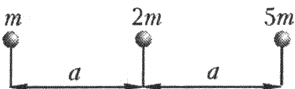


Рис. 233

**1357.** При помощи фотоаппарата «Смена» делают снимок светящейся точки с расстояния  $1$  м. Рука фотографа дрожит, и вместо точки на пленке получается небольшое пятно. Оцените размеры этого пятна, если амплитуда смещения любой точки фотоаппарата не превышает  $1$  мм. Фокусное расстояние объектива  $50$  мм. Выдержку считайте большой.

**1358.** При каких значениях коэффициента трения жесткая палочка длиной  $l$  с резиновыми наконечниками сможет удерживаться в горизонтальном положении под куполом радиусом  $R$  (рис.234)?

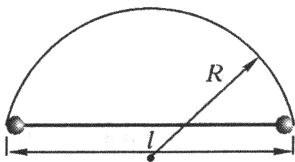


Рис. 234

**1359.** На гладком горизонтальном столе расположен пружинный маятник – тяжелый груз на легкой пружине, длина которой в свободном состоянии  $L = 50$  см. Из-за

небольшого вязкого трения о воздух колебания маятника медленно затухают – амплитуда уменьшается в  $2$  раза за  $10$  полных колебаний. Для поддержания амплитуды неизменной поступают следующим образом: свободный конец пружины быстро сдвигают на  $l = 1$  мм навстречу грузу в тот момент, когда длина

пружины минимальна, и возвращают в прежнее положение, когда она максимальна. Определите установившуюся амплитуду таких колебаний.

**1360.** В цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем находится кислород. Поршень поднимают на высоту  $h$  от положения равновесия, дожидаятся установления температуры, затем сосуд теплоизолируют и поршень отпускают. На каком расстоянии от прежнего положения равновесия установится поршень, когда система вновь придет в равновесие? Теплоемкостью стенок и поршня пренебречь. Атмосферное давление не учитывать.

**1361.** Несколько заряженных проводников расположены вдали от других тел. Потенциал одного из них равен  $\phi_1$  и становится равным нулю после того, как заряды всех остальных тел изменяют на противоположные. Каким станет потенциал первого проводника, если его заряд увеличить теперь в 4 раза?

**1362.** Виток в форме квадрата  $ABCD$ , сделанный из тонкого провода, имеет индуктивность  $L_1$ . Виток более сложной формы  $ABCC_1B_1A_1A$  (рис.235) из того же провода имеет индуктивность  $L_2$ . Чему равна индуктивность еще более сложного витка  $ABB_1C_1D_1DA$ ? Фигура  $ABCD A_1B_1C_1D_1$  – это куб.

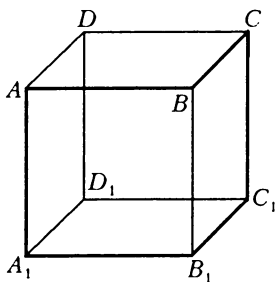


Рис. 235

**1363.** Масса Харона, недавно открытого спутника Плутона, в 8 раз меньше массы планеты. Плутон и Харон обращаются по круговым траекториям вокруг общего центра масс, причем они все время «смотрят друг на друга», т.е. система вращается как единое твердое тело. Расстояние между центрами тел  $R = 19640$  км, радиус Харона  $r = 593$  км. Определите относительное различие в ускорениях свободного падения для наиболее близкой к Плутону и наиболее удаленной от него точек Харона.

**1364.** Один из спаев термопары находится в комнате при температуре  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ , а второй – в теплоизолированном сосуде со льдом, имеющим температуру  $t_2 = 0^\circ\text{C}$  (рис.236). Мощность, развиваемая термопарой, выделяется на сопротивлении нагревателя, который помещен в другой теплоизолированный сосуд, содержащий воду. Оцените, на сколько повысится температура воды к моменту окон-

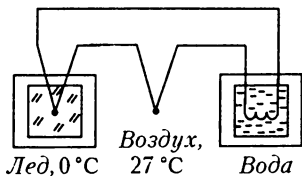


Рис. 236

чания плавления льда. Считайте, что все сопротивление цепи сосредоточено в нагревателе. Массы воды и льда одинаковы. Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 335 \text{ кДж/кг}$ .

**1365.** Заряженная частица с кинетической энергией  $W$  пролетает мимо длинного равномерно заряженного провода. Частица движется в плоскости, перпендикулярной проводу, и в результате отклоняется на небольшой угол  $\alpha$  от первоначального направления полета (рис. 237). Найдите этот угол, если заряд частицы  $e$ , а заряд единицы длины провода  $q$ . На расстоянии  $R$  от длинного провода напряженность поля равна  $E = q/(2\pi\epsilon_0 R)$ .

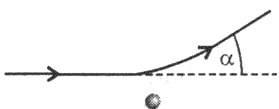


Рис. 237

**1366.** В «черном ящике» находятся постоянный резистор и нелинейный элемент, которые могут быть включены последовательно или параллельно. Вольт-амперные характеристики для обоих включений приведены на рисунке 238. Найдите по этим данным сопротивление резистора. Какой нелинейный элемент находится в «ящике»?

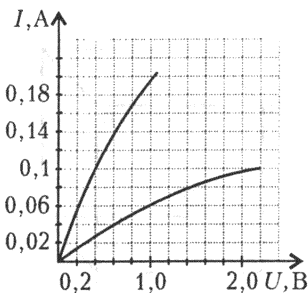


Рис. 238

**1367.** Полуцилиндр изготовлен из оптически прозрачных цилиндрических слоев с разными значениями показателя преломления  $n$ . Полученная зависимость  $n$  от радиуса слоя  $r$  изображена на рисунке 239 в координатах  $\ln n$  и  $\ln r$ . Используя данную зависимость, найдите радиусы полуокружностей, по которым сможет распространяться тонкий пучок света при нормальном падении на плоскую поверхность полуцилиндра.

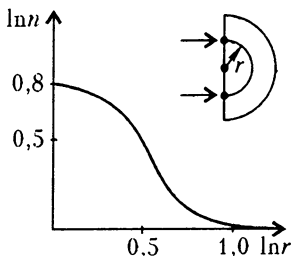


Рис. 239

**1368.** Велосипедное колесо радиусом  $R = 50 \text{ см}$  немного деформировали – оно осталось плоским, но превратилось в эллипс с разностью полуосей  $\delta = a - b = 1 \text{ см}$ . При какой скорости качения этого колеса по горизонтальной поверхности оно начнет подпрыгивать?

*Примечание.* Эллипс получается при равномерном растяжении (сжа-

тии) окружности вдоль одной из координат. При этом уравнение окружности  $\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{R^2} = 1$  переходит в уравнение эллипса  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ .

**1369.** Тонкая гибкая веревка длиной  $l = 1$  м и массой  $M = 1$  кг подвешена концами к потолку. Высота «провиса» веревки  $H = 0,1$  м. Найдите натяжение веревки в нижней точке и на половине высоты «провиса».

**1370.** Кубический сосуд объемом  $V = 1$  л заполнен воздухом. Одна из стенок – стенка 1 поддерживается при температуре  $T_1$ , противоположная ей стенка 2 – при температуре  $T_2$ , остальные стенки теплоизолированы. Найдите отношение средних частот соударений молекул со стенками 1 и 2. Рассмотрите два случая: а) давление в сосуде равно атмосферному  $p_0 = 1$  атм; б) сосуд откачан до давления  $p = 10^{-9}$  атм.

**1371.** На нижнюю поверхность горизонтальной диэлектрической пластины толщиной  $d$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  нанесено проводящее покрытие. На верхнюю поверхность помещена маленькая капля ртути, которая не смачивает пластину. Капля и проводящее покрытие образуют конденсатор (рис.240). При каком напряжении батареи капля начнет растекаться по поверхности пластины? Коэффициент поверхностного натяжения ртути  $\sigma$ .

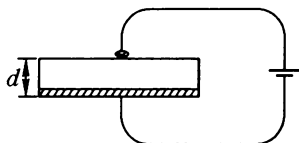


Рис. 240

**1372.** К батарее напряжением  $U_0$  подключают последовательно соединенные конденсатор емкостью  $C$  и катушку индуктивностью  $L$ . В некоторый момент параллельно катушке подключают еще один конденсатор емкостью  $C$ . Каким может быть максимальный заряд этого конденсатора? Сопротивление проводов и внутреннее сопротивление батарейки считайте малыми.

**1373.** Однородная длинная пружина состоит из большого числа одинаковых витков и имеет в недеформированном состоянии длину  $L$ . Пружину поставили вертикально внутри высокого цилиндра с гладкими стенками, при этом длина пружины уменьшилась в два раза. Затем в цилиндр налили воду до уровня, равного  $L/2$ . Какой стала длина пружины в этом случае? Плотность материала пружины  $\rho$ , плотность воды  $\rho_0$ .

**1374.** Два сосуда объемом  $V = 0,5$  л каждый соединены вертикальной стеклянной трубкой сечением  $S = 1$  см<sup>2</sup> (рис. 241,а). Трубка перекрыта подвижным поршнем-магнитом мас-



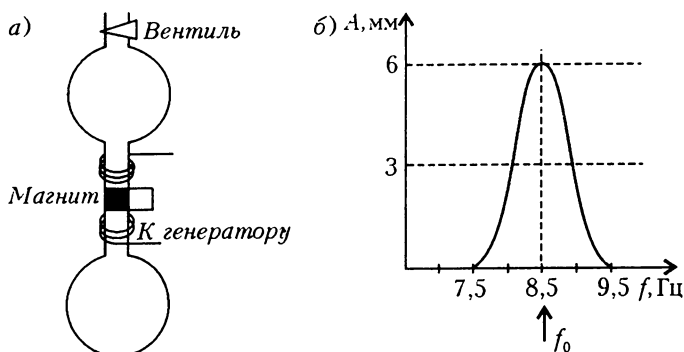


Рис. 241

сой  $m = 2,0$  г, который может двигаться вдоль трубки без трения. При помощи катушек, подключенных к генератору переменного напряжения, возбуждают колебания поршня вдоль трубки. На рисунке 241,б приведена экспериментально полученная зависимость амплитуды установившихся колебаний поршня от частоты приложенного переменного напряжения. Определите по этим данным отношение молярных теплоемкостей  $C_p/C_V$  для воздуха. В первом опыте вентиль наверху был закрыт. При какой частоте наступит максимум при открытом вентиле? Оцените амплитуду колебаний поршня в этом случае на частоте  $f_0$ . Давление воздуха  $p_0 = 1$  атм.

**1375.** Пленка при температуре  $t_1 = +50^\circ\text{C}$  имеет коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma_1 = 0,020$  Н/м. После увеличения температуры до  $t_2 = +51^\circ\text{C}$  коэффициент поверхностного натяжения падает до  $\sigma_2 = 0,0195$  Н/м. Будем медленно растягивать пленку так, чтобы ее температура оставалась постоянной. Поглощает пленка при этом тепло из окружающей среды или, наоборот, отдает его? Оцените количественно этот теплообмен при растяжении пленки от  $S_1 = 1\text{ м}^2$  до  $S_2 = 1,5\text{ м}^2$  при температуре  $+50^\circ\text{C}$ .

*Указание.* Подумайте, как применить тут формулу для КПД цикла Карно.

**1376.** При исследовании «черного ящика» с тремя выводами А, Б и В были измерены его сопротивления:  $R_{AB} = 300$  Ом,  $R_{BV} \approx R_{AV} = 120$  кОм. Известно, что внутри находятся три резистора. Что можно сказать о схеме их соединения и о величинах их сопротивлений, основываясь на приведенных результатах? Какие измерения еще нужно провести, чтобы определить сопротивления резисторов в «ящике»? В вашем

распоряжении – батарейка напряжением 4,5 В и авометр «Школьный».

**1377.** Для исследования резонанса собрана схема, показанная на рисунке 242. При какой частоте генератора вольтметр дает максимальные показания? Чему равно это максимальное напряжение, если амплитуда напряжения генератора  $U_0 = 1$  В? Как изменятся максимальные показания вольтметра при уменьшении сопротивления  $r$  от 1 кОм до 100 Ом? Все элементы схемы можно считать идеальными.

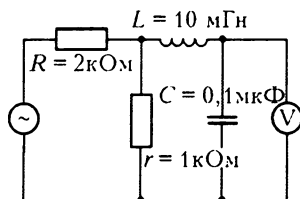


Рис. 242

**1378.** Тонкий длинный стержень движется с постоянной скоростью вдоль своей оси. Наблюдатель находится на большом расстоянии от оси. В тот момент, когда луч, направленный на середину стержня, составил угол  $\alpha$  с направлением движения, видимая длина стержня оказалась равной его длине в состоянии покоя. С какой скоростью движется стержень?

**1379.** Шар массой  $M$  падает с высоты  $H$  без начальной скорости. В тот момент, когда он оказывается на высоте  $H/2$ , в него попадает горизонтально летящая пуля массой  $m$ , имевшая перед ударом скорость  $v_0$ , и застревает в шаре. Изменится ли в этом случае время падения шара? На какую высоту он подпрыгнет после абсолютно упругого удара о пол? Какое количество теплоты выделится в системе?

**1380.** Возьмем короткую трубочку небольшого диаметра  $d$  и выдуем мыльный пузырь радиусом  $R \gg d$ . Откроем теперь конец трубочки и подождем, пока пузырь сдуется. Оцените время жизни такого пузыря от начала сдувания, если  $d = 2$  мм,  $R = 2$  см. Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 0,07$  Н/м.

**1381.** Два кольца из тонкого провода расположены на одной оси на расстоянии  $H$  друг от друга. Радиусы колец  $r$  и  $R$ , причем  $r \leq R$ . По кольцам пропускают токи  $I_1$  и  $I_2$ . С какой силой одно из колец действует на другое? Для решения задачи вам понадобится выражение для магнитной индукции на оси кольца с током:  $B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + H^2)^{3/2}}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная.

**1382.** К генератору звуковой частоты подключена цепь из двух резисторов и двух конденсаторов (рис.243). При какой

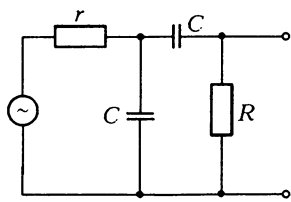


Рис. 243

частоте генератора сдвиг фаз между его напряжением и током через резистор сопротивлением  $R$  окажется равным нулю? Во сколько раз при этом напряжение на этом резисторе будет меньше выходного напряжения генератора?

**1383.** Самолеты летят навстречу друг другу вдоль одной прямой с одинаковыми скоростями  $v_0$ . Завидев друг друга на расстоянии  $L$ , пилоты начинают разворот по окружностям, оставаясь в горизонтальной плоскости и не меняя величины скоростей. Найдите минимальное расстояние между самолетами, если повороты выполняются с одинаковыми ускорениями  $a$ .

**1384.** В насыщенные пары воды при температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  поместили металлическую пластину, охлажденную до температуры жидкого азота. Оцените начальную скорость роста толщины слоя намерзающего льда.

**1385.** Система неподвижных зарядов симметрична относительно некоторой оси  $OO_1$  (рис. 244). На большом расстоянии от зарядов в точке  $A$  на этой оси напряженность поля составляет  $E_1 = 100\text{ В/м}$ , а в точке  $B$ , находящейся на расстоянии  $L = 1\text{ м}$  от точки  $A$ , напряженность поля равна  $E_2 = 99\text{ В/м}$ .

Отойдем от точки  $A$  на  $l = 1\text{ см}$  в направлении от оси. Чему будет равна перпендикулярная составляющая напряженности поля в этой точке?

**1386.** Частица массой  $m$ , несущая заряд  $Q$  и движущаяся со скоростью  $v$ , налетает на неподвижную стенку перпендикулярно ее поверхности. В этот момент включается однородное магнитное поле с индукцией  $B$ , параллельное плоскости стенки. Стенка отражает частицу, увеличивая ее скорость при каждом отражении на величину  $u$ . Найдите расстояние между точками 1-го и  $k$ -го отражений.

**1387.** Имеется набор из  $N$  собирающих линз с фокусным расстоянием  $2F$  и  $N$  рассеивающих линз с фокусным расстоянием  $-F$ . Линзы установили поочередно вдоль одной оси на расстоянии  $F$  друг от друга. Вдоль оси в систему входит параллельный пучок света диаметром  $D$ . Найдите диаметр выходящего пучка.

1993 год

**1388.** Гладкая проволока изогнута в горизонтальной плоскости в форме параболы  $y = ax^2$  (рис.245). По проволоке с постоянной по величине скоростью  $v_0$  скользит бусинка массой  $m$ . С какой силой бусинка действует на проволоку в вершине параболы?



Рис. 245

**1389.** Невесомый стержень  $OA$  длиной  $L$  с грузиком массой  $m$  на конце может вращаться без трения вокруг точки  $O$ , расположенной на поверхности стола (рис.246). Другой грузик – массой  $M$  – прикреплен к первому при помощи нерастяжимой нити, пропущенной через отверстие в столе на расстоянии  $L/2$  от точки  $O$ . В начальный момент стержень приводят в вертикальное положение и отпускают без начальной скорости. Найдите скорость грузика массой  $m$  перед ударом его о стол.

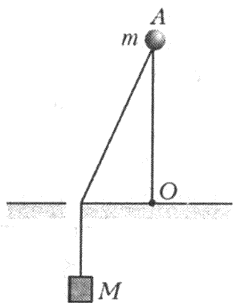


Рис. 246

**1390.** В объеме  $V_0$  при температуре  $T_0$  и давлении  $p$  находился воздух, содержащий некоторое количество озона  $O_3$ . После долгого выдерживания в тени озон полностью превратился в молекулярный кислород. При том же давлении температура воздуха стала  $T$ , объем –  $V$ . Найдите начальное число молей озона.

**1391.** П-образная рамка с равными сторонами, сделанная из тонкой проволоки, свободно висит на шарнирном соединении в вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$  (рис.247). На какой максимальный угол отбросит рамку, если по ней пропустить постоянный ток силой  $I$ ? Масса единицы длины проволоки  $\rho$ .

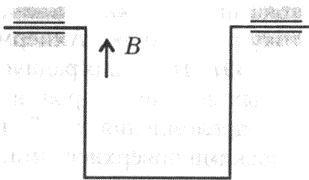


Рис. 247

Масса единицы длины проволоки  $\rho$ .

**1392.** Электрический прибор  $\Pi$  подключен к сети напряжением 220 В последовательно с резистором сопротивлением 100 Ом (рис. 248). Амперметр показывает ток 0,5 А, вольтметр – напряжение 200 В. Какую среднюю мощность потребляет прибор от сети? Чему равно «пиковое» значение потребляемой всей схемой мощности?

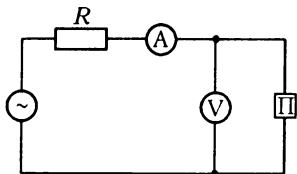


Рис. 248

**1393.** Оцените минимальный размер округлого астероида, который не сможет покинуть космонавт, подпрыгнув из всех сил.

**1394.** Наливая в стакан молоко, вы пролили часть его на клеенку и обнаружили, что под слоем молока еле заметен рисунок клеенки. Полагая, что молоко представляет собой взвесь маленьких шариков жира в воде, оцените размер этих шариков.

**1395.** На расстоянии  $R$  от заряда  $+Q$  расположен шарик массой  $M$ , на котором сосредоточен заряд  $-Q$ . Система помещена в однородное магнитное поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны отрезку, соединяющему заряды. После того как шарик отпустили, он начал двигаться, причем минимальное расстояние между ним и неподвижным зарядом составило  $R/2$ . Определите величину индукции магнитного поля.

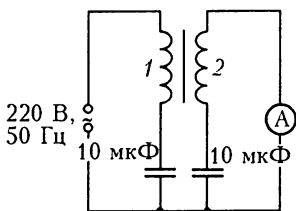


Рис. 249

**1396.** Какой ток покажет амперметр в цепи, изображенной на рисунке 249, если число витков во вторичной обмотке трансформатора в два раза больше, чем в первичной? Считайте, что обмотки содержат очень много витков и намотаны на тороидальный сердечник из материала с

большой магнитной проницаемостью. Рассеяние магнитного потока пренебрежимо мало, сопротивление обмоток постоянному току равно нулю. Амперметр — идеальный.

**1397.** Цилиндр радиусом  $R = 5$  см составлен из двух одинаковых полуцилиндров, изготовленных из стекла с коэффициентом преломления  $n = 2$ . Полуцилиндры соприкасаются своими плоскими поверхностями. Не отрывая плоскостей друг от друга, один из полуцилиндров поворачивают так, что угол между осевыми линиями половинок составляет  $90^\circ$ . Тонкий параллельный световой пучок направляют снаружи на выпуклую поверхность одного из полуцилиндров перпендикулярно плоскости соприкосновения половинок, причем продолжение пучка проходит через точку пересечения осей. Каким будет пучок на выходе из стекла? Во сколько раз увеличится его площадь поперечного сечения на расстоянии  $l = 1$  м от системы?

**1398.** Легкий самолет с выключенным мотором может планировать с минимальной горизонтальной скоростью  $v = 150$  км/ч под углом  $\alpha = 5^\circ$  к горизонту (при попытке уменьшить скорость или угол самолет «сваливается в штопор»). Какую минимальную силу тяги должен развивать движитель самолета для взлета

с горизонтальной плоскости? Считайте, что скорость самолета во всех случаях направлена вдоль фюзеляжа. Масса самолета  $m = 2000$  кг.

**1399.** Палочка длиной  $l = 1$  м с насаженной на нее бусинкой находится на расстоянии  $r = 100000$  км от Земли. Бусинка вначале расположена на расстоянии  $b = 1$  см от того конца палочки, который ближе к Земле. Систему освобождают. Считая трение пренебрежимо малым, найдите время, через которое бусинка соскользнет с палочки. Какое расстояние за это время пролетит палочка? Радиус Земли  $R = 6400$  км.

**1400.** Сосуд объемом  $V = 10$  л с площадью поперечного сечения  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> разделен пополам тяжелым поршнем массой  $M = 1$  кг, который может двигаться без трения. В каждой половине сосуда содержится  $m = 5$  г воды, а воздух откачан. Температура сосуда и его содержимого поддерживается равной  $T = 350$  К. Поршень сдвигают от середины на расстояние  $d = 1$  см и отпускают. Как будет двигаться поршень? Как зависит характер движения поршня от температуры сосуда?

**1401.** В сосуде под поршнем находится некоторое количество азота. Медленно отодвигая поршень, плавно уменьшим давление газа. Какова молярная теплоемкость газа на малом участке процесса, если при увеличении объема на 1% давление уменьшилось на 0,5%?

**1402.** Газовая смесь состоит из равного числа молей гелия, азота и углекислого газа. Найдите показатель адиабаты для такого газа.

**1403.** Между двумя тяжелыми поршнями в длинной горизонтальной трубе находится  $\nu$  молей идеального газа. Система вначале пребывает в равновесии. Один из поршней начинают двигать по направлению к другому с постоянной скоростью  $v$ . При какой максимальной величине этой скорости расстояние между поршнями в процессе движения будет изменяться не более чем на 1%? Температура газа остается равной  $T_0$ , масса второго поршня  $M$ .

**1404.** Два проводящих шарика радиусом  $r$  каждый соединены тонкой проволокой длиной  $l$ . Шарiki расположены на расстоянии  $R$  от точечного заряда  $Q$ , как показано на рисунке 250. С какой силой заряд действует на «гантельку»? Полный заряд системы шариков равен нулю. Считайте, что  $R \gg l \gg r$ .

**1405.** В наличии имеются три резистора, сопротивления которых 1 Ом, 2 Ом и 3 Ом. Каждый из них может рассеивать мощность не более 1 Вт. Как их



Рис. 250

нужно соединить и к какому напряжению подключить, чтобы получить нагреватель с максимальной суммарной мощностью?

**1406.** Известно, что максимальную мощность источник отдаст при условии, что сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника. Генератор синусоидального напряжения имеет внутреннее сопротивление  $r$ , частота генератора  $\omega$ , сопротивление нагрузки  $R$ , причем  $R \gg r$ . Обычно в таких случаях применяют согласующий трансформатор, однако в нашем случае для согласования можно использовать простую схему, содержащую катушку и конденсатор. Предложите такую схему и рассчитайте величины  $L$  и  $C$ , при которых мощность, выделяющаяся в виде тепла в нагрузке, будет максимальной.

**1407.** Световод в форме усеченного конуса сделан из стекла, его боковая поверхность посеребрена (для хорошего отражения лучей, падающих изнутри). Плоскости оснований конуса перпендикулярны его оси, их диаметры  $D$  и  $d$ , высота конуса  $H$  ( $H \gg D \gg d$ ). На большее основание падает световой пучок, параллельный оси. Все ли падающие лучи после многократных отражений выйдут через плоскость меньшего основания?

**1408.** На прямолинейном горизонтальном участке железной дороги стояла платформа с грузом. Ночью к ней подкрался похититель, захвативший с собой легкий и упругий резиновый шнур. Привязав один конец шнура к платформе, а второй к своему поясу, он бросился бежать с постоянной скоростью  $5 \text{ м/с}$  вдоль железнодорожного полотна. Удар... Через некоторое время похититель очнулся, лежа на платформе, которая двигалась со скоростью  $9 \text{ м/с}$ . Во сколько раз масса платформы превышала массу похитителя? Что же там все-таки произошло? Считайте, что ботинки злодея не проскальзывали, а трение качения было пренебрежимо малым.

**1409.** Две большие горизонтальные пластины расположены одна над другой на расстоянии  $d$ . Каждая пластина поддерживается при определенной температуре (температура нижней пластины выше). Оцените разность температур пластин, при которой в системе возникнет конвекция. Воздух считайте идеальным газом, теплообменом между соседними порциями воздуха при конвекции можно пренебречь.

**1410.** В стоящем на столе теплоизолированном цилиндрическом сосуде с помощью легкого теплопроводящего поршня  $A$  и тяжелого теплонепроницаемого поршня  $B$  образовано два отделения длиной по  $L = 0,4 \text{ м}$ , в каждом из которых находится по одному молю идеального одноатомного газа (рис.251). Первоначально система находится в тепловом равновесии. Газ

медленно нагревают, сообщив ему количество теплоты  $Q = 200$  Дж. При какой величине силы трения между поршнем  $A$  и стенками цилиндра этот поршень останется неподвижным? Поршень  $B$  может двигаться без трения.

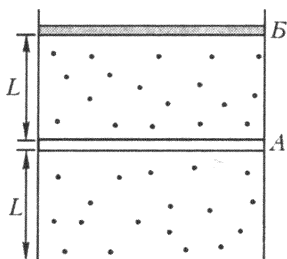


Рис. 251

**1411.** Два одинаковых цилиндрических сосуда соединены друг с другом короткой и тонкой трубкой, перекрытой краном (рис.252). В левом сосуде под поршнем массой  $M$  находится некоторое количество одноатомного идеального газа при температуре  $T_0$ . В правом сосуде газа нет, и поршень массой  $M/2$  лежит на дне. Откроем кран. Какой будет температура газа в состоянии равновесия? Масса газа равна  $M/10$ . Теплоемкостью поршней и сосуда можно пренебречь. Трение пренебрежимо мало. Воздух снаружи отсутствует. Вся система теплоизолирована.

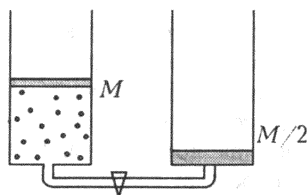


Рис. 252

**1412.** Заряженная капля уравновешена в воздухе электрическим полем. Начиная с момента  $t_0 = 0$  поле начинает уменьшаться и к моменту  $t_1$  обращается в ноль. На рисунке 253 приведен график зависимости ускорения падающей капли от времени (в относительных единицах). Используя этот график, найдите максимальное ускорение капли. Силу сопротивления воздуха считайте пропорциональной скорости капли.

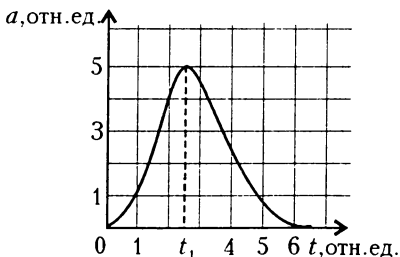


Рис. 253

**1413.** Электрический утюг без терморегулятора рассчитан на напряжение 220 В. При включении в сеть 127 В он нагрелся только до температуры  $+127^\circ\text{C}$ , для глажения же нужна температура от  $+200^\circ\text{C}$  до  $+300^\circ\text{C}$ . Можно ли гладить этим утюгом при напряжении сети 220 В? Теплоотдачу считайте пропорциональной разности температур. Сопротивление нагревательного элемента утюга неизменно. Температура в комнате  $+20^\circ\text{C}$ .



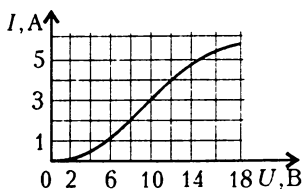


Рис. 254

потребляемая лампой, составит  $1/4$  от мощности, которую развивает источник?

**1415.** Тонкий пучок электронов, движущийся со скоростью  $v_0$ , пролетает сквозь сетки *A* и *B* (рис.255), подключенные к выводам генератора переменного напряжения, изменяющегося по закону  $U = U_0 \sin \omega t$ . Время пролета между сетками во много раз меньше периода колебаний напряжения. Оцените расстояние, на котором электроны соберутся в сгустки. Изменение скорости от воздействия переменного электрического поля считайте малым по сравнению с  $v_0$ .

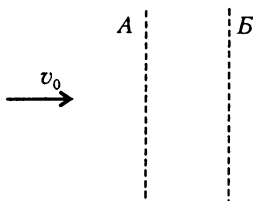


Рис. 255

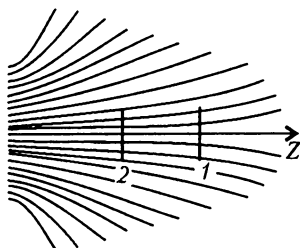


Рис. 256

**1416.** На рисунке 256 изображены линии магнитной индукции поля вблизи торца круглой катушки с железным сердечником. Ось *Z* является осью симметрии магнитного поля. Вдали от катушки находится кольцо из сверхпроводника. Ток в кольце отсутствует. Затем кольцо вносят в магнитное поле — сначала в положение 1, затем в положение 2. Определите отношение токов в кольце в этих двух случаях. Определите также отношение сил, действующих на кольцо в положениях 1 и 2.

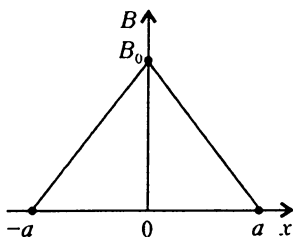


Рис. 257

**1417.** Кольцо диаметром  $d = 6$  мм, сделанное из очень тонкой проволоки с удельным сопротивлением  $\rho = 2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м и плотностью  $D = 9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, пролетает по пря-

мой между полюсами магнита, не успев при этом повернуться. Оцените изменение скорости кольца, если скорость перед пролетом была  $v_0 = 20 \text{ м/с}$ . Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости кольца, вектор скорости кольца параллелен плоскости кольца. Зависимость магнитной индукции поля от координаты  $x$  (вдоль которой движется кольцо) приведена на рисунке 257, где  $B_0 = 1 \text{ Тл}$ ,  $a = 10 \text{ см}$ .

### 1994 год

**1418.** По окружности радиусом  $R$  с постоянной скоростью  $v$  бежит лошадь. На расстоянии  $r$  от центра окружности стоит человек. Чему равно максимальное значение скорости сближения лошади и человека?

**1419.** Длинная и гибкая однородная цепочка длиной  $L$  и массой  $m$  двигалась вдоль прямой со скоростью  $v$ . Передний конец цепочки «заворачивают» назад и тянут с постоянной скоростью  $u$  (рис.258). С какой силой приходится действовать на передний конец цепочки, чтобы поддерживать такое движение?

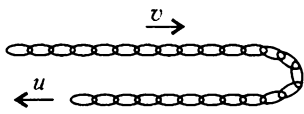


Рис. 258

**1420.** Маленький тяжелый шарик закреплен на верхнем конце легкого тонкого стержня длиной  $L$ , укрепленного шарнирно нижним концом на горизонтальной плоскости. Отклонив стержень на некоторый угол, отпустим шарик. Оцените значение начального угла отклонения, при котором падение продолжается две недели. Влиянием посторонних факторов пренебречь.

**1421.** В длинной трубе, заполненной азотом, находится легкий подвижный поршень. В начальный момент поршень закреплен, температуры газа слева и справа одинаковы и равны  $T_1 = T_2 = 300 \text{ К}$ , давления составляют  $p_1 = 1,1 \text{ атм}$  и  $p_2 = 1,0 \text{ атм}$ . Поршень отпускают. Найдите его установившуюся скорость. Стенки трубы и поршень теплонепроницаемы, газ идеальный.

**1422.** В прочный сосуд налили немного воды, закрыли герметично крышкой и медленно нагрели до  $160^\circ\text{C}$ . При этой температуре давление в сосуде составило  $3,7 \text{ атм}$ . Определите температуру, при которой вся вода испарилась.

**1423.** По тонкой непроводящей направляющей в форме окружности радиусом  $R$  может скользить без трения маленькая заряженная бусинка. Заряд  $Q$  расположен в плоскости направляющей на расстоянии  $r$  от центра окружности. Куда нужно поместить второй заряд и какой он должен быть величины,

чтобы бусинка могла скользить по окружности с постоянной по модулю скоростью? Сила тяжести отсутствует.

**1424.** Лампочка рассчитана на напряжение 2,5 В при токе 0,2 А. Мы подключаем ее к батарее последовательно с резистором сопротивлением 5 Ом, и она горит полным накалом. Если изменить схему включения – присоединить к батарее лампочку и резистор параллельно, то лампочка горит точно так же, как в первом случае. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки. При каком включении КПД такого «фонарика» больше и во сколько раз?

**1425.** Проволочный виток в форме окружности радиусом  $R$ , по которому течет ток  $I$ , помещен в сильное однородное магнитное поле, вектор индукции которого  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости витка. Найдите силу натяжения в витке.

**1426.** Катушка индуктивностью  $L$  с параллельно присоединенным к ней резистором сопротивлением  $R$  подключаются во внешнюю цепь, в которой поддерживается постоянный по величине ток  $I$ . Какое количество теплоты выделится в резисторе?

**1427.** Действительное изображение точечного источника света получено в точке  $A$  при помощи тонкой линзы (рис.259).

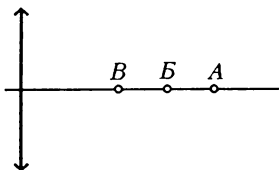


Рис. 259

Заменив эту линзу другой, но расположив ее в том же месте, получили изображение в точке  $Б$ . После этого первую линзу придвинули вплотную ко второй, и изображение переместилось в точку  $B$ . Определите построением положение источника.

**1428.** Математический маятник совершает колебания с очень малой угловой амплитудой  $\alpha_0$  в вертикальной плоскости. Скорость грузика в нижней точке составляет  $v_0$ . В тот момент, когда грузик достигает крайней точки, ему толчком сообщают скорость  $v_0$  в направлении, перпендикулярном плоскости его прежних колебаний. По какой траектории будет в дальнейшем двигаться грузик? Через какое время он снова окажется в точке удара?

**1429.** Полировальная машина прошла по льду, оставив за собой полосу, на которой коэффициент трения скольжения  $\mu_2$  меньше коэффициента трения  $\mu_1$  на нетронутом льду. Раскрученную вокруг вертикальной оси шайбу кладут плашмя на лед так, что центр шайбы приходится на границу раздела полос. Найдите ускорение шайбы в начальный момент. Перепада высот на границе нет.

**1430.** На гладкий горизонтальный стержень надеты две

маленькие шайбы, массы которых  $m$  и  $2m$ , связанные легкой нитью длиной  $2L$  (рис.260). К середине нити прикреплен еще один груз массой  $m$ . Вначале все грузы удерживают так, что натянутая нить горизонтальна, а растяжение ее мало (разумеется, для этого приходится придерживать средний груз), а затем отпускают. Найдите скорости шайб перед ударом друг о друга.

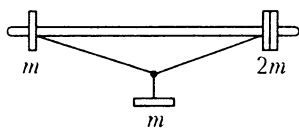


Рис. 260

**1431.** Когда я хочу помыть трехлитровую банку, я наливаю в нее литр горячей воды и начинаю интенсивно трясти банку, закрыв ее ладонью. Меня иногда удивляет сила, которая давит на ладонь, когда вода стремится вырваться и обрызгать меня. Оцените величину этой силы. Необходимые для оценки данные хорошо известны.

**1432.** Мыльный пузырь надувают азотом при комнатной температуре. При каком диаметре пузыря он начнет «всплывать» в атмосферном воздухе? Поверхностное натяжение мыльного раствора  $\sigma = 0,04$  Н/м. Массой пленки пренебрегите.

**1433.** Электрон налетает на систему заряженных сеток (рис.261). Сетки расположены параллельно друг другу, расстояние между соседними сетками  $d$ , площадь каждой  $S$  (размеры сеток во много раз больше  $d$ ). Всего сеток  $2N$ , их заряды чередуются:  $-Q, +Q, -Q, +Q, \dots, +Q$ . Скорость электрона при подлете к системе равна  $v_0$  и составляет угол  $\alpha$  с осью системы. Найдите скорость и угол вылета электрона из системы. Какую скорость будет иметь электрон на большом расстоянии от системы?

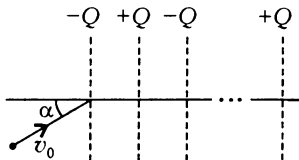


Рис. 261

**1434.** Квадратная рамка, сделанная из проволоки диаметром  $d_0$ , находится вблизи длинного прямого провода с током  $I_0$  (рис.262). При выключении тока рамка приобретает импульс  $p_0$ . Куда направлен этот импульс? Какой импульс получила бы рамка, если бы начальный ток в проводе составлял  $I = 3I_0$ , а диаметр проволоки рамки был  $d = 2d_0$ ?

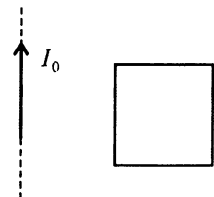


Рис. 262

**1435.** В схеме, изображенной на рисунке 263, напряжение батарейки равно  $\mathcal{E}$ , а конденсатор заряжен до напряжения  $U = 2\mathcal{E}$ . После того как ток в катушке практически перестал

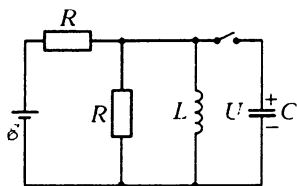


Рис. 263

изменяться, ключ замкнули. Через какое время после этого заряд конденсатора изменится на 1%? Во сколько раз за это время изменится ток через катушку? Сопротивления резисторов  $R = 100$  Ом, емкость конденсатора  $C = 10$  мкФ, индуктивность катушки  $L = 1$  Гн.

**1436.** Настраивая микроскоп, читатель журнала «Квант» обнаружил, что он четко видит обоими глазами изображение объекта, когда тот расположен на расстоянии  $d = 6,5$  мм от объектива. Длина тубуса микроскопа  $L = 100$  мм. Фокусное расстояние объектива  $F_1 = 6$  мм, окуляра  $F_2 = 26$  мм. Какие очки следует носить читателю?

**1437.** Узкий пучок света диаметром  $d = 1$  см падает перпендикулярно на экран. На пути пучка помещают прозрачный шар радиусом  $R = 20$  см, сделанный из материала с коэффициентом преломления  $n = 2$  (дорогая штука, между прочим!). Центр шара находится на оси пучка на расстоянии  $L = 1$  м от экрана. Найдите диаметр пятна на экране.

**1438.** Лиса гонит зайца, держа курс точно на него. Заяц, как известно, косой – он думает, что удирает от лисы точно вдоль соединяющей их прямой, а на самом деле его скорость составляет все время угол  $60^\circ$  с этой прямой. Начальное расстояние между лисой и зайцем составляет  $L$ , скорости их одинаковы и равны  $v$ . Через какое время лиса догонит зайца? На каком расстоянии от начального положения лисы это произойдет? Как изменится ответ, если заяц окосеет до  $90^\circ$ ? А если поправит зрение до  $40^\circ$ ?

**1439.** На легкой нерастяжимой нити длиной  $L = 1$  м висит тяжелый маленький шарик массой  $m = 1$  кг. Верхний конец нити начинают двигать по горизонтали с постоянной скоростью  $v_0 = 0,5$  м/с и продолжают это до тех пор, пока нить снова не окажется вертикальной. В этот момент направление скорости верхнего конца нити меняют на противоположное, и в дальнейшем она остается равной  $v_0$ . Найдите силу натяжения нити сразу после изменения скорости конца нити. Найдите также максимальную высоту подъема шарика.

**1440.** Два одинаковых груза связаны легкой пружиной. Грузы удерживают так, что они находятся один над другим, а пружина не деформирована. При этом нижний груз отстоит на  $H = 1$  м над столом. Грузы одновременно отпускают, и система начинает падать. На какую высоту поднимется центр масс системы после того, как нижний груз испытает абсолютно

неупругий удар о поверхность стола? Известно, что вес одного из грузов растягивает пружину на  $l = 0,05$  м.

**1441.** В сосуде находится насыщенный водяной пар при  $100^\circ\text{C}$ . Оцените среднее время разлета двух столкнувшихся между собой молекул на расстояние 1 см друг от друга. (Вы достаточно много знаете про этот газ – водяной пар, чтобы задать все необходимые для решения величины не пользуясь справочником.)

**1442.** Тепловой цикл, проводимый с одноатомным разреженным газом, состоит из двух изохор и двух изобар. Найдите максимальный КПД такого цикла.

**1443.** Разреженный газ нагревают в сосуде постоянного объема, при этом удельная теплоемкость газа оказывается равной  $740$  Дж/(кг·К). Что это за газ?

**1444.** От катушки с проводом из сплава с высоким удельным сопротивлением отрезали два куса длиной 1 м и 3 м. Провода эти соединили параллельно и подключили к источнику питания. От левого конца одного из проводов и от правого конца другого отмерили по 0,2 м и получившиеся точки соединили куском такого же провода (длина этого куска неизвестна). Найдите отношение токов в длинных частях первых двух проводов. При какой длине провода-соединителя в нем будет рассеиваться максимальная мощность?

**1445.** Два длинных тонкостенных непроводящих цилиндра могут свободно вращаться вокруг общей оси, как показано на рисунке 264. Радиус большого цилиндра в два раза больше радиуса малого. Цилиндры заряжают по поверхностям с одинаковой поверхностной плотностью заряда. Внешний цилиндр раскручивают до угловой скорости  $\omega$ . В какую сторону и с какой скоростью будет вращаться внутренний цилиндр? Цилиндры очень легкие.

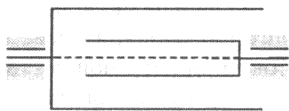


Рис. 264

**1446.** На рисунке 265 изображены главная оптическая ось собирающей линзы, положения ее фокусов и размеры самой линзы, а также точечный источник света  $A$ . Покажите хотя бы одну точку, из которой не видны ни источник, ни его изображение в линзе. Покажите также точку, из которой одновременно видны источник и его изображение.

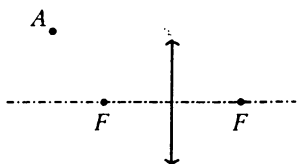


Рис. 265

**1447.** Монохроматический рентгеновский луч падает под углом  $\alpha$

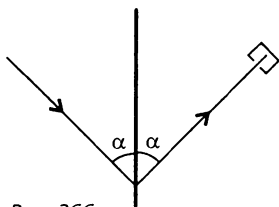


Рис. 266

на тонкую пластинку, как показано на рисунке 266. Рассеянный луч фиксируется приемником под таким же углом  $\alpha$ . Найдите разность длин волн падающего и рассеянного излучений.

**1448.** Концы тонкой и легкой паутинки закреплены на одной высоте на расстоянии  $L$  друг от друга. Паук массой  $m$  ползет, цепляясь за паутинку. По какой траектории он при этом движется? Напишите уравнение этой кривой. Считайте, что паутинка подчиняется закону Гука, ее жесткость  $k$ , а длина до растяжения пренебрежимо мала.

**1449.** На гладком горизонтальном столе лежит тонкий обруч радиусом  $R$  и массой  $M$ , а маленькая шайба массой  $m$  лежит, касаясь его внутренней поверхности. Шайбе толчком придают скорость  $v_0$  в касательном направлении. Как будет двигаться эта система? С какой силой шайба будет давить на обруч в процессе движения? Трения нет нигде.

**1450.** Тонкий длинный стержень шарнирно закреплен нижним концом на горизонтальной поверхности. Отклонив стержень от положения равновесия, ему дали упасть. Время падения составило при этом  $T$ . Каким стало бы это время, если бы нижний конец мог свободно скользить по плоскости?

**1451.** Обычный прибор для измерения давления разреженного газа (порядка 1 Па) представляет собой трубку диаметром 1 см, заполненную исследуемым газом. Вдоль оси трубки проходит проволока, нагреваемая протекающим по ней электрическим током, причем мощность источника поддерживается постоянной. Измеряя установившуюся температуру проволоки, находят – по заранее составленной таблице – давление газа. При попытке использования такого прибора для измерения давления неона оказалось, что имеется только таблица для гелия, атомы которого в 5 раз легче. Какие поправки нужно внести в таблицу?

**1452.** На два длинных и гладких стержня, расположенных в горизонтальной плоскости на расстоянии  $a$  друг от друга, нанизаны две одинаковые бусинки массой  $m$  каждая, заряженные одноименными зарядами  $Q$  и  $q$  (рис. 267). В начальный момент одна из бусинок покоится, а другую издали запускают

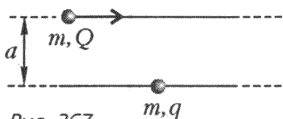


Рис. 267

в ее сторону с некоторой начальной скоростью. При какой величине скорости эта бусинка обгонит первоначально покоящуюся бусинку? Трения нет.

**1453.** В однородную жидкость с большим удельным сопротивлением погружены достаточно глубоко два одинаковых проводящих шара. Сопротивление, измеренное между шарами, оказалось равным  $R$ . Каким станет это сопротивление, если один из шаров заменить шаром вдвое меньшего радиуса? Жидкость смачивает шары.

**1454.** Маятник состоит из жесткого невесомого стержня длиной  $l$  и закрепленного на его конце груза массой  $m$ . На груз нанесен электрический заряд  $Q$ . Заряд  $q$  противоположного знака укреплен над точкой подвеса на расстоянии  $d$  от нее. Чему равен период малых колебаний маятника? При какой величине заряда груза возможны такие колебания?

**1455.** Конденсаторы, емкости которых  $C$  и  $2C$ , заряжены каждый до напряжения  $U_0$  и соединены последовательно «минусом» к «плюсу». К ним одновременно подключают две катушки: катушку индуктивностью  $L$  к конденсатору большей емкости, а катушку индуктивностью  $2L$  к разноименным концам батареи конденсаторов. Найдите максимальный ток каждой из катушек. Через какое время после включения ток первой катушки станет максимальным?

**1456.** Три маленьких громкоговорителя расположены в свободном пространстве на одной линии (рис. 268), расстояние между соседними составляет  $l = 0,4$  м. На большом расстоянии от них под углом  $\alpha = 60^\circ$  к перпендикуляру к линии находится чувствительный микрофон. Громкоговорители подключены к генератору, частоту которого можно изменять. При какой частоте этого генератора микрофон не будет регистрировать звук? Скорость звука  $v = 330$  м/с.

**1457.** Оцените, какой мощности лампочку нужно ввернуть в рефлектор настольной лампы, чтобы она («фотонная ракета») взлетела. Масса лампы 1 кг.

**1458.** В изображенной на рисунке 269 системе нити нерастяжимы, массы блоков и нитей пренебрежимо малы. Найдите ускорения подвижных блоков. Найдите так-

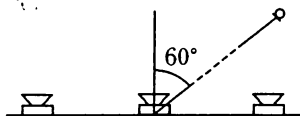


Рис. 268

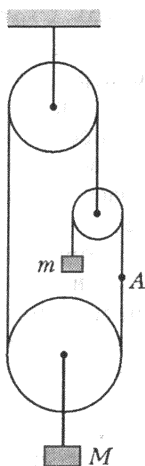


Рис. 269



же ускорение узелка  $A$ , завязанного на нити. Размеры блоков подобраны так, что свободные куски нитей вертикальны.

**1459.** Маленький деревянный шарик с помощью нерастяжимой нити длиной  $l = 30$  см прикреплен к дну цилиндрического сосуда с водой. Расстояние от центра дна до точки закрепления нити  $r = 20$  см. Сосуд раскручивают относительно вертикальной оси, проходящей через центр дна. При какой угловой скорости вращения нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ ?

**1460.** Длинный брусок с квадратным торцом опущен в воду так, что одна из его длинных боковых граней находится над поверхностью воды и параллельна ей. В таком положении брусок свободно плавает. При какой плотности материала бруска это возможно?

**1461.** Вертикальная труба частично заполнена водой с температурой  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  до высоты  $H = 20$  м. На сколько изменится высота содержимого трубы при понижении температуры до  $t_1 = -0,01^\circ\text{C}$ ? Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 335$  Дж/г, плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 0,92$  г/см<sup>3</sup>. Известно, что при изменении внешнего давления на  $\Delta p$  температура плавления льда меняется на  $\Delta T$ , причем  $\Delta T T = (1 \rho_{\text{в}} - 1 \rho_{\text{л}}) \Delta p \lambda$ , где  $T$  – температура смеси лед – вода, а  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды.

**1462.** В сосуд объемом  $V = 1$  л, откачанный до очень низкого давления, попадает  $m = 1$  г воды. Для ее удаления используют адсорбирующее вещество, поглощающее свободные молекулы воды. Общая поверхность адсорбента  $S = 100$  м<sup>2</sup>, а полная поверхность, с которой испаряется вода,  $s = 0,001$  м<sup>2</sup>. Температура сосуда  $t = +5^\circ\text{C}$ , давление насыщенных паров воды при этой температуре  $p = 870$  Па. Через какое время весь пар будет поглощен адсорбентом? Считайте, что попадающая на поверхность адсорбента молекула воды обязательно им поглощается и больше свободной не становится. За какое время вся вода испарилась бы, если бы адсорбента не было?

**1463.** Внутри плоского конденсатора параллельного его обкладкам помещена плоскопараллельная пластина толщиной  $h$ , сделанная из слабопроводящего материала с удельным сопротивлением  $\rho$ . Конденсатор заряжен до напряжения  $U_0$ . Найдите максимальный ток, который потечет через пластину после замыкания обкладок конденсатора накоротко. Площадь каждой обкладки и пластины  $S$ , расстояние между обкладками  $d$  (оно намного меньше размеров обкладок).

**1464.** Два замкнутых сверхпроводящих витка, каждый массой  $m$ , имеют индуктивности  $L$  и  $2L$ . Витки насажены на гладкий

горизонтальный немагнитный стержень, по которому они могут перемещаться, не меняя своей ориентации в пространстве. Вначале витки удерживают на расстоянии  $d$  друг от друга и по ним пропускают токи  $I$  и  $3I$  соответственно. Взаимная индуктивность витков в этом положении составляет  $M = 0,3L$ . Витки отпускают, и они разлетаются в разные стороны. Найдите максимальные значения скоростей витков.

**1465.** В середине между пластинами незаряженного плоского конденсатора находится неподвижный электрон. На конденсатор подают переменное напряжение высокой частоты:  $U = U_0 \sin \omega t$ . Через какое время электрон достигнет одной из пластин конденсатора? Расстояние между пластинами  $d$ , масса электрона  $m$ , его заряд  $e$ . Влиянием силы тяжести пренебречь. Считайте, что за один период переменного напряжения электрон смещается на расстояние много меньше чем  $d$ .

**1466.** Вокруг Солнца на орбите Земли (считайте эту орбиту круговой) обращается спутник массой  $m = 100$  кг. В некоторый момент спутник открывает солнечный парус – круг из тонкой зеркальной пленки радиусом  $r = 70$  м, который все время ориентирован перпендикулярно направлению на Солнце. Пренебрегая влиянием планет, найдите период обращения спутника с открытым парусом. Световая мощность Солнца  $L = 3,86 \cdot 10^{26}$  Вт, масса Солнца  $M = 2 \cdot 10^{30}$  кг, гравитационная постоянная  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Дж  $\cdot$  м/кг<sup>2</sup>.

**1467.** Камера для фотометрических измерений выполнена в форме поллой сферы. В центре сферы помещен точечный источник света, а на стенке камеры находится маленький датчик люксметра – прибора для измерения освещенности. В том случае, когда стенки камеры были оклеены черным бархатом, показания люксметра составляли  $E_1$ , когда стенки были покрыты белой бумагой, прибор показывал  $E_2$ . Найдите коэффициент отражения света для бумаги. Считайте, что коэффициент отражения не зависит от угла падения луча.

**1468.** Жук ползет вдоль прямой, и его скорость все время меняется. У вас есть необычный график – зависимости величины, обратной скорости жука, т.е.  $1/v$ , от координаты жука  $x$  (рис.270). Определите по графику время прохождения жуком первых 30 метров.

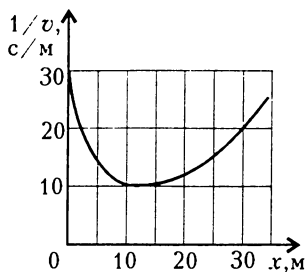


Рис. 270

**1469.** При падении теннисного мячика с высоты  $H$  на неподвижную ракетку он отскакивает вертикально вверх на несколько меньшую высоту  $h = 0,9 H$ . С какой скоростью ракетка должна двигаться навстречу мячику в момент удара, чтобы он подскочил на ту же высоту  $H$ ?

**1470.** Жесткий легкий стержень шарнирно закреплен одним из концов. На расстоянии  $a = 0,1$  м от этого конца на стержне укреплен груз массой  $M = 0,3$  кг, на расстоянии  $2a$  – груз массой  $m$  и на расстоянии  $3a$  – груз массой  $M/3 = 0,1$  кг. Все грузы имеют малые размеры. Как зависит период колебаний получившегося маятника (так называемый физический маятник) от массы второго груза  $m$ ?

**1471.** При заполнении сосуда Дьюара жидким азотом была немного повреждена наружная стенка, и в пространство между стенками начал проникать наружный воздух. В результате весь азот испарился за 5 часов, а концентрация молекул в пространстве между стенками за это время увеличилась в 6 раз (она осталась при этом очень низкой – молекулы воздуха пролетали от стенки к стенке практически без соударений). За какое время испарился бы азот, если бы мы обращались с сосудом с крайней осторожностью (не повредили бы стенку)? Сосуд Дьюара – это термос с маленьким открытым горлышком. Потери тепла через горлышко можно считать малыми.

**1472.** В закрытом сосуде объемом  $0,1$  л находится  $10$  г воды и ее насыщенного пара при температуре  $+80^\circ\text{C}$ . Найдите теплоемкость сосуда. Массой самого сосуда можно пренебречь. Зависимость давления насыщенных паров воды от температуры можно найти в справочнике. Воздух из сосуда был откачан.

**1473.** В схеме, изображенной на рисунке 271, верхний миллиамперметр показывает ток  $10$  мА, вольтметр показывает

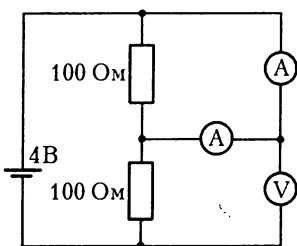


Рис. 271

напряжение  $3$  В. Найдите показания второго миллиамперметра. Что покажут приборы, если удалить верхний резистор сопротивлением  $100$  Ом? Миллиамперметры одинаковые, внутреннее сопротивление батарейки мало.

**1474.** Вдоль одной прямой на расстояниях  $0,1$  м друг от друга расположены три одинаково заряженных маленьких шарика. В середине находится шарик массой  $10$  г, слева – шарик массой  $0,1$  г и справа – шарик массой  $1$  кг. Заряд каждого шарика  $1$  мкКл.

Шарики отпускают. Найдите их скорости после разлета на большие расстояния. (Точно посчитать не получится, найдите скорости приближенно!)

**1475.** К батарее напряжением  $U_0$  подключены последовательно соединенные конденсаторы, емкости которых  $C$  и  $3C$ . В некоторый момент параллельно конденсатору емкостью  $3C$  подключают цепочку, состоящую из последовательно соединенных катушки индуктивностью  $L$  и идеального диода (диод включен так, что при выбранной полярности батарейки через него может течь ток). Найдите максимальный ток через катушку. Какое напряжение установится на конденсаторе емкостью  $C$  после прекращения тока через катушку? Через какое время после подключения ток через катушку станет равным нулю?

**1476.** В сеть переменного тока включены параллельно две цепочки. Одна состоит из двух соединенных последовательно резисторов, сопротивления которых  $R$  и  $4R$ , другая – из включенных навстречу друг другу двух диодов. Во сколько раз изменится мощность, потребляемая от сети, если соединить между собой средние точки этих цепочек?

**1477.** Световой поток от точечного источника света измеряют при помощи маленького фоточувствительного детектора, расположенного на расстоянии  $L = 0,1$  м. Между источником и детектором помещают плоскопараллельную стеклянную пластинку так, что ее плоскость перпендикулярна прямой, соединяющей источник и детектор. Коэффициент преломления стекла  $n = 1,5$ . При какой толщине пластинки показания детектора останутся прежними? Стекло прозрачное, коэффициент отражения  $k$  на границе стекло – воздух при нормальном падении лучей можно найти по формуле  $k = (n - 1)^2 / (n + 1)^2$ .

### 1995 год

**1478.** С высоты  $H = 50$  м без начальной скорости отпускают камень. В тот же момент из точки, находящейся прямо под камнем, начинает удирать по горизонтальной плоскости с постоянной скоростью заяц. При какой минимальной скорости зайца расстояние между ним и камнем в процессе движения не будет уменьшаться?

**1479.** Мячик подбрасывают вверх и измеряют полное время его полета. В каком случае это время окажется больше – при наличии силы трения о воздух, которую можно считать пропорциональной скорости мячика, или в отсутствие силы трения?

**1480.** Шайба едет по гладкой горизонтальной поверхности и налетает на склеенные между собой две такие же шайбы (рис.272).

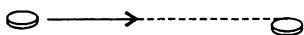


Рис. 272

Найдите угол разлета шайб после абсолютно упругого соударения. «Прицельное» расстояние равно радиусу шайбы. Трение отсутствует.

**1481.** Множество маленьких стальных шариков находятся на гладком дне большой квадратной коробки площадью  $S$ . Шарик хаотически двигается по дну, упруго соударяясь со стенками и друг с другом. Полная кинетическая энергия шариков  $W$ , все удары абсолютно упругие. Найдите силу, действующую со стороны шариков на одну из стенок. Какой станет эта сила, если, подвергнув коробку очень медленной деформации, увеличить размеры каждой стороны квадрата в два раза?

**1482.** На двух легких нерастяжимых нитях, длиной  $R$  каждая, подвешена проволочная дуга того же радиуса  $R$ , имеющая длину  $L$  (рис.273). Найдите период малых колебаний такого маятника, если нити и дуга при движении остаются в вертикальной плоскости.

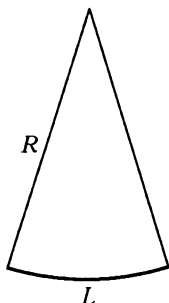


Рис. 273

**1483.** В сосуде объемом  $V = 1 \text{ см}^3$  содержится водяной пар при температуре  $t = +100^\circ\text{C}$ . Рассмотрим две молекулы пара, находящиеся в разных частях сосуда. Оцените время, в течение которого они столкнутся между собой 100 раз. Воздуха и воды в сосуде нет.

**1484.** Какую скорость нужно сообщить длинному и тонкому копью массой  $M$ , равномерно заряженному по длине  $L$  положительным зарядом  $Q$ , чтобы оно пролетело через два соседних слоя толщиной  $h$ , в первом из которых электрическое поле направлено против скорости копья, а во втором – вдоль скорости? Величина напряженности поля в обоих случаях равна  $E$ , полная толщина двух слоев меньше длины копья.

**1485.** Две большие квадратные непроводящие пластины, площадью  $S$  каждая, расположены параллельно на малом расстоянии  $d$  друг от друга. Пластины равномерно заряжены по поверхностям зарядами  $Q$  и  $-Q$ . Найдите разность потенциалов между центром и углом одной из пластин.

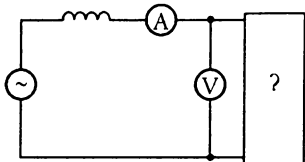


Рис. 274

**1486.** В схеме на рисунке 274 амперметр показывает ток  $0,1 \text{ А}$ , а вольтметр – напряжение  $250 \text{ В}$ . Что находится в «черном ящике»? Считайте элементы цепи идеальными, а

показания приборов – точными. Напряжение сети 220 В, частота сети 50 Гц, индуктивность катушки 1 Гн.

**1487.** Фотодиод площадью  $0,5 \text{ мм}^2$  расположен в фокусе линзы перпендикулярно главной оптической оси. С другой стороны линзы на этой оси находится точечный источник света. Во сколько раз изменится ток фотодиода при смещении источника от расстояния 1 м до расстояния 0,3 м? Диаметр линзы 1 см, фокусное расстояние 5 см. Ток фотодиода пропорционален световому потоку.

**1488.** В углу вертикально стоит гантелька, состоящая из двух одинаковых массивных шариков, соединенных легким стержнем длиной  $l = 0,1 \text{ м}$  (рис.275). Верхнему шарiku толчком сообщают горизонтальную скорость  $v_0 = 1 \text{ м/с}$  в направлении от стены, нижний шарик в этот момент неподвижен. Найдите скорость верхнего шарика в момент его удара о пол.

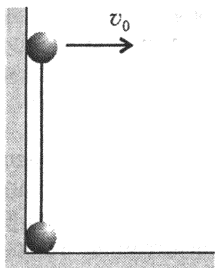


Рис. 275

**1489.** На гладкой наклонной плоскости удерживают клин массой

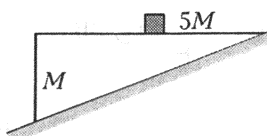


Рис. 276

$M$  (рис.276). Верхняя грань клина горизонтальна, и на ней находится кубик массой  $5M$ . Клин отпускают, и он начинает скользить по наклонной плоскости. Каким может быть максимальное ускорение клина?

**1490.** На горизонтальной поверхности стола находится гладкая горка высотой  $H$  и длиной основания  $L$ , которая может свободно скользить по столу (рис.277). На эту горку наезжает маленькая тележка, масса которой в 3 раза меньше массы горки. Скорость тележки  $v$ . На сколько сдвинется горка к тому моменту, когда тележка ее покинет? Время пребывания тележки на горке  $T$ .

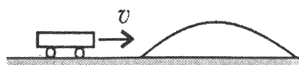


Рис. 277

**1491.** В высоком цилиндрическом сосуде с площадью основания  $S = 20 \text{ см}^2$  под легким поршнем находится  $m = 9 \text{ г}$  воды (рис.278). Воду начинают нагревать с помощью нагревателя, мощность которого  $P = 100 \text{ Вт}$ . Нарисуйте график зависимости

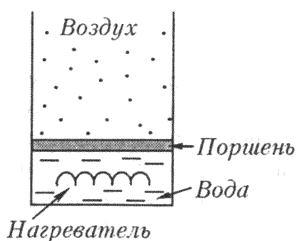


Рис. 278

вертикальной координаты поршня от времени и найдите максимальную скорость поршня. Воздуха под поршнем нет, стенки и поршень тепла не проводят. Атмосферное давление  $p_0 = 1$  атм, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования  $r = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг.

**1492.** Одна из стенок сосуда, содержащего разреженный гелий, устроена не так, как остальные – при ударе о нее молекулы отскакивают с той же энергией, но перпендикулярно стенке. Во сколько раз отличаются концентрации молекул непосредственно около этой стенки и около других?

**1493.** В электрическую цепь включена группа приборов, состоящая из трех миллиамперметров и трех одинаковых вольтметров. Показания части приборов приведены на рисунке 279. Найдите остальные показания.

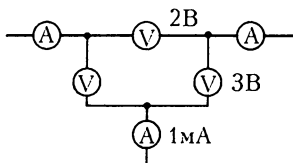


Рис. 279

**1494.** Вертикально расположенный цилиндрический магнит создает магнитное поле. Величина индукции поля над магнитом на его оси меняется с высотой в некоторой заданной

области по линейному закону  $B(h) = B_0(1 - ah)$ . Точно на оси расположено маленькое тонкое непроводящее колечко диаметром  $d$  и массой  $m$ , по которому равномерно распределен заряд  $Q$ . Плоскость колечка перпендикулярна оси магнита. С какой угловой скоростью нужно закрутить колечко в горизонтальной плоскости вокруг оси, чтобы оно падало с малым ускорением?

**1495.** Далеко друг от друга находятся два одинаковых сверхпроводящих тонких кольца. Масса каждого кольца  $m = 0,1$  кг, индуктивность  $L = 0,1$  Гн. Кольца расположены на общей оси, плоскости их параллельны. По кольцам текут одинаково направленные токи  $I = 1$  А. В некоторый момент кольца отпускают. Найдите скорости колец перед ударом. Внешние силы на систему не действуют.

**1496.** В сеть переменного тока 220 В, 50 Гц включили последовательно соединенные конденсатор емкостью 10 мкФ и нагреватель сопротивлением 1000 Ом. Какую катушку следует подключить параллельно нагревателю, чтобы ток через него был максимальным? Чему равна величина этого тока?

**1497.** Два одинаковых радиопередатчика расположены на большой высоте над землей и ретранслируют слабый телевизионный сигнал, передаваемый со спутника. Ветер раскачивает опоры передатчиков так, что амплитуды их качаний существенно превышают длину излучаемой волны. Амплитуды радиосигналов, принимаемых антенной от передатчиков, одинаковы. При одновременной работе передатчиков мощность принимаемого сигнала меняется в очень широких пределах. Объясните явление и оцените суммарный процент времени, в течение которого мощность принимаемого сигнала составляет менее  $1/1000$  от среднего значения принимаемой мощности. Отражением радиосигналов от земли пренебречь.

**1498.** Маленькое тело массой  $m$  движется не отрываясь по внутренней гладкой поверхности вертикального цилиндра радиусом  $R$ . Начальная скорость тела составляет угол  $\alpha$  с вертикалью. Известно, что наивысшая точка траектории тела находится точно над начальной. Чему равна сила, с которой тело давит на поверхность цилиндра в высшей точке траектории?

**1499.** Грузы, массы которых  $M$  и  $m$ , соединили легкой пружинкой. Систему положили на гладкий горизонтальный стол, пружинку немного сжали и с двух сторон поставили упоры, не дающие грузам разъезжаться (рис.280). Уберем один из упоров – со стороны груза массой  $M$ . Система начнет двигаться. Во сколько раз изменится скорость движения, если убрать не этот упор, а другой? Как относятся максимальные удлинения пружинки в этих двух случаях?

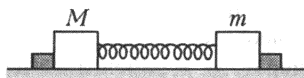


Рис. 280

**1500.** Легкий блок подвешен к потолку на пружине жесткостью  $k_1$ , через блок переброшена нить. Один из концов нити прикреплен к полу при помощи пружины жесткостью  $k_2$ , к другому концу прикреплен груз массой  $m$ . Система находится в равновесии, нити вертикальны. Сместим немного груз по вертикали и отпустим его. Каким будет период вертикальных колебаний груза?

**1501.** В вертикальном цилиндрическом сосуде объемом  $V$  под легким подвижным поршнем содержится некоторое количество гелия при температуре  $T_0$  (рис.281). Наружное атмосферное давление равно  $p_0$ , поршень находится в равновесии и делит сосуд пополам. Газ медленно нагревают, увеличивая его температуру до  $3T_0$ . Сверху сделан упор, который не дает поршню

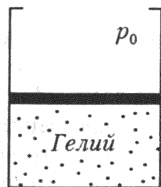


Рис. 281

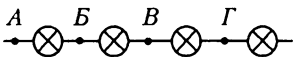


выскочить из сосуда. Какое количество теплоты получит газ при нагревании?

**1502.** С двумя молями кислорода совершают циклический процесс. Сначала газ нагревают на  $0,1$  К, сообщив ему при этом количество теплоты  $Q = 1000$  Дж, потом дают возможность охладиться на  $100$  К без теплообмена с окружающей средой, затем газ сжимают, совершив над ним работу  $A = 700$  Дж, газ при этом нагревается на  $0,1$  К, и, наконец, сжимают до начального объема  $V = 100$  л без теплообмена с окружающей средой. Все процессы проводят медленно. Найдите начальную температуру и начальное давление газа.

**1503.** В лаборатории работает криостат – установка для поддержания в рабочей камере очень низкой температуры. В описываемом случае эта температура составляет всего  $3 \cdot 10^{-6}$  К и установка при работе потребляет от электросети мощность  $10$  кВт. Мощность установки можно еще увеличить на  $10\%$ . Теоретики, толпой обступившие установку, начинают громко спорить о том, является ли эта установка идеальной тепловой машиной (работающей по обращенному циклу) или не является. При этом уровень шума (мощность звуковых волн, падающих на единицу площади поверхности) достигает величины  $1/10000$  Вт/м<sup>2</sup>. Хватит ли запаса мощности установки, чтобы поддерживать и в этих условиях нужную температуру в рабочей камере? Полная площадь наружных стенок криостата составляет  $0,5$  м<sup>2</sup>. Считайте, что практически вся энергия звуковых волн поглощается при падении на наружную поверхность криостата и рассеивается внутри холодной камеры.

**1504.** Несколько одинаковых лампочек включены последовательно. При подключении батарейки к одной из них ток через лампочку составил  $0,27$  А. Когда эту батарейку подключили к двум последовательно соединенным лампам, ток стал  $0,18$  А, при трех лампочках



получился ток  $0,14$  А, при четырех –  $0,12$  А, при пяти –  $0,1$  А. Теперь две такие батарейки подключают к гирлянде лампочек – одну между точками  $A$  и  $B$  (рис.282), другую между точками  $B$  и  $Г$ . Найдите ток каждой лампочки в этом случае.

**1505.** Полупроводниковый терморезистор нагревают протекающим через него постоянным по величине током. Сопротивление терморезистора можно считать обратно пропорциональным его абсолютной температуре:  $R = A/T$ . От начальной температуры  $300$  К до  $310$  К терморезистор нагрелся за  $10$  секунд. Через

какое время он нагреется до 350 К? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**1506.** Из очень тонкой проволоки сделан виток в виде квадрата, его индуктивность составляет 1 мГн. Вплотную к этому витку придвинули точно такой же по размерам сверхпроводящий виток, плоскость которого перпендикулярна плоскости первого витка и одна сторона практически совпадает с одной из сторон первого витка (получились соседние грани куба). Электрического контакта между витками нет. Измеренная в этих условиях индуктивность первого витка составила 0,95 мГн. Теперь расположим витки иначе – сверхпроводящий виток находится напротив основного (первого) витка, плоскости витков параллельны друг другу (противоположные грани куба) и расстояние между витками равно стороне квадрата. Чему теперь будет равна индуктивность основного витка?

**1507.** Тонкостенный кубический аквариум объемом  $V = 8$  л заполнен до половины водой. В воду насыпают соль, в результате коэффициент преломления соленой воды на дне аквариума составляет  $n_0 = 1,35$  и убывает с высотой  $h$  по квадратичному закону:  $n = n_0 - ah^2$ , где  $a = 1 \text{ м}^{-2}$ . На боковую стенку аквариума падает параллельный световой пучок, перпендикулярный поверхности. На каком расстоянии от аквариума нужно поставить экран, чтобы получить на нем максимально яркую световую полосу?

**1508.** На стальной стержень радиусом  $R$  надето с натяжением тонкое резиновое кольцо. Сила натяжения кольца  $T$ . Какую силу нужно приложить, чтобы сдвинуть кольцо вдоль стержня? Сила распределена по кольцу равномерно, коэффициент трения на границе сталь–резина равен  $\mu$ .

**1509.** Шероховатый шкив вращается с постоянной угловой скоростью, ось шкива горизонтальна. Через шкив перекинута легкая нерастяжимая нить, к концам которой прикреплены два груза. При нулевой начальной скорости грузов один из них имеет ускорение, равное  $a_1$  и направленное вверх. Если поменять направление вращения шкива, то при тех же условиях этот груз имеет ускорение, равное  $a_2$  и направленное вниз. Найдите отношение масс грузов.

**1510.** Жесткий невесомый стержень подвешен при помощи шарнира одним концом к потолку. К середине стержня и ко второму его концу прикреплены два одинаковых маленьких тяжелых груза. Стержень свободно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса, образуя с ней

угол  $\alpha$ . Чему равен угол между вертикалью и силой, с которой средний груз действует на стержень?

**1511.** В горизонтальной плоскости с постоянной угловой скоростью  $\omega$  вращается гладкая штанга, на которую надета муфта, прикрепленная к оси вращения при помощи легкой пружины. Муфта описывает окружность при относительном удлинении пружины, равном 0,25. Если муфту немного сместить вдоль вращающейся штанги и затем отпустить, она начнет колебаться. Определите период этих колебаний. Размерами муфты пренебречь.

**1512.** Спутник движется вокруг Земли на высоте нескольких десятков километров. Когда начали наблюдение за ним, высота спутника за один оборот уменьшалась на 1 метр. Оцените число оборотов спутника до падения его на Землю. Землю считайте совершенно круглой, а температуру и газовый состав атмосферы – неизменными на всех высотах.

**1513.** Капля воды радиусом 2 мм находится в невесомости. Оцените частоту собственных колебаний капли. Плотность воды  $1 \text{ г/см}^3$ , коэффициент поверхностного натяжения  $0,07 \text{ Н/м}$ .

**1514.** Прямоугольная проволочная рамка размером  $a \times b$  сделана из куска тонкой проволоки массой  $m$  и общим сопротивлением  $R$ . Рамка движется поступательно со скоростью  $v_0$  вдоль стороны  $b$  и влетает в область между полюсами магнита, создающего магнитное поле. Индукция магнитного поля равна  $B_0$  и перпендикулярна плоскости рамки. Может ли рамка оказаться целиком в магнитном поле? Границу поля считайте резкой, индуктивностью рамки можно пренебречь.

**1515.** Стабилитрон – полупроводниковый прибор, который отличается от обычного диода тем, что при некотором обратном напряжении  $U_0$  начинает очень хорошо проводить электрический ток (стабилитрон «пробивается»). Такой стабилитрон подключают последовательно с катушкой индуктивностью  $L$  к заряженному до напряжения  $U = 3U_0$  конденсатору емкостью  $C$ . Считая, что в прямом направлении стабилитрон идеально проводит ток, найдите полное количество теплоты, которое выделится в цепи.

**1516.** Трансформатор имеет две одинаковые обмотки, намотанные на тороидальный сердечник. Индуктивность каждой обмотки  $L$ , активное сопротивление провода пренебрежимо мало. К источнику переменного напряжения частоты  $\omega$  подключают одну из обмоток непосредственно, а другую – последовательно с резистором сопротивлением  $R$ . Найдите сдвиг фаз между напряжением и током источника. Рассеяние магнит-

ного потока мало, внутреннее сопротивление источника равно нулю.

**1517.** Симметричную рассеивающую линзу, оптическая сила которой  $-10$  дптр, используют в качестве зеркала. При этом получаются два изображения удаленного предмета – размер одного в  $2,5$  раза больше другого. Определите по этим данным коэффициент преломления стекла, из которого сделана линза, и радиус кривизны поверхности линзы.

**1518.** На гладкой горизонтальной плоскости стоит вертикальный столб радиусом  $R$ . При помощи длинной тонкой нити длиной  $L$  к столбу привязана маленькая шайба. Вначале шайба лежит на плоскости и нить натянута. Шайбе придают толчком скорость  $v_0$  перпендикулярно нити, и она начинает двигаться вокруг столба, наматывая на него нить. Трения нет. Нить привязана к столбу внизу – около поверхности, по которой скользит шайба (рис.283). Через какое время вся нить намотается на столб?

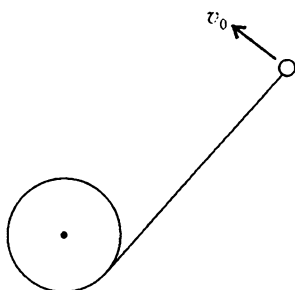


Рис. 283

**1519.** На шероховатом горизонтальном столе находится куб массой  $M$ , к которому прикреплен

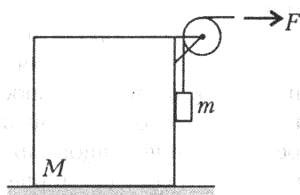


Рис. 284

блок (рис.284). Через блок перекинута легкая нерастяжимая нить. К нити подвешен груз массой  $m$  – в состоянии покоя он касается стенки куба, а участок нити, привязанный к грузу, вертикален. За свободный конец нити тянут в горизонтальном направлении, прикладывая силу  $F$ . При какой величине этой силы ускорение куба по горизонтали составит  $a$ ? Коэффициент трения между кубом и плоскостью, а также между стенкой куба и грузом равен  $\mu$ .

**1520.** На гладком горизонтальном столе лежит гантелька, состоящая из двух маленьких шариков, массы которых  $M$  и  $M/2$ , скрепленных жестким невесомым стержнем длиной  $l$ . Еще один маленький шарик массой  $M$  движется по столу перпендикулярно гантельке и налетает со скоростью  $v$  на шарик массой  $M$  гантельки точно «в лоб». Происходит абсолютно упругий удар.

Как движется гантелька после удара? Произойдет ли еще хотя бы один удар шарика и гантельки? Пусть теперь налетающий шарик имеет массу  $m$ . При каких соотношениях между  $m$  и  $M$  произойдет второй удар?

**1521.** Сосуд Дьюара содержит жидкий гелий-4. Из-за несовершенства теплоизоляции снаружи в дьюар «натекает» тепло — его мощность  $N = 30$  мкВт. Для поддержания температуры гелия постоянной производится непрерывная откачка паров насосом, присоединенным к сосуду широкой трубкой длиной  $l = 1$  м. Температура паров на выходе трубки (у входного отверстия насоса) практически комнатная. Сколько литров пара в минуту должен откачивать насос, чтобы поддерживать температуру  $T_1 = 1$  К? Во сколько раз нужно повысить производительность насоса, чтобы поддерживать температуру  $T_2 = 0,5$  К? Давление насыщенных паров гелия при 1 К составляет  $p_1 = 16$  Па, при 0,5 К —  $p_2 = 2,2 \cdot 10^{-3}$  Па. Молярная теплота испарения гелия  $r = 92$  Дж/моль, диаметр молекулы гелия  $d = 2 \cdot 10^{-10}$  м, масса 1 моля гелия  $M = 4$  г/моль.

**1522.** Вертикальный теплоизолированный сосуд закрыт тяжелым подвижным поршнем массой  $M$ . На поршень сверху помещена гиря массой  $m$ , под поршнем находится некоторое количество кислорода при температуре  $T_0$ . Гирю снимают и ожидают некоторое время — пока поршень полностью не остановится. После этого ее аккуратно ставят на поршень. Найдите высоту, на которой поршень окончательно остановится. Начальное положение равновесия поршня с гирей находится на высоте  $H$  над дном сосуда. Поршень движется без трения, теплоемкостью поршня и стенок пренебречь, наружное давление не учитывать.

**1523.** Три маленьких шарика, массы которых  $m$ ,  $M$  и  $m$ , заряжены одинаковыми зарядами  $Q$  (рис. 285). Средний шарик, массой  $M$ , привязан к двум другим кусочками легкой нерастяжимой нити длиной  $l$  каждый. Система лежит на гладком горизонтальном столе. Среднему шарiku толчком придают скорость  $v_0$  в направлении, перпендикулярном нити. Каким будет наименьшее расстояние между шариками массой  $m$  в процессе движения? Какой может быть скорость шарика массой  $M$  в те моменты, когда все шарики снова оказываются на одной прямой?

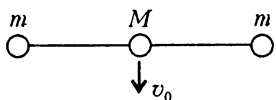


Рис. 285

**1524.** Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке 286,а (при напряжениях больше 3 В

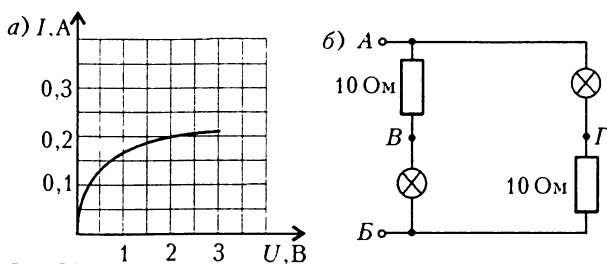


Рис. 286

лампочка перегорает). Из двух лампочек и двух резисторов сопротивлением  $10\ \Omega$  каждый собирают схему, показанную на рисунке 286,б. Между точками А и В включают источник питания и начинают плавно увеличивать его напряжение. К точкам В и Г подключают вольтметр и фиксируют его показания. Нарисуйте график зависимости показаний вольтметра от напряжения источника. При каком напряжении источника лампочки могут перегореть? Сопротивление вольтметра велико.

**1525.** Вольт-амперная характеристика диода в прямом направлении изображена на рисунке 287,а, в обратную сторону диод совершенно не проводит. Собрана схема из двух резисторов сопротивлением по  $500\ \Omega$  и четырех диодов (рис.287,б). К

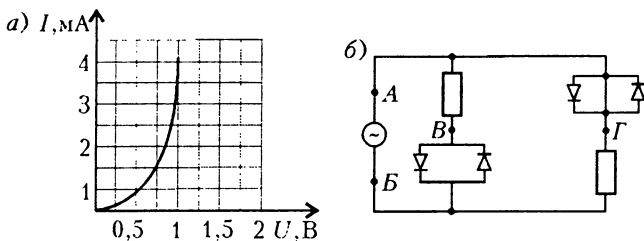


Рис. 287

точкам А и В схемы подключают выход источника переменного (синусоидального) напряжения. Нарисуйте график зависимости от времени напряжения, измеренного между точками В и Г. Рассмотрите три случая – амплитудные значения переменного напряжения источника равны 1 В, 2 В и 2,5 В.

**1526.** К батарее напряжением  $U_0$  подключены последовательно соединенные конденсаторы емкостями  $C$  и  $2C$  (до подключения конденсаторы не были заряжены). Параллельно конденсатору емкостью  $2C$  в некоторый момент присоединяют цепочку из последовательно соединенных катушки индуктивностью  $L$  и батарейки напряжением  $3U_0$  (рис.288). Найдите

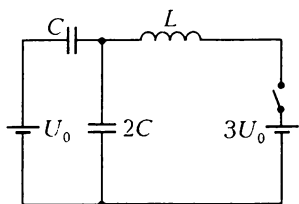


Рис. 288

максимальное значение тока через катушку и максимальное напряжение на конденсаторе емкостью  $2C$ . Сколько всего тепла выделится в системе с момента подключения катушки с батареей? «Минусовые» выводы батареек соединены между собой.

**1527.** Длинный узкий коридор освещается длинным рядом одинаковых ламп, висящих у потолка на одинаковых расстояниях друг от друга. В одной половине коридора лампы горят, в другой половине кто-то их вывинтил и унес (не горят). В той части коридора, где лампы горят, освещенность на полу изменяется от максимального значения  $I_0$  точно под лампой до  $I_1 = 0,96I_0$  посередине между лампами (освещенность измеряется на полу вдоль серединной оси, вдали от концов гирлянды ламп). Отражения света от стен и потолка нет. Освещенность точно под крайней лампой составляет  $0,6I_0$ . а) Найдите максимальную освещенность на полу в том случае, когда останется только одна горящая лампа. б) Какой станет максимальная освещенность на полу, если поставить горящие лампы вдвое чаще? Чему будет в этом случае равна освещенность в точках пола между горящими лампами? в) Какой стала бы максимальная освещенность при увеличении вдвое расстояния между лампами и полом?

**1528.** На рисунке 289 приведена траектория точки  $A$  на плоскости (масштаб указан на рисунке). Скорость точки все время составляет  $v = 2$  м/с. Найдите максимальное ускорение точки.

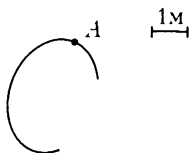


Рис. 289

**1529.** Жук-плавунец может находиться в воде без движения. Попад в ручей, жук может двигаться против течения с максимальной скоростью  $v_1$ , а по течению — с максимальной скоростью  $v_2$ . С какой максимальной скоростью жук может двигаться перпендикулярно течению ручья?

**1530.** На гладкой плоскости находится тело массой 1 кг, к которому привязана легкая пружинка жесткостью 10 Н/м. Начинаем тянуть вдоль пружинки с постоянной скоростью 1 м/с. Какую работу мы совершаем за первую секунду с момента начала движения?

**1531.** С Северного полюса Земли в исследовательских целях производят запуск баллистической ракеты. Требуется попасть в

точку на экваторе Земли, сообщив при этом ракете минимально возможную скорость. Найдите величину этой скорости и угол, под которым нужно произвести запуск.

**1532.** Тонкостенный сосуд кубической формы помещен в разреженный газ с концентрацией молекул  $n_0$ . В сосуде сделали маленькую дырку — срезали вершину угла так, что дырка имеет форму правильного треугольника. Какая концентрация молекул установится в сосуде? Рассмотрите случаи очень хорошей и очень плохой теплопроводности стенок.

**1533.** Вертикальный сосуд высотой  $H = 0,1$  м и площадью сечения  $S = 1$  см<sup>2</sup> при температуре  $T_1 = 273$  К содержит воздух при атмосферном давлении и небольшое количество воды. Сосуд закрывают сверху подвижным поршнем массой  $M = 1,5$  кг и дают поршню двигаться. После того как поршень остановился, сосуд начинают медленно нагревать и доводят температуру до  $T_2 = 373$  К. Какое количество теплоты сообщили при этом системе? Теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь.

**1534.** Три резистора соединили последовательно и подключили к батарейке. Два амперметра включили в цепь, как показано на рисунке 290. Токи через амперметры составили 1 А и 3 А. Может ли в этой схеме через средний резистор течь ток силой 2 А? В каких пределах могут находиться силы токов, текущие через левый и правый резисторы? Сопротивления амперметров считать пренебрежимо малыми.

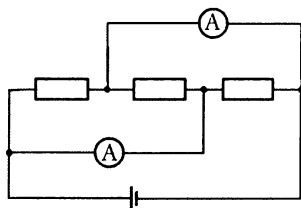


Рис. 290

**1535.** Очень далеко друг от друга находятся два проводника. Заряд одного из них  $Q_1$ , его потенциал  $\phi_1$ . Заряд второго проводника  $Q_2$ , его потенциал  $\phi_2$ . Первоначально незаряженный конденсатор емкостью  $C$  подключают очень тонкими проводами к этим проводникам. До какого напряжения зарядится конденсатор?

**1536.** Маятник состоит из длинной тонкой и легкой нити длиной  $L$  и маленького тяжелого шарика. Два таких маятника прикрепили к общей точке подвеса и зарядили одноименно, так что они разошлись на небольшое (по сравнению с длиной нити) расстояние. Найдите период малых колебаний маятников относительно новых положений равновесия.

**1537.** «Черный ящик» с двумя выводами имеет сопротивление  $R$ , но если приложенное напряжение увеличить до  $U_0$ , то сопротивление возрастет до  $2R$  и останется таким при дальней-



шем возрастании напряжения. Если же после этого начать снижать напряжение, то к прежнему значению сопротивление вернется только при напряжении  $0,5U_0$ . У вас в распоряжении есть еще регулируемый источник питания (его напряжение можно установить каким угодно), конденсатор, реостат и провода. Придумайте схему генератора колебаний, рассчитайте необходимые параметры входящих в схему элементов и оцените период колебаний при выбранных значениях.

### 1996 год

**1538.** Воздушный шар начинает подниматься с поверхности Земли. Его ускорение линейно спадает с высотой от начального значения  $a_0$  до нуля на высоте  $H$ . Какую скорость приобретет шар, достигнув высоты  $H$ ? Какая скорость будет у шара на половине этой высоты? За какое время шар поднимется на высоту  $H$ ?

**1539.** На рисунке 291 показана система, содержащая два подвижных блока и три груза, массы которых  $m$ ,  $2m$  и  $M$ . Какую массу  $M$  нужно взять, чтобы вся система весила  $4mg$ ? Блоки и нити считать невесомыми, нити нерастяжимы. Движение всех грузов происходит в вертикальном направлении.

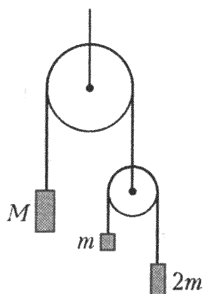


Рис. 291

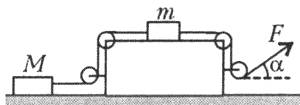


Рис. 292

**1540.** В системе, изображенной на рисунке 292, трение отсутствует, а внешняя сила равна  $F$  и составляет угол  $\alpha$  с горизонтальной плоскостью. Найдите ускорение каждого из тел. Массы тел указаны на рисунке.

**1541.** На гладком горизонтальном столе вдоль одной прямой расположены шарики, массы которых  $m$ ,  $M$  и  $2M$ . Шарик массой  $m$  налетает на шарик массой  $M$ , и между ними происходит абсолютно упругий лобовой удар. При каких отношениях  $m/M$  в системе произойдет еще ровно один удар?

**1542.** Сосуд с разреженным гелием разделен на две равные части легким подвижным поршнем. Газ в одной половине сосуда начинают нагревать, поддерживая температуру в другой части сосуда неизменной. Какое количество теплоты нужно сообщить

газу в нагреваемой части сосуда, чтобы его температура возросла на небольшую величину  $\Delta T$ ? Всего в сосуде содержится  $\nu$  молей газа.

**1543.** Две большие квадратные пластины площадью  $S$  каждая находятся на малом расстоянии  $d$  одна от другой, образуя плоский конденсатор. Посредине между ними находится еще одна такая же пластина, заряженная зарядом  $Q$ . Наружные пластины соединены друг с другом резистором с большим сопротивлением  $R$ . Среднюю пластину быстро передвигают по направлению к одной из наружных пластин так, что она оказывается на расстоянии  $d/3$  от нее. Какое количество теплоты выделится после этого в резисторе?

**1544.** В схеме на рисунке 293 два из трех резисторов одинаковые, а сопротивления амперметров пренебрежимо малы. Один из амперметров показывает  $I_1 = 1$  А, показание второго  $I_2 = 2$  А. Найдите токи через каждый из резисторов.

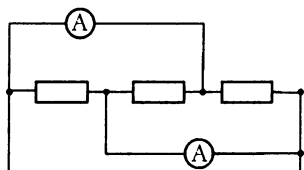


Рис. 293

**1545.** Длинный соленоид радиусом  $r$  содержит  $N$  витков на каждый метр длины. По соленоиду пропускают ток  $I$  (известно, что магнитное поле такого соленоида практически однородно внутри и мало снаружи). На одной оси с соленоидом находится длинный (но не такой длинный, как соленоид) легкий бумажный цилиндр радиусом  $R$  и высотой  $H$ , равномерно заряженный по поверхности полным зарядом  $Q$ . Ток соленоида уменьшают в 3 раза, при этом цилиндр приходит во вращение вокруг своей оси. В какую сторону и с какой угловой скоростью вращается цилиндр?

**1546.** Заряженный до напряжения  $U = 100$  В конденсатор подключают к катушке индуктивностью  $L = 0,5$  Гн. При какой емкости конденсатора сила тока в катушке через  $\tau = 0,01$  с окажется не меньше  $I = 0,03$  А?

**1547.** На плоскую поверхность плосковогнутой линзы с фокусным расстоянием  $-10$  см падает вдоль главной оптической оси тонкий однородный пучок света. Диаметр пучка  $0,1$  см, мощность в пучке  $100$  Вт. Оцените величину силы, действующей на линзу. Куда направлена эта сила? Поглощением света в линзе пренебречь. Как изменится ответ, если в линзе поглощается  $0,1\%$  падающей мощности света?

**1548.** Через легкий блок перекинута нерастяжимая и невесомая нить, к концам которой прикреплены грузы массой  $1$  кг и  $3$  кг. Блок насажен на ось с трением, сила трения пропорцио-

нальна нагрузке на ось. Ускорение тяжелого груза в описанной ситуации составило  $2 \text{ м/с}^2$ . Какой массы грузик следует положить на легкий груз, чтобы предоставленная самой себе система могла оставаться в равновесии?

**1549.** Тонкую упругую полоску длиной  $L$  согнули в полуокружность и связали концы нитью – натяжение нити составило при этом  $T$ . Какую работу нужно совершить, чтобы «догнуть» пластинку, превратив ее в обруч?

**1550.** Планета З очень похожа на Землю, но на последних выборах во Всемирный парламент там победили антиэкологисты, которые немедленно построили на всей поверхности планеты (включая моря и океаны) атомные электростанции для нагрева атмосферы. На один квадратный метр поверхности приходится мощность  $1000 \text{ Вт}$ . Через какое время после начала нагрева температура атмосферы увеличится на  $1$  градус? Считайте, что сама планета не нагревается, а мощность излучения в космос остается неизменной.

**1551.** В схеме на рисунке 294 при помощи быстродействующего переключателя к точкам  $A$  и  $B$  подключается конденсатор емкостью  $1000 \text{ мкФ}$  то в одной, то в другой полярности. При

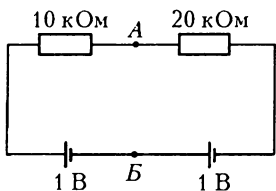


Рис. 294

этом переключаются выводы конденсатора – в течение  $0,001 \text{ с}$  конденсатор включен в одной полярности, затем мгновенно переключается и в течение  $0,002 \text{ с}$  оказывается включенным наоборот, после чего процесс повторяется. Найдите средние значения токов, протекающих через батарейки.

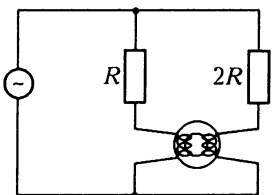


Рис. 295

**1552.** На ферромагнитный сердечник намотаны две одинаковые катушки, каждая индуктивностью  $L$  (рис. 295). Последовательно с одной из катушек подключили резистор сопротивлением  $R$ , последовательно с другой – резистор сопротивлением  $2R$ , а получившиеся цепочки соединили параллельно и включили в сеть переменного напряжения, амплитуда которого  $U_0$  и частота  $f$ . Найдите токи, протекающие через резисторы. Элементы цепи считать идеальными, рассеянием магнитного потока пренебречь.

**1553.** По горизонтальной плоскости катится без проскальзывания тонкий обруч радиусом  $R = 1 \text{ м}$ . Скорость центра обруча  $v_0 = 2 \text{ м/с}$ . Найдите мгновенную скорость точки обруча,

которая окажется внизу через время  $\tau = 0,01$  с.

**1554.** В системе, изображенной на рисунке 296, коэффициент трения между тележкой массой  $M = 3$  кг и грузом массой  $m = 1$  кг составляет  $\mu = 0,4$ . Трение между столом и тележкой пренебрежимо мало. С какой силой нужно тянуть нить в горизонтальном направлении, чтобы тележка и груз могли ехать вместе, без проскальзывания? Каковы будут ускорения тел, если тянуть за нить силой  $F = 20$  Н?

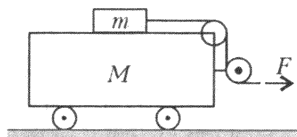


Рис. 296

**1555.** Тонкая стеклянная трубка, изогнутая в виде буквы V с углом  $\alpha = 60^\circ$ , закреплена неподвижно. Одно колено трубки вертикальное и отделено от другого закрытым краном. В вертикальное колено наливают воду до высоты  $H$ , затем кран открывают, и вода начинает перетекать в другое колено трубки. Считая, что вода не перемешивается и тепло не выделяется, найдите период происходящего в системе процесса.

**1556.** В хорошо откачанный сосуд под поршень ввели некоторое количество воды и начали медленно уменьшать объем сосуда, поддерживая постоянную температуру. В таблице приведены давления для нескольких значений объема:

$V, \text{л}$	18	16	14	12	10
$p, \text{кПа}$	20	23	24	24	24

Какая температура поддерживалась в этом опыте? При каком значении объема давление внутри сосуда начнет резко возрастать?

**1557.** Идеальная тепловая машина работает с нагревателем с температурой  $T_1 = 500$  К и холодильником с температурой  $T_2 = 300$  К. Механическая работа, получаемая от этой машины, используется для того, чтобы перекачивать тепло от замороженной курицы с температурой  $T_3 = -18^\circ\text{C}$  к телу с температурой  $T_4 = -15^\circ\text{C}$ . Какое максимальное количество теплоты можно отнять от курицы за счет энергии  $W = 1$  Дж, полученной от нагревателя в первой тепловой машине?

**1558.** Две тонкие длинные нити скрещиваются под прямым углом. Расстояние между ближайшими точками нитей  $d$ . Нити заряжены с линейной плотностью  $\rho$  каждая. Найдите силу, с которой одна нить действует на другую.

**1559.** На рисунке 297 приведена схема, составленная из очень большого числа звеньев. Каждое звено состоит из двух резисто-

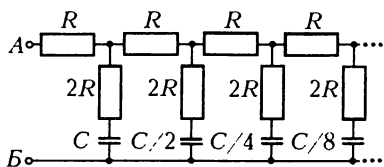


Рис. 297

ров сопротивлениями  $R$  и  $2R$  и конденсатора, причем емкости конденсаторов в звеньях различны – в каждом последующем звене емкость в два раза меньше, чем в предыдущем. К точкам  $A$  и  $B$  подключают идеальную ба-

тареюку напряжением  $U$ . Какое количество теплоты выделится в схеме за очень большой отрезок времени? Какое количество теплоты выделится при этом в резисторе сопротивлением  $R$ , подключенном к точке  $A$ ?

**1560.** На горизонтальной поверхности стола лежит длинный тонкий брусок прямоугольного сечения. На один его конец у самого торца намотаны вплотную друг к другу  $N = 20$  витков очень тонкого провода. Магнитное поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл направлено вверх перпендикулярно поверхности стола. Какой величины ток нужно пропустить по проводу, чтобы брусок начал приподниматься? Плотность материала бруска  $\rho = 200$  кг/м<sup>3</sup>, длина бруска  $L = 0,1$  м.

**1561.** Небольшая катушка, намотанная из длинного куска провода с большим сопротивлением  $R$ , замкнута накоротко – ее выводы соединены между собой. Вдали от катушки движется вдоль ее оси со скоростью  $v_0$  постоянный магнит. С какой силой нужно удерживать на месте катушку при величине протекающего по ней тока  $I$ ? Силы тяжести отсутствуют, ток протекает по катушке только из-за изменения магнитного потока, сила тока меняется медленно.

**1562.** На тороидальный сердечник из ферромагнитного материала с очень большой магнитной проницаемостью намотана катушка, состоящая из большого числа витков и имеющая индуктивность  $L$ . От середины катушки сделан отвод. Схема подключения этой катушки и конденсатора емкостью  $C$  к источнику переменного напряжения с амплитудой  $U_0$  и частотой  $\omega$  приведена на рисунке 298. Что показывает амперметр, имеющий пренебрежимо малое сопротивление?

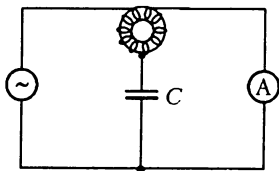


Рис. 298

**1563.** Небольшая лампочка освещает вертикальную стену. Проходящий вдоль стены хулиган швырнул в лампочку камень под углом  $45^\circ$  к горизонту и попал в нее. Найдите скорость тени от камня на вертикальной стене. В момент броска ка-

мень находится на одной высоте с лампочкой на расстоянии  $L$  от нее.

**1564.** Модель водяного колеса устроена следующим образом. На ободе очень легкого колеса радиусом  $R = 1$  м равномерно расположено  $N = 201$  ячеек. Когда ячейка проходит верхнее положение, в нее без начальной скорости относительно земли сбрасывают груз массой  $m = 100$  г. Выпадает груз из ячейки в момент прохождения самой нижней точки. Трения нет, удары абсолютно неупругие. Найдите установившуюся угловую скорость вращения колеса.

**1565.** Один моль идеального одноатомного газа расширяется от начального объема 20 литров до конечного объема 200 литров. Давления в сосуде при различных значениях объема газа таковы:

$V, \text{л}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$p, \text{кПа}$	100	35,4	19,2	12,5	8,9	7,8	6,95	6,3	5,75	5,3

Получает газ тепло или отдает на участке расширения от 40 до 80 литров? Нагревается или охлаждается газ на участке расширения от 140 до 180 литров? Найдите отношение теплоемкостей газа на этих двух участках процесса.

**1566.** Гантелька массой  $M$  и длиной  $L$  заряжена на концах, причем левый конец имеет заряд  $Q$ , правый – заряд  $-4Q$ . Слева от гантельки на продолжении прямой, проходящей через концы гантельки, очень далеко от нее покоится шарик массой  $m$ , заряженный зарядом  $Q$ . От малого толчка шарик начинает двигаться в сторону гантельки. Найдите максимальную скорость шарика и минимальное расстояние до гантельки в процессе движения. Гантелька не закреплена, сила тяжести отсутствует. Считайте, что гантелька не вращается и движение происходит вдоль упомянутой прямой.

**1567.** Нагреватель имеет сопротивление  $R = 100$  Ом. В вашем распоряжении есть две одинаковые катушки, индуктивность каждой катушки  $L = 0,5$  Гн, и большое количество разнообразных конденсаторов. Сеть 36 В, 50 Гц рассчитана на очень большую мощность, катушки и конденсаторы можно считать идеальными. Какую максимальную мощность можно получить в нагревателе?

**1568.** Граненый карандаш массой  $M = 20$  г лежит на горизонтальной шероховатой поверхности с коэффициентом трения  $\mu = 0,05$ . К одному из концов прикладывают горизонтальную силу в направлении, перпендикулярном карандашу, и увеличивают

эту силу, пока карандаш не начинает проскальзывать. При каком значении силы это произойдет? Какая из точек карандаша при этом не проскальзывает?

**1569.** Из однородного квадратного листа со стороной  $d$  вырезали круг максимального диаметра, при этом остались четыре «уголка». Где находится центр масс одного такого «уголка»? Центр масс полукруга радиусом  $R$  находится на расстоянии  $a = 4R/(3\pi)$  от своего диаметра.

**1570.** На неподвижное тонкое кольцо надета небольшая бусинка. Коэффициент трения между бусинкой и кольцом  $\mu = 0,1$ , сила тяжести отсутствует. Во сколько раз уменьшится из-за трения скорость движения бусинки за  $n = 3$  оборота? Если у вас не получится точное решение, постарайтесь посчитать приближенно.

**1571.** Микропроцессор при работе выделяет значительное количество теплоты. На практике удается ускорить работу микропроцессора за счет увеличения так называемой тактовой частоты, но при этом возрастает выделяемая мощность (очень грубо можно считать, что она пропорциональна рабочей частоте микропроцессора). Для уменьшения перегрева на корпус микропроцессора надевают металлический радиатор, имеющий большую поверхность, улучшающую теплообмен с окружающим воздухом. Температура корпуса микропроцессора, работающего в самодельной ЭВМ в обычном режиме, составляет  $+95^\circ\text{C}$ , температура радиатора при этом  $+50^\circ\text{C}$ , а температура воздуха в корпусе ЭВМ  $+30^\circ\text{C}$ . При помощи специальной пасты с высокой теплопроводностью удалось улучшить тепловой контакт корпуса микропроцессора с радиатором – температура микропроцессора снизилась при этом до  $+65^\circ\text{C}$ . Во сколько раз можно теперь повысить быстродействие микропроцессора, если предельно допустимая температура его корпуса составляет  $+95^\circ\text{C}$ ? Температуру внутри корпуса можно считать неизменной, для оценки можно также считать, что условия теплообмена остаются прежними.

**1572.** Порцию кислорода нагревают при постоянном давлении до тех пор, пока объем газа не возрастет в 2 раза, а затем охлаждают при получившемся объеме, пока газ не отдаст все тепло, полученное при расширении. Найдите отношение начальной и конечной температур в этом процессе.

**1573.** В схеме на рисунке 299 миллиамперметры одинаковые, батарейки идеальные. Что может показывать вольтметр в этой схеме? Какими могут быть сопротивления миллиамперметров и вольтметра? Учтите – приборы бывают и не очень идеальными!

**1574.** К проводящему уединенному заряженному шару подносят небольшой незаряженный проводящий предмет. Потенциал точки, в которую помещают предмет, до его внесения составлял  $\varphi = 10000$  В. После внесения потенциал шара изменился на величину  $\Delta\varphi = 1$  В. Найдите силу, действующую в этот момент на шар. Размеры вносимого предмета во много раз меньше расстояния между ним и шаром.

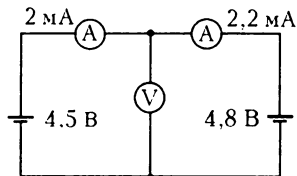


Рис. 299

**1575.** Из куска тонкой проволоки, сопротивление которого  $R$ , сделано замкнутое кольцо диаметром  $d$ . Магнитное поле с индукцией  $B$  параллельно плоскости кольца. Выводы источника напряжением  $U_0$  присоединены к двум точкам кольца. Какой может быть максимальная сила, действующая на кольцо со стороны магнитного поля?

**1576.** Схема, изображенная на рисунке 300, подключена к сети 220 В, 50 Гц. Емкость конденсатора  $C = 0,01$  мкФ, диоды можно считать идеальными. Какой ток покажет миллиамперметр магнитоэлектрической системы, предназначенный для постоянного тока? До какого напряжения зарядился бы еще один конденсатор емкостью  $C$ , если бы его включили вместо миллиамперметра?

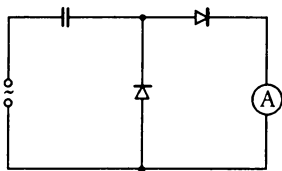


Рис. 300

**1577.** Цепь состоит из 1000 одинаковых звеньев – каждое звено включает катушку индуктивностью  $L = 1$  мГн и конденсатор емкостью  $C = 0,1$  мкФ (рис.301).

К последнему звену подключен резистор сопротивлением  $R = 100$  Ом (числа подобраны специально!). Батарею напряжением  $U_0 = 10$  В подключают к первому звену, после чего через некоторое время ток через

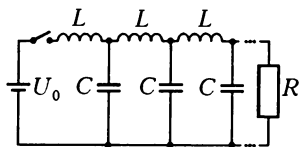


Рис. 301

резистор начинает возрастать, а потом принимает установившееся значение. Через какую из катушек быстрее всего изменяется ток, если с момента подключения батарейки прошло  $\tau = 0,001$  с? Оцените также скорость нарастания тока через резистор в тот момент, когда ток через него станет равным половине установившегося значения. Элементы цепи считайте идеальными.

**1578.** Колесо состоит из тонкого обода массой  $M$ , очень легких спиц и оси массой  $m$ . Колесо ставят на наклонную плоскость,



составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом, и отпускают, при этом оно катится по наклонной плоскости без проскальзывания. Какую скорость будет иметь колесо к тому моменту, когда оно проедет расстояние  $L$ ? При каком минимальном значении коэффициента трения возможно движение колеса без проскальзывания?

**1579.** В вертикальном сосуде под тяжелым поршнем находится некоторое количество двухатомного газа. Сосуд обладает хорошей теплопроводностью, температура окружающей среды  $T_0$  постоянна. При этой температуре происходит необратимая диссоциация молекул газа, причем энергия взаимодействия атомов в молекуле составляет  $\epsilon$  в расчете на один моль. Какое количество теплоты получит газ от окружающей среды за большой интервал времени? Начальные значения давления и объема составляют  $p_0$  и  $V_0$  соответственно.

**1580.** Четыре одинаковых шарика массой  $M$  каждый связаны жесткими невесомыми стержнями одной и той же длины и образуют квадрат со стороной  $d$ . Шарик заряжают, причем два из них имеют заряды  $Q$ , два других – заряды противоположного знака, т.е.  $-Q$ . Всю конструкцию помещают в однородное электрическое поле с напряженностью  $E$  и отпускают. Какую максимальную скорость может иметь один из шариков в процессе движения?

**1581.** Заряженный конденсатор большой емкости подключают к резистору. За вторую секунду разряда в резисторе выделилось 10 Дж тепла, столько же тепла выделилось в сумме за третью и четвертую секунды. Найдите начальную энергию конденсатора.

**1582.** Источник света представляет собой тонкую нить длиной  $L = 10$  см, расположенную на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 5$  см. Ближний конец нити находится на расстоянии  $a = 10$  см от линзы, диаметр линзы  $D = 1$  см. Найдите минимальный размер освещенного пятна на экране, помещенном с другой стороны линзы перпендикулярно ее главной оптической оси.

### 1997 год (начало)

**1583.** Автомобиль массой  $M = 1000$  кг разгоняется по окружности радиусом  $R = 100$  м из состояния покоя. Какая необходима мощность двигателя для максимально быстрого разгона? Коэффициент трения колес о землю  $\mu = 0,7$ , все колеса автомобиля ведущие.

**1584.** На рисунке 302 показан профиль гладкой горки, по которой скользит без начальной скорости тело маленького раз-

мера. Найдите максимальную величину ускорения тела. Найдите также максимальную перегрузку, действующую на тело при таком движении (перегрузка показывает, во сколько раз вес тела превышает действующую на него силу тяжести).

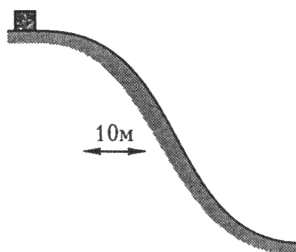


Рис. 302

**1585.** В системе, изображенной на рисунке 303, трение отсутствует. В начальный момент

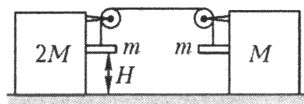


Рис. 303

все тела удерживают, при этом свисающие концы нитей вертикальны, а висящие на них грузы касаются боковых поверхностей кубов. Массы кубов  $M$  и  $2M$ , каждый из грузов имеет массу  $m$ . Систему отпускают. Найдите скорость большого куба в тот момент, когда касающийся его груз ударится о стол. Начальная высота грузов относительно горизонтальной поверхности стола равна  $H$ .

**1586.** В кубическом сосуде объемом  $V = 1$  л находится некоторое количество гелия при температуре  $T = 300$  К. Оцените давление газа, при котором число ударов молекул друг о друга за некоторый отрезок времени равно числу ударов молекул о стенки сосуда. Сильно ли усложнилась бы задача, если бы вместо гелия в сосуде был водяной пар?

**1587.** В длинной горизонтальной гладкой пустой трубе находятся два поршня, которые могут скользить без трения вдоль трубы. Один поршень имеет массу  $M = 1$  кг, другой в два раза тяжелее. В начальный момент между поршнями находится моль кислорода при температуре  $T_0 = 300$  К, а тяжелый поршень движется со скоростью  $v_0 = 1$  м/с по направлению к неподвижному в этот момент легкому поршню. Чему равна максимальная температура газа в этом процессе? Найдите также скорости поршней через большой отрезок времени. Теплоемкость стенок трубы и поршней считать малой, теплопроводностью пренебречь.

**1588.** Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью  $S$  каждая, находящихся на малом расстоянии  $d$  друг от друга. Оцените работу, которую нужно совершить для того, чтобы зарядить пластины одинаковыми зарядами  $Q$ . Считайте, что заряды распределяются по пластинам равномерно.

**1589.** Длинная цепочка резисторов включает звенья двух типов:  $2R - R$  и  $R - 2R$ , соединенных попеременно, как показано на рисунке 304. Найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$  при большом числе звеньев в цепи.

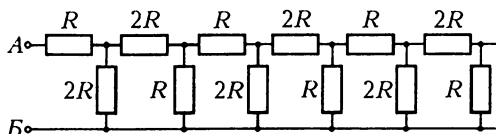


Рис. 304

**1590.** Колебательный контур состоит из параллельно соединенных конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . В тот момент, когда заряд конденсатора  $Q$ , а ток катушки  $I$ , параллельно подключают еще одну катушку индуктивностью  $2L$ . Найдите максимальный заряд конденсатора после такого подключения. Как изменится ответ, если вместо катушки подключить в тот же момент конденсатор емкостью  $2C$ ? Элементы цепи считать почти идеальными.

**1591.** Источник переменного напряжения частоты  $\omega$  имеет внутреннее сопротивление  $R$ . Известно, что максимальную мощность в нагрузку можно получить в том случае, когда сопротивление нагрузки в точности равно внутреннему сопротивлению источника (как и для цепей постоянного тока). Однако сопротивление нагрузки составляет  $5R$ . Как нужно включить в цепь катушку индуктивности и конденсатор и какими они должны быть, чтобы мощность в нагрузке оказалась максимально возможной?

**1592.** На оси длинной трубы с зеркальной внутренней поверхностью находятся изотропный точечный источник света и полностью поглощающий падающий свет шарик радиусом  $1$  см. Центр шарика отстоит на расстояние  $2$  см от источника. Каким должен быть внутренний диаметр трубы, чтобы шарик поглощал ровно половину испускаемой источником энергии?

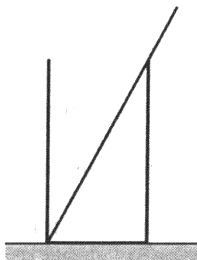


Рис. 305

**1593.** На горизонтальном столе стоит тонкостенный цилиндрический стакан. Диаметр стакана  $D = 10$  см, высота его  $H = 8$  см. В стакан помещают тонкую спицу, как показано на рисунке 305. При какой длине спицы она может оставаться неподвижной? Масса спицы  $m = 60$  г, масса стакана  $M = 65$  г. Трения нет.

**1594.** На оси может вращаться блок, состоящий из двух склеенных дисков радиусов  $R$  и  $2R$  (рис.306). Длинная нить закреплена одним концом на окружности малого диска и на этот диск намотано несколько витков, а другой конец нити образует петлю, удерживающую нижний блок, диаметр которого подобран так, что все свешивающиеся концы нити вертикальны. К подвижному блоку привязан груз массой  $M$ , к свободному концу длинной нити прикреплен груз массой  $3M$ . Найдите ускорения грузов. Блоки и нить невесомые, трение в осях отсутствует, движение считать происходящим в плоскости, перпендикулярной осям блоков.

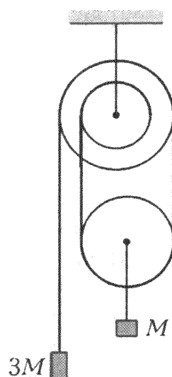


Рис. 306

**1595.** В вертикальном сосуде под тяжелым поршнем находится небольшое количество гелия. Атмосферное давление отсутствует, поршень «висит» над дном сосуда на высоте  $H$ . Поршень очень быстро поднимают на высоту  $10H$  относительно дна сосуда и отпускают. На какой высоте над дном сосуда он установится после того, как его колебания затухнут? Сосуд теплонепроницаемый, теплоемкостью стенок и поршня можно пренебречь. Трение поршня о стенки пренебрежимо мало. Несколько лишних для этой задачи данных: масса поршня  $M$ , ускорение свободного падения  $g$ , площадь дна сосуда  $S$ . Что понимать в условии под выражением «очень быстро поднимают»? Как изменится ответ, если поднимать поршень очень медленно?

**1596.** Нелинейный двухполюсник имеет «квадратичную» вольт-амперную характеристику — напряжение между его выводами пропорционально квадрату текущего через него тока. Двухполюсник подключают к батарее напряжением  $\mathcal{E}$  последовательно с вольтметром, при этом вольтметр показывает половину напряжения батареи. Параллельно двухполюснику подключают еще один такой же вольтметр. Найдите показания обоих вольтметров. Внутреннее сопротивление батареи считать малым.

**1597.** На цилиндрический железный сердечник намотана катушка, ее выводы подключены к источнику переменного напряжения. На оси катушки расположен виток в форме квадрата размером  $d \times d$ , сделанный из тонкого провода с очень высоким сопротивлением, плоскость квадрата перпендикулярна оси. Точно такой же квадрат расположен параллельно первому, но чуть дальше от катушки — расстояние между квадратами

составляет  $d/8$ . Сила тока через «ближний» виток равна  $I_0$ , через «дальний» — чуть меньше, а именно  $0,98I_0$ . Витки раздвигают параллельно так, что расстояние между ними составляет теперь  $d$  — получаются как бы две противоположные грани куба. Полученный «куб» поворачивают на  $90^\circ$ , и теперь витки образуют боковые грани куба, параллельные оси катушки, при этом центр системы все время остается на месте. Какие токи текут по виткам в этом случае?

**1598.** Вдали от всех тел, в глубинах космоса движется летающая тарелка. Скорость ее в некоторый момент равна  $v_0$ . Пилот хочет произвести маневр, в результате которого вектор скорости повернется на  $90^\circ$  и составит по величине  $v_0$ , как и до начала маневра. Ускорение тарелки при маневре не должно превышать заданной величины  $a$ . Найдите минимальное время маневра. Чему будет равно минимальное смещение тарелки за это время?

**1599.** Два стержня, длиной  $L$  каждый, соединены шарнирно (рис.307). Свободный конец одного из стержней шарнирно закреплен, а свободный конец другого стержня начинают двигать с постоянной по величине и направлению скоростью  $\vec{v}_0$ , причем в начальный момент вектор скорости параллелен биссектрисе угла  $2\alpha$ , составленного стержнями в этот момент. Найдите величину и направление вектора ускорения шарнира, соединяющего стержни, через очень маленький отрезок времени после начала движения.

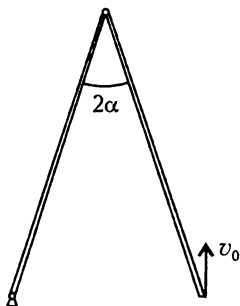


Рис. 307

**1600.** На гладкой горизонтальной поверхности стола стоит обруч радиусом  $R$  и массой  $M$ . Обруч пытались перепилить,

однако дело не было доведено до конца. Масса удаленных опилок составила  $m$ , размер поврежденной области очень мал по сравнению с радиусом обруча. В начальный момент поврежденное место находится точно внизу, и от совсем малого толчка обруч выходит из состояния равновесия. Найдите максимальное смещение центра обруча и его максимальную угловую скорость. Найдите также максимальную скорость центра обруча. Считайте, что обруч все время остается в вертикальной плоскости.

829.  $(\mu mg \sin \alpha)/2$ .

830. 16,4 см.

831.  $E_0/\sqrt{2}$ .

832. Будет колебаться вдоль оси  $Z$ ;  $z = \frac{mgL}{a^4 k^2} \left( -1 + \cos \frac{a^2 k}{\sqrt{Lm}} t \right)$ .

833. 0,9 м/с.

834. 2,4 м/с.

835. 3 °C ; нет.

836. Уменьшилось бы на 8,1%.

837. 0,2 м/с.

838. 1.

839.  $\arccos \frac{1}{\sqrt{3} \operatorname{tg} \alpha} < \varphi \leq \frac{\pi}{2}$ .

840. а) 2,5 кг·м с ; б) 5 кг·м с .

841. 11,5 м/с; 430 К.

842.  $\varepsilon (R+r)$ ;  $L\varepsilon/(2r(R+r))$ .

843.  $t_n = \sqrt{2(Hg + \omega^2 R^2 - R\sqrt{\omega^4 R^2 + 2Hg\omega^2 + g^2})}/g$ ; радиус-вектор точки  $A$  составляет с вертикалью угол  $\alpha = \arctg \omega t_n$ .

844.  $(m - \rho_0 V)/(\alpha V)$  в обоих случаях.

845.  $\sqrt{gR\sqrt{1+\mu^2}/\mu}$ .

846. Чтобы предотвратить перегрев обмотки.

847.  $\frac{2l}{\pi(2n-1)} \sqrt{\frac{e\rho}{2\varepsilon_0 m}}$ , где  $n = 1, 2, \dots$

848.  $\frac{l(n-3/4)}{(1-\varepsilon)\tau} < v < \frac{l(n+1/4)}{(1+\varepsilon)\tau}$ , где  $n = 1, 2, \dots 9$ .

849. 73%.

850. 0,34 с.

851.  $\pi R^4 \rho_1 \rho_2 / (12\varepsilon_0)$ .

852.  $mg/(2qB)$ .

853.  $2F_1 F_2 / (g(F_2 - F_1))$ .

854.  $\sim 10^2$  Н.

$$855. \frac{q}{d} \left( \varepsilon + \frac{q(2b-d)}{2\varepsilon_0 S} \right).$$

$$856. 0,5\%.$$

857. Свет заметно рассеивается на мелких каплях сконденсированной из воздуха влаги.

$$858. 1,8 \text{ с.}$$

$$859. F(1-h/R)/(mg); Fh/(mR).$$

$$860. \sqrt{\frac{8\pi\varepsilon_0 mH(H-h)(v^2 + 2gh(1+a \operatorname{tg}^2 \alpha))}{h(1-a)}} \operatorname{tg} \alpha$$

$$861. \geq \pi R \sqrt{C/L}.$$

$$862. (F(F+2a))^2; F(F+2a)/(2a).$$

$$863. .$$

$$864. mg(H + \mu l).$$

$$865. 4\sigma/(rp) = 5 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

$$866. 1,43 \text{ А.}$$

867. Указание. Надо приставить линейку под прямым углом к стеклу и получить два отражения от поверхностей стекла.

$$868. v(1/\cos \alpha - 1).$$

$$869. \frac{k(T_1 - T_{n,1})}{k(T_1 - T_{n,1}) + (T_{n,1} - T_2)}.$$

$$870. -4 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

$$871. 3U_0\sqrt{C/L}; 3969U_0\sqrt{C/L}.$$

$$872. 2:1; 1:(\sqrt{2}-1).$$

873. Скорость ветра равна 20 км/ч и составляет с курсом корабля угол, равный  $\arctg \pm \sqrt{3}$ ; 10 км/ч.

$$874. \leq 43 \text{ км/ч.}$$

875.  $mRv_0/(B^2 d^2 \cos^2 \alpha)$ , где  $\alpha$  — угол между магнитным полем и нормалью к плоскости рельсов.

$$876. \frac{l_2}{l_1 + l_2} \sqrt[3]{\frac{2R_0^2 g T^2}{\pi^2}}, \frac{l_1}{l_1 + l_2} \sqrt[3]{\frac{2R_0^2 g T^2}{\pi^2}}.$$

877. При удалении больше чем на 2 м.

$$878. \sqrt{(t_1^2 - t_2^2)/2}.$$

$$879. \sqrt{v_0^2 + gH - 2Mg^2(1 - \cos \alpha)^2/k}.$$

$$880. F(1 + (l + R)/(2r)).$$

$$881. AC.$$

882. а)  $\varepsilon/R$  ; б)  $\varepsilon/(2R)$  .

883. Через время  $\left( \sqrt{2gH + (u + v_0)^2} - (u + v_0) \right) / g$  после разрыва снаряда.

884.  $x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t + l \frac{2M + m}{2M} (1 - \cos \omega t)$ , где  $\omega^2 = g/(l \sin \alpha)$  ; линейно; время определяется условием  $\operatorname{tg} \omega \tau = \omega l / v_0$  ; сможет, если в каждой точке ускорение жука будет таким же, как при движении вниз.

885.  $l_0 (1 + \alpha(t_1 + t_2)/2)$  .

886. ВВ  $\sqrt{\frac{2l}{mg \sin \alpha} (m + Cb^2 B^2 \cos^2 \alpha)}$  ;  $\sqrt{\frac{2lmg \sin \alpha}{m + Cb^2 B^2 \cos^2 \alpha}}$  .

887. Наблюдаемая картина зависит от соотношения между  $d$ ,  $a$  и  $l$ . Например, если  $d = a\sqrt{2} \left( 1 - 1/\sqrt{2n^2 - 1} \right)$ , то при любых  $l$  на экране виден равномерно освещенный круг диаметром  $d$ .

888.  $10^{-5}$  .

889. Если  $\varphi < 45^\circ$ , тело надо бросать вертикально; если  $\varphi = 45^\circ$  – либо вертикально, либо под углом  $45^\circ$  к горизонту; если  $\varphi > 45^\circ$  – под углом  $45^\circ$  к горизонту.

890. В первом случае плотность больше на  $90 \text{ кг/м}^3$  .

891. Уменьшится.

892.  $1 - \sqrt{1 - \frac{1}{r^2} \left( \frac{R}{n} \right)^2}$  .

893. 2000 м; 2,8 м/с.

894. 1)  $\leq 3,46 \cdot 10^3 \text{ кг}$ ; 2)  $10^4 \text{ кг}$ .

895.  $< 1,26 \cdot 10^6 \text{ км}$ .

896.  $100,29^\circ \text{C}$  ; 2290 Дж.

897.  $4n^2/\pi$  .

898. Скорость направлена горизонтально и равна  $\sqrt{g(2l - H)/2}$  .

899. 1)  $R(1 + \rho_1/(3\rho)) - m/(\rho\pi R^2)$  ; 2)  $\sqrt[3]{3m/(\pi\rho_1)}$  .

900. 1,8 кДж.

901.  $2C\varepsilon^2/27$  ;  $19\varepsilon/(60R)$  во время разрядки среднего конденсатора и  $\varepsilon/(60R)$  во время его зарядки.

902. 1)  $\frac{d}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{e\rho}{m\varepsilon_0}}$  ; 2)  $\pi \sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{e\rho}}$  ,  $\pi v \sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{e\rho}} \cos \alpha$  .

903. 1)  $l - \pi R/(2 \cos \alpha)$  ; 2)  $2\pi\sqrt{l/g}$  .

904. 1)  $(m + 5\rho\pi R^3/3)g$  ; 2)  $\rho\pi R^3 g$  .

905.  $(p + Mg/S)(1 - \Delta H/H)$  .



906.  $\left(1 - \sqrt{1 - 4\mu U^2 / (R_0 b)}\right) / (2\mu)$ .
907.  $\tau$ ;  $qE\tau^2 (n - 1/2) / (2m) + \sqrt{2rqE/m} \tau / 2$ ;  $qE / (2m)$ .
908. Не потеряют, если  $l \geq (4 + \pi^2) v^2 / (2\pi a)$ ;  $(l/v - \pi v/a) / 2$ .
909.  $m_2 < m_1 \cos 2\alpha$ .
910.  $\sqrt{(2\mu k\pi^2 / m - \beta) / (\mu\beta^2)}$ .
911.  $Mp_{\max} sv / (p_0 V_0)$ .
912. Различны частоты колебаний, а значит, различны и индуктивные сопротивления цепи.
913. 14 м/с.
914. 1,2 моль.
915.  $Bvd (\epsilon - 1) / \epsilon$ .
916.  $1,8\tau$ .
917. 1.
918.  $l/3$ .
919.  $2l\alpha_1 / \alpha_2$ .
920.  $v_1 p_1 S_1 T_2 / (p_2 S_2 T_1)$ .
921.  $U \sqrt{2\epsilon_0 S / (m(d_1 - d_2))}$ .
922. 30 см.
923.  $\sqrt{2Rr + r^2} / (2R)$ .
924. Больше.
925. У той, которая скатывается с горки I.
926. Указание. Нарисуйте картинку силовых линий поля.
927.  $2/3$ .
928.  $mg / (2 \sin \alpha)$ ;  $mg (1 + \cos \alpha) / (2 \sin \alpha)$ .
929. Возможно, если верхнюю часть сосуда охлаждать быстрее, чем нижнюю.
930. Напряженность поля перпендикулярна пластинкам и равна  $\sigma / (4\epsilon_0)$ .
931.  $\alpha(r) = \left( \frac{4F^2 + r^2}{4F^2 + R^2} \right)^{3/2}$ .
932. Да.
933. Во втором случае.
934. 1090 Дж.
935.  $\epsilon_0 I_0 (\rho_2 - \rho_1)$ , отрицательный.
936. Ток увеличится на  $3 \cdot 10^{-3}$  А, а энергия — на  $1,25 \cdot 10^{-4}$  Дж.
937. 0,25 см.
938. Да.
939.  $\rho g \pi R^2 ((H + R) \cos \alpha - 2R/3)$ .

940. Глиняный раствор имеет почти такой же коэффициент теплового расширения, как и кирпичи.

941. При первом.

942. Уменьшится в 4 раза.

943.  $20 \text{ м/с}^2$ .

944.  $5 \text{ м/с}$  при  $v_0 \leq 2 \text{ м/с}$  и  $3 \text{ м/с} + v_0$  при  $v_0 > 2 \text{ м/с}$ .

945.  $27/23$ .

946.  $\frac{l}{2} \left( 1 - 2 \frac{\sin \gamma \cos \beta}{\sin (\beta + \gamma)} \right)$ , где

$$\beta = \arccos \frac{\cos \alpha - 1 + \sqrt{(3 - \cos \alpha)(1 + \cos \alpha)}/3}{2},$$

$$\gamma = \arccos \frac{1 - \cos \alpha + \sqrt{(3 - \cos \alpha)(1 + \cos \alpha)}/3}{2}; \arcsin \frac{1 - \cos \alpha}{2}.$$

947.  $\approx 600 \text{ К}$ .

948. Больше возможностей маневра.

949. В глубине температура выше.

950. 100 ч.

951.  $4,5 \text{ мкФ}$ .

952. Предмет больше в 3 раза.

953. 180; 80 с; 40 с.

954.  $15(1 + 10t^2)$  для  $t \leq \sqrt{0,3}$  с.

955. 38 г; 17 кПа.

956.  $1,2 \cdot 10^{-4}$  рад.

957. 0,2.

958. 0,0476 или 0,153.

959. 100 мин.

960.  $U_0^2/R$ ;  $U_0/R + U_0 t/L$ ;  $U_0^2 \tau^2/(2L)$ .

961. Воду надо отключить;  $7 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}$ .

962.  $\sim 1/x^2$ .

963. *Указание.* Движение шарика удобно представить как суперпозицию периодических движений в двух взаимно перпендикулярных направлениях — вдоль плоскости  $P$  (ось  $X$ ) и вдоль плоскости  $Q$  (ось  $Y$ ). Возврат в точку  $A$  возможен, если  $t_x = kt_y$ , где  $k$  — рациональное число.

964. Все точки одновременно придут в центр масс системы через время  $\pi/(2\sqrt{kM})$ .

965.  $p_0(1 + \Delta T/(2T_0))$ ; центр масс сместится в сторону более холодной стенки на  $l\Delta T/(12T_0)$ , где  $l$  — длина сосуда.

966.  $\sigma d/2$ .

967. 6.

968.  $\omega_0(1 - r_3/r_1)$ .

969. Меньшая;  $\sqrt{k}$ .

970. Указание. Надо приложить к сфере силу, направленную вниз, убрать опору из-под сферы и рассмотреть движение сферы до того момента, когда шар ударится о ее верхнюю точку.

971.  $BR^2\omega/2$ .

972.  $\frac{v n \alpha_0}{(n-1)\delta} \left( \frac{n-1}{n} - \left( 1 - \frac{\cos \alpha_0}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha_0}} \right) \sin \alpha_0 \right); v n / (\omega(n-1))$ .

973. а)  $\sqrt{2a_0^2 T^2 + 4a_0 l} - a_0 T$ ; б)  $a_0 T - \sqrt{2a_0^2 T^2 - 4a_0 l}$ .

974.  $2\pi\sqrt{mk} \cos \alpha$ ; увеличится.

975.  $\epsilon_0 v B S / (C + 2\epsilon_0 S/d)$ .

976. 2910 Дж.

977. 20 м.

978.  $4\sqrt{gl}$ .

979.  $QR(\alpha-1)/(CSl(\alpha^2\beta-1))$ , где  $R$  — универсальная газовая постоянная.

980.  $(q_1 + q_2)d/(3\epsilon_0 S)$ .

981.  $m(M+2m)g/(M+m)$ .

982. 0,04 мм.

983. См. рис.1.

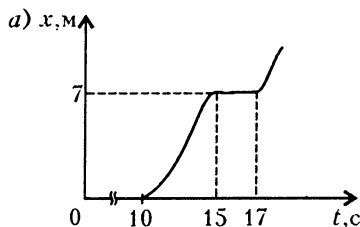
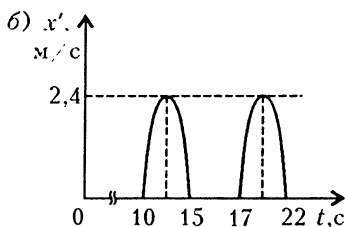


Рис. 1



984. Второй.

985. 430 мм рт.ст.

986. 24 мВ.

987. Нет. Указание. Рассеянный солнечный свет имеет синюю окраску.

988. 17,8 Н.

989.  $2,7 \text{ м/с}^2$ .

990. 7,4%.

991. 0,9 мА.

**992.** 7,3 м; для получения качественных снимков с большой глубиной резкости; 4 см.

**993.** 90 Н.

$$\mathbf{994.} \quad 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{3\pi}{G\rho T^2} \right)^{2/3}}.$$

**995.**  $M(\Delta pT - p\Delta T)/(RT^2)$ , где  $p$  и  $T$  можно определить из кривой зависимости давления насыщенного пара от температуры.

**996.**  $F\tau^2/(16L)$ ; можно.

**997.** Указание. Рекомбинация заряженных частиц происходит быстрее при большей плотности газа.

**998.** Вперед на угол  $\alpha/2$  от вертикали.

$$\mathbf{999.} \quad Hm_1^2 (m_1 + m_2)^2.$$

**1000.** Индукция магнитного поля направлена вдоль главной диагонали куба (идущей слева направо) и равна  $\sqrt{3}B_0$ .

**1001.** 27 Q.

**1002.**  $L$ , если  $F \geq L$ ;  $\sqrt{LF}$ , если  $F < L$ .

**1003.** Окружность радиусом  $\sqrt{R^2 - L^2 + H^2}$ .

**1004.** До погружения оси вращения  $\alpha = 0$ , если  $x = l\sqrt{1 - \rho/\rho_0}$ , и  $\alpha = \arccos \frac{x}{l\sqrt{1 - \rho/\rho_0}}$ , если  $x = 0$ ; после погружения оси  $\alpha = \arccos \frac{x}{l} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$ , если  $x = -l\sqrt{\rho/\rho_0}$ , и затем  $\alpha = \pi$ .

$$\mathbf{1005.} \quad csv(T_1 - T_0)/2.$$

**1006.** 8/3 Ом.

**1007.** Указание. Максимальное отклонение на экране определяется углом  $\pi - 2\arcsin(n_2/n_1)$ , который составляет с вертикалью луч, отраженный от границы раздела сред.

$$\mathbf{1008.} \quad \frac{\operatorname{tg}(\varphi/2)}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha \cos^2(\varphi/2)}}.$$

$$\mathbf{1009.} \quad 2kr \left( 1 - \frac{l}{\sqrt{l^2 + r^2}} \right), \text{ где } r = R - \sqrt{R^2 - Rvt\sqrt{3} + v^2t^2}.$$

$$\mathbf{1010.} \quad \sigma^2/(2\varepsilon_0).$$

**1011.** 18 м.

**1012.** При  $d \leq 2x_0$   $\Phi = 0$ , при  $2R \geq d \geq 2x_0$

$$\Phi = E \left( S_0 - 2R^2 \arccos \frac{d}{2R} + d \sqrt{R^2 - \frac{d^2}{4}} \right), \text{ где } x_0^2 = R^2 \frac{1 + \sin^2 \alpha - n^2}{\sin^2 \alpha} \text{ и}$$

$$S_0 = 2R^2 \arccos \frac{x_0}{R} - 2x_0 \sqrt{R^2 - x_0^2} = \text{const при данных } R, \alpha \text{ и } n.$$

1013.  $0,8 \text{ м/с}^2$ .

1014.  $\approx 4 \text{ Вт}$ .

1015.  $304 \text{ В}$ .

1016.  $10^{-1} \text{ Гн}$ ;  $10 \text{ м/с}$ .

1017.  $10^3 \text{ лет}$ .

1018. Да;  $\geq 2,8 \text{ км/ч}$ .

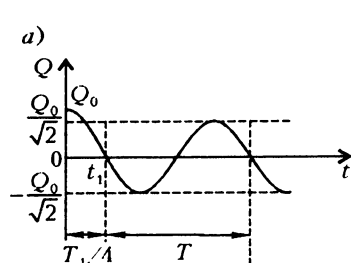
1019. В первый раз вытечет масса жидкости  $(\rho_2 - \rho_1)(H + l)S$ ; каждый раз будет вытекать и втекать одна и та же масса жидкости  $(\rho_2 - \rho_1)lS$ .

1020.  $2 \text{ г}$ ;  $3,2 \text{ г}$ ,  $140^\circ\text{C}$ ;  $170^\circ\text{C}$ .

1021.  $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ .

1022.  $14 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ ,  $150 \text{ Ом}$ ,  $0,46 \text{ мкФ}$ ;  $2$ .

1023.  $\frac{v}{g} \sqrt{v^2 + 2gl_2}$  при  $l_1 > \frac{v^4}{4g(v^2 + gl_2)}$ ,



$$\frac{\sqrt{v^2 - 2gl_1}}{g} (\sqrt{2gl_1} + \sqrt{2g(l_1 + l_2)})$$

при  $l_1 < \frac{v^4}{4g(v^2 + gl_2)}$ .

1024.  $\sim 0,01 - 0,03 \text{ атм}$ .

1025. См. рис. 2, где  $T_1 = 2\pi\sqrt{LC}$  и  $T = 2\pi\sqrt{LC/2}$ .

1026.  $1,2 \text{ мм}$ .

1027. Увеличится в  $8 \cdot 10^4$  раз.

1028.  $20^\circ 40'$ .

1029.  $\frac{q}{\pi h^2} \sqrt{\frac{2H}{g}}$ .

1030.  $\frac{T - mg}{k}$  при  $T \leq 2mg$ ,

$\frac{mg}{2k} \left( \left( \frac{T}{mg} - 1 \right)^2 + 1 \right)$  при  $T \geq 2mg$ .

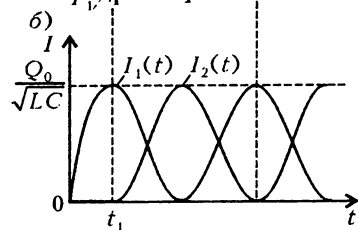


Рис. 2

1031. Системы осколков.

1032. Указание. Проанализируйте свойства движущегося изображения с помощью формулы сферического зеркала.

1033.  $(M + m(\pi - 2)R/l)g/2$ .

1034.  $625 \text{ Дж}$ .

1035.  $\sqrt{v_0^2 + 2ql\varepsilon/(md)}$ .

1036. Прикрепленная к стене.

1037. Освещенность участка, противоположного отверстию, в 2 раза больше.

1038.  $2r_0/\sqrt{5}$ .
1039. При качаниях грузика натяжение нити превышает его вес.
1040.  $Q/2 + \epsilon_0 US/d_1$ ,  $-\epsilon_0 US(1/d_1 + 1/d_2)$ ,  $Q/2 + \epsilon_0 US/d_2$ .
1041.  $2 \arcsin \frac{I_0 B l \tau}{2m\sqrt{gh}}$ .
1042.  $\sim 2$  км.
1043.  $0,63 \text{ с}^{-1}$ , или  $1,26 \text{ с}^{-1}$ , или  $1,89 \text{ с}^{-1}$ .
1044. 80000 Н.
1045. На поверхности которого температура ниже.
1046.  $4\pi m/|qB_0|$ .
1047. Наблюдатель нигде не увидит изображения «зайчика».
1048. Скорость меняется по направлению, а ускорение остается неизменным.
1049. Указание. Свяжите систему отсчета с водой.
1050.  $\sqrt{v^2 + qU/m}$ ,  $\sqrt{v^2 - qU/m}$ .
1051.  $-Blv \sin \alpha$ .
1052. Указание. Поверхность Луны отражает значительную долю света навстречу падающему свету, а не равномерно во все стороны; конкретная величина ослабления освещенности зависит от рельефа.
1053. Это точка  $B$  и две вершины полуокружностей.
1054.  $2E_1 E_2 / (E_1 + E_2)$ .
1055. 1,53 Вт.
1056. 1) 1300 В; 2)  $2/3$  А.
1057.  $2\pi b \sqrt{l/g}/a$ .
1058. Это точка, максимально удаленная от линии  $AB$ ;  $v(2 + \sqrt{3})/\sqrt{3}$ .
1059. а) Это тело вращения, ограниченное поверхностью «равного вклада»; б) точка лежит на поверхности тела на оси вращения.
1060.  $\pi\sqrt{5l/g}$ .
1061. Указание. Мерцание связано с неравномерностью поступления горячего.
1062. Указание. Скорость частицы больше скорости света в жидкости; 0,83 с.
1063. Оптимальный; 24,6 мин, 23,5 мин.
1064.  $8g/13$ ;  $(\sqrt{5} - 1)g/2$ .
1065. 42 с.
1066.  $-20^\circ\text{C}$ .
1067.  $R/n$ .
1068.  $gT_1 T_2 (T_1 + 2T_2) / (2(2T_1 + T_2))$ .
1069.  $l/(2 \sin \alpha)$ ;  $2\pi\sqrt{l/(2g \sin \alpha)}$ .
1070.  $16\tau$ .

1071. 6 В.

1072. *Указание.* Показатель преломления стекла зависит от длины волны излучения.

1073. 4,5 м/с; на полу под углом 157,5° к горизонту; 2,24 м.

1074. Нет.

1075. 120 Дж/К.

1076. 3,6 В.

1077. 10<sup>6</sup> лет.

1078. 0,35 см/с.

1079. 4,8 мин; 10,8 мин.

1080.  $2,34 \cdot 10^{-5}$  мм рт.ст.

1081. 6 с.

1082.  $C_1 U_0 / \sqrt{L(C_1 + C_2)}$ ;  $U_0 (1 + C_1 / (C_1 + C_2))$ .

1083. *Указание.* Попробуйте смоделировать и решить задачу с помощью компьютера.

1084. *Указание.* Теплопроводность воздуха много меньше теплопроводности металла.

1085. *Указание.* Возьмите на кривой две близкие точки, запишите выражение для изменения температуры при переходе от одной точки к другой и проанализируйте его.

1086. *Указание.* Сделайте соответствующее построение.

1087.  $\alpha_1 = 0$  при  $\alpha_0 \leq \arccos \frac{3}{4}$ ,  $\alpha_1 = \arccos \left( \frac{4}{3} \cos \alpha_0 \right)$  при  $\arccos \frac{3}{4} < \alpha_0 \leq \frac{\pi}{2}$ ;  $\alpha_2 = \alpha_0$  при  $\alpha_0 \leq \arccos \frac{3}{5}$ ,  $\alpha_2 = 0$  при  $\arccos \frac{3}{5} < \alpha_0 \leq \frac{\pi}{2}$ .

1088. Меньше 10 м.

1089. 15 км.

1090. Заметнее мерцают «низкие» звезды; мерцание обусловлено изменением показателя преломления атмосферы, связанным с восходящими потоками воздуха.

1091.  $\sqrt{\frac{g}{l} + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 m R^3}}$ .

1092.  $L + 2d/n$  (от передней поверхности пластины).

1093. 630 Н.

1094.  $\sqrt{3gl(\rho_1 - \rho_2)/(2(\rho_1 + \rho_2))}$ .

1095.  $\sim 5 - 10$  км/ч.

1096.  $\pi R^2 B_0 C_1 (C_1 - C_2) / (2T (C_1 + C_2))$ ,

$\pi R^2 B_0 C_2 (C_2 - C_1) / (2T (C_1 + C_2))$ .

1097. 394 нм.

1098.  $v/\sqrt{2}$ .

1099.  $p_0 S/2 + kH - \sqrt{p_0^2 S^2/4 + k^2 H^2}$ .

1100. 83%.

1101. Равносторонний треугольник со стороной  $a\sqrt{3}$ ;  $6\sqrt{3}/\omega_0$ ; см. рис.3.

1102. Указание. Основная причина — явление полного внутреннего отражения света.

1103.  $l \sin \beta \cdot \arccos\left(\frac{2}{3} - \frac{1}{3} \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta\right)$ .

1104. Указание. Если разность длин стержней больше разности длин нитей, то параллельны стержни; в противном случае параллельны нити.

1105.  $\geq 6$  см.

1106.  $\sqrt{2}$ .

1107. 50–100 см.

1108. Указание. Энергия лазерного пучка производит быстрое испарение вещества мишени, что и приводит к опрокидыванию мишени при энергии излучения 0,2 Дж, падающего на зачерненную поверхность шарика.

1109. Заполненная водой; пустая.

1110. Выдыхаемый воздух при соприкосновении с мороженым конденсируется, превращаясь в видимый туман.

1111. В точке  $A'$ .

1112.  $(4 + 6n)B$  или  $(5 + 6n)B$ , где  $n = 0, 1, 2, \dots$

1113.  $1,15v/R$ .

1114. 28 м/с.

1115.  $g(M + m)/m$ .

1116. Из горячий.

1117.  $r + L\sqrt{n_1^2 - n_2^2}/\sqrt{1 + n_2^2 - n_1^2}$ ;  $r(1 + L/l)$ , если максимальный угол расхождения выходящего из палочки пучка больше максимального угла входящего в палочку пучка, а в противном случае — как в первом варианте.

1118. Указание. По реке распространяются приливно-отливные волны, причем скорость приливной волны меньше.

1119. Сила давления на дно не изменилось, а на боковые стенки — возросла.

1220. Для сравнения теплопроводностей — нет, а для сравнения «температуропроводностей» — да.

1121.  $nmv^2(1 - 2e^2 Rn/(mv^2))/2$ ;  $4\pi\epsilon_0 neR\rho$ .

1122.  $h(1 - ah)/\sqrt{ah(2 - ah)}$ .

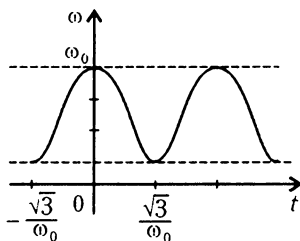


Рис. 3



1123.  $\sqrt{\rho S g (M + \rho l S) / 2}$ , где  $\rho$  — плотность воды.

1124. Прямой; да.

1125.  $5MgH/(2P)$ .

1126. 0; 25 мкА.

1127. 40 см.

1128.  $xR(mg + 2kR)/(mx^2 + 2MR^2)$ .

1129. 0,16 Н.

1130.  $\sqrt{\omega_0^2/2 + \sqrt{(\omega_0^2/2)^2 + (q\omega_0/d)^2}}/(mC)$ .

1131. 100 м/с.

1132.  $13,5 \cdot 10^{12}$  км; 27 млн лет.

1133.  $15 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К),  $8 \cdot 10^3$  Дж (кг·К).

1134.  $2,6 \text{ м/с}^2$ .

1135. При  $\omega^2 R \leq \mu g$  монета движется вместе с площадкой по окружности радиусом  $R$ , в противном случае она описывает окружность радиусом  $\mu g / \omega^2$ ; на площадке монета «вычерчивает» окружность радиусом  $R\sqrt{1 - (\mu g / (\omega^2 R))^2}$  при  $\omega^2 R / (\mu g) \geq 1$ .

1136. 0,4 А или 0,35 А (в зависимости от варьанта перестановки среднего резистора и одного из крайних).

1137.  $U_0 \left( \frac{C_0 + C_1}{C_0 + C_1/2} \right)^{2N}$ .

1138. 0,15 с;  $\geq 20$  м.

1139. 0,84 см.

1140. 8,3 см.

1141. Увеличится в 4 раза;  $10^8$  Вт.

1142. 1,9 а.е.

1143.  $V_0/s_0$ .

1144. 6.

1145.  $\sqrt{2gL(1 - mg/(2T_0))}$ , при этом если  $mg/T_0 > 2$ , то нить разорвется в начальный момент, если же  $mg/T_0 < 1 - h/L$ , то нить не разорвется вовсе.

1146.  $2r$ .

1147.  $\sqrt{\frac{2l}{a}} \left( 1 - \frac{b}{3\pi a} \frac{\sqrt{2la}}{\omega L} \ln \frac{\sqrt{2la}}{\omega L} \right)$ , где  $a = g \sin \alpha$  и  $b = \mu g \cos \alpha$ .

1148. а)  $\omega R \sin \alpha$ ; б)  $\omega R (1 - \sin \alpha) / \sin \alpha$ .

1149.  $4 \cdot 10^{-4}$  Ом.

1150.  $3R$ , где  $R$  — универсальная газовая постоянная.

1151.  $\sqrt{2kx(d-x)^2/(\epsilon_0 S)}$ ;  $3,9 \cdot 10^3$  В при очень малом вязком трении и  $4,3 \cdot 10^3$  В при довольно большом трении.

1152. 3 см.

1153. 20% при  $\mu = 0,5$ , 75% при  $\mu = 0,1$ , 95% при  $\mu = 0,02$ , где  $\mu$  – коэффициент трения скольжения.

$$1154. \left( \sqrt{v^2 + F^2/(km)} - \sqrt{v^2 - F^2/(km)} \right) / 2, \\ \left( \sqrt{v^2 + F^2/(km)} + \sqrt{v^2 - F^2/(km)} \right) / 2.$$

$$1155. \frac{V}{S} \frac{c}{c+R} \frac{Mg}{p_0 S - Mg} \text{ при } Mg < p_0 S.$$

1156. В первом случае ток в обоих электромагнитах прекращается одновременно, а во втором случае ток в  $L_2$  затухает медленнее, чем в  $L_1$ .

1157. Свет, отраженный вторым зеркалом, возвращается на первое, частично отражается от него и увеличивает интенсивность прошедшего пучка.

1158. 4120 Н, если ведущие колеса задние, и 3880 Н, если ведущие колеса передние.

1159. Человек работает «на себя»; с законом сохранения энергии все в порядке.

1160.  $2CNmv^2/(\pi R^2 H)$ , где  $C$  – константа, не зависящая от магнитного поля.

1161. Основная причина – многократные отражения звука от стены;  $\tau_1 + d(\pi/2 - 1)/v$ , где  $v$  – скорость звука.

1162. В точке соприкосновения с поверхностью воды луча, испытывавшего полное отражение.

1163. 50 с; по параболе; 59,2 с.

1164.  $\frac{E_2 S_2 + E_1 S_1}{E_1 S_1 / l_1 + E_2 S_2 / l_2}$ ,  $E_2 + E_1 S_1 / S_2$ ; бетонное основание испытывает деформацию сжатия (а не растяжения), при которой прочность бетона выше.

1165. Считая  $r = 1$  Ом, получим  $2/3$  Ом, 1 Ом,  $2/3$  Ом.

1166.  $2C_1 C_2 U_0 / (C_1 + C_2)$ , при этом на верхней пластине будут находиться отрицательные заряды, а на нижней – положительные.

$$1167. \pi \sqrt{L/(g \sin \alpha)} / 2.$$

$$1168. \sim 1 \text{ км/ч.}$$

$$1169. \arccos(L/R).$$

$$1170. 4 \cdot 10^{10} M_0.$$

1171. Центр диполя вращается с угловой скоростью  $\omega$  по окружности радиусом  $qIB/(2m\omega)$ .

1172.  $\sim 1\%$  (при условии, что отношение площади отверстия к площади сферы составляет 0,1%).

$$1173. \sqrt{Rg(3 + 4\pi R/L)}.$$

1174.  $2,5 \cdot 10^5$ .

1175.  $v/(1 + (v \sin \varphi)/c)$ .

1176. а)  $< \sqrt{2Qqa/(\pi \epsilon_0 M)}/L$ ; б)  $2\pi L \sqrt{2\pi \epsilon_0 M/(Qqa)}$ .

1177.  $5 \cdot 10^5$  Ом.

1178. На двух прямых, параллельных прямой  $ab$  и отстоящих от нее на  $l/\sqrt{2}$ , где  $l$  – расстояние между точками  $a$  и  $b$ .

1179. Указание. Виноват электрический ток, который при попадании молнии проходит через воду.

1180. 24 ч.

1181.  $mg/(\pi BR)$ .

1182. Указание. Основная причина – рефракция, т.е. искривление лучей за счет преломления в атмосфере.

1183. 52 км/ч; в направлении движения автомобиля составляющая скорости ветра равна 30 км/ч, а о составляющей, перпендикулярной движению, ничего сказать нельзя.

1184. 0,12 кДж.

1185.  $E_0/2$ , при этом направление напряженности останется прежним.

1186.  $L/R^2$ .

1187. 3,81 при одинаковых направлениях скоростей саней и щели и 4,21 – при противоположных.

1188.  $2\pi \mu MgL$ .

1189. 45 °С.

1190.  $1/4000$ .

1191. Под углом 45° к экватору;  $0,0001 I_0$ .

1192. Больше  $U_0 \frac{d_2}{d_1} \sqrt{\frac{\ln(1,4 D/d_2)}{\ln(1,4 D/d_1)}}$ .

1193.  $\sqrt{13} v$ , если скорость в точке  $C$  направлена вверх, и  $\sqrt{5} v$  – в противном случае.

1194.  $\arccos \frac{\pi \sigma d_1}{Mg} \left( \frac{d_1}{d_2} - 1 \right) < \alpha < \arccos \frac{\pi \sigma d_2}{Mg} \left( 1 - \frac{d_2}{d_1} \right)$ .

1195. 1 м/с.

1196. 0,26 А; 25 Ом; перегорит «одиночная» лампочка.

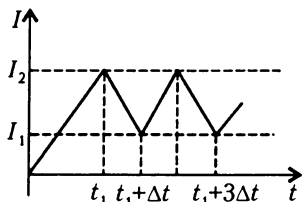


Рис. 4

1197.  $\frac{U_0/L + U/d}{U_0/L - U/d}$ .

1198.  $\rho \pi g R^3/(2\gamma_0)$  при  $\mu > \gamma_0$  и  $\rho \pi g R^3/(2\mu)$  при  $\mu < \gamma_0$ .

1199. 0,09 м/с.

1200. Все равно.

1201. См. рис.4, где  $t_1 = LI_2/U_0$  и  $\Delta t = L(I_2 - I_1)/U_0$ ;  $2L(I_2 - I_1)/U_0$ .

1202.  $4 \cdot 10^4$  К.

1203.  $a_0/(1 - 2a_0H/(gL))$  при  $a_0 < gL/(3H)$ , в противном случае при достаточно интенсивном торможении контейнер перевернется не сползая.

1204.  $2mv_0/(\gamma L)$ .

1205. В черной.

1206. Напряженность направлена почти горизонтально вправо и равна  $\sigma d/(2\pi\epsilon_0 h)$ .

1207. Раствор вращается.

1208. См. задачу 329.

1209. См. задачу 673.

1210. См. задачу 708.

1211. См. задачу 950.

1212. См. задачу 313.

1213.  $T_A + mgh/l$ .

1214.  $535,1 \text{ м/с}$ ,  $1^\circ 5'$ .

1215.  $10^5 \text{ Дж кг}$ ,  $2 \cdot 10^3 \text{ Дж (кг} \cdot \text{К)}$ .

1216.  $\cos \alpha - 1$ .

1217. а) 0,5 мм; б) 1,1 мм, 1,5 мм; в) воспользуйтесь тем, что к зонной пластинке применима формула обычной тонкой линзы.

1218. 0 в области 1 (рис.5),  $\infty$  в области 2 и  $\mu_1 Mg (1 - \mu_1 (1 + \cos \alpha) \sin \alpha)$  в области 3.

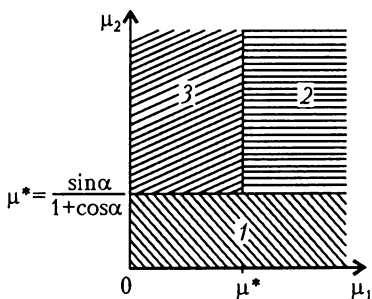


Рис. 5

1219.  $\sim 10^7$ .

1220. 0,8 р.

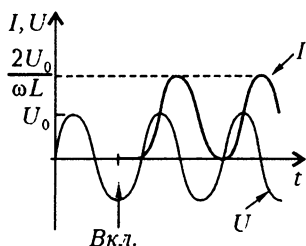


Рис. 6

1221.  $\sqrt{r_0^2 - \beta t}$ , где  $r_0$  — радиус в начальный момент,  $\beta$  — положительная постоянная; 800 с.

1222. См. рис.6 для случая, когда в момент подключения напряжение в сети отрицательное; 0,2 А.

1223.  $\sqrt{\frac{g}{r} \frac{\mu}{1 + \mu^2}}$ ; в среднем влево.

1224.  $\sim 1 \text{ кг}$  (при полном несмачивании).

1225. 6,25 А; 36 А (при этом толстая проволока расплавится).

1226. Частота и амплитуда увеличатся в 2 раза; амплитуда уменьшится в  $2\pi$  раз.

1227.  $I = 0.27 (U/220)^{0.6}$ ; 50 Вт; более чем на 15%.

1228.  $L_0 v/v_0$ .

1229. 0,3 мин; 2,5 – 3 мин (заметим, что ответы сильно зависят от вида исходного графика).

1230.  $-Q^2/(60\pi\epsilon_0 R)$ .

1231. 0,8 мГн или 0,53 мГн (в зависимости от порядка подключения проводов).

1232.  $2,8 \cdot 10^{24}$  кг.

1233.  $1/8$ .

1234. 6 м/с, 3 кг/м<sup>3</sup>, 100 К.

1235. 1,9 А; 0,04 Вт.

1236. Там, где нужен источник звука попроще («зуммер»), – например, в телефонных аппаратах; диод дает возможность катушке рассеивать энергию постепенно, не причиняя вреда другим элементам схемы; время спада тока 0,01 с, а время нарастания 0,0005 с; 1 В.

1237. 0,13 см.

1238. Пузырек сдвинется на 2 см; еще на 1 см; вернется в начальное положение, когда трубка остановится.

1239.  $T_0 + 2A(5R)$ .

1240.  $CU_0/3$ ;  $CU_0/4$ .

1241.  $Mg\sqrt{\sin^2\alpha - \mu^2 \cos^2\alpha}/(QB)$ , под углом  $\arcsin(\mu/\operatorname{tg}\alpha)$  к направлению соскальзывания в отсутствие магнитного поля.

1242. 1,125 С или 9 С.

1243.  $\leq 2$  см/с.

1244. На 2 мин через 4,1 мин; 34,8 °С.

1245. 0,27 кОм; 0,8 кОм; нельзя.

1246. Начнутся синхронные колебания с частотой  $\omega = 1/\sqrt{LC}$  и амплитудой тока  $I_m = \sqrt{C/L} U_0/2$ , при этом в первой и второй катушках текут токи  $I_m(\cos\omega t + 1)$  и  $I_m(\cos\omega t - 1)$ ; синхронные колебания с частотой  $\omega$  и амплитудой напряжения  $U_0/2$ .

1247. 18.

1248.  $v_0^2/(2\mu g)$  и 0, если за время  $\tau$  мел успевает остановиться;  $v_0\tau$  и  $v_0\tau - \mu g\tau^2$  – в противном случае.

1249.  $10^4$  кг/м<sup>3</sup>.

1250. 19 мА; 148,3 Ом.

1251.  $L_2\delta^2(2r^2)$ .

1252. Благодаря инертности зрения; 7,7°; нет.

1253.  $N_1 + Mgl/(nL)$ ,  $N_2 - Mgl/(nL)$ .

1254. 1 м.

1255. 500000 лет.

1256. 1,62 А и 0,05 А.

1257.  $T_0$ ;  $v_0^2 T_0^2 / (32\pi^2 a)$ ;  $8a/v_0$ .

1258.  $\sqrt{\frac{4}{3} \frac{F}{M} \left( r \arcsin \frac{r}{R} - \frac{r^2}{R} + (h - R) \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}} \right) \right)}$ .

1259. 2066 Гц; 3480 Гц; высота тона возрастет в 1,74 раза; нет.

1260.  $2Rr/(\rho + 2R)$ , где  $\rho = r(1 + \sqrt{1 + 4R/r})/2$ ;  $2\rho R/(2R + \rho)$ ;  
 $2R\rho(1 - (1 - r/\rho)^N)/(2R + \rho)$ .

1261.  $6 \cdot 10^{-3}$  А.

1262. 1260 об/мин.

1263.  $2v_0$ .

1264. 0,036 мм, 0,011 г, 57 см.

1265. Уменьшится в  $\sqrt{3}$  раз.

1266.  $\pi\sqrt{2\pi\epsilon_0 RL}/2$ ;  $2\pi\sqrt{2\pi\epsilon_0 RL}$ .

1267. 432000 (ответ носит оценочный характер).

1268.  $\approx 0,8$ .

1269.  $Lm/(12(M + m))$ .

1270. 400; 0,42 Дж.

1271.  $9\sqrt{3}R^3 B_0^2/(10mr)$ .

1272. 20 мкФ.

1273.  $2g/\pi$ .

1274. 6150 Па; 6250 Па; 2380 Па.

1275.  $\sqrt{2\pi L \sqrt{\pi\epsilon_0 L m}}/Q$ .

1276. 1,65 м.

1277. На оси симметрии на расстоянии  $2R/(2 + \pi)$  от центра окружности;  $2\pi\sqrt{(2 + 3\pi)R/(6g)}$ .

1278.  $gt/2$  (если скорости всех осколков одинаковы).

1279. 3,85 Вт.

1280. 0,09 А.

1281.  $U_0\sqrt{C/(30L)}$ ;  $7U_0/15$ .

1282. 0,31 с; 1,5 с.

1283. 72 с.

1284.  $(M + m)gH - A$ .

1285. 0,67 м.

1286. В вершине угла;  $v_1 = Q\sqrt{\frac{1 - 1/\sqrt{5}}{10\pi\epsilon_0 dM}}$ ,  $v_2 = 2v_1$ .

1287. Уменьшится в 32,5 раза.

1288. 8,2 м/с; 3,02 м.

1289. 37,7 °С.

$$1290. \frac{BLv}{\frac{1}{C_1 + C_2} + \frac{1}{C_3}}.$$

$$1291. 279 \text{ Ом}, 16,9 \text{ мкФ}.$$

1292. 30 см; 0,7 см; освещенность центральной части пятна увеличится, а освещенность краев уменьшится.

1293. 157 г, как можно ближе к стенке сосуда.

$$1294. T_0 + (T_1 + T_2 - 2T_0)(2T_1 - T_2 - T_0)/(2(T_1 - T_0)),$$

$$T_0 + (T_2 - T_0)(T_1 + T_2 - 2T_0)/(2(T_1 - T_0)).$$

$$1295. 1,78R.$$

$$1296. (CU^2 + 2LI^2/3)/2.$$

$$1297. F(1 + 2/\sqrt[3]{17}).$$

$$1298. \approx v_0/g.$$

$$1299. 0,2 \text{ мм}.$$

$$1300. 3\vec{E}_0; 3\pi\epsilon_0 R^2 E_0.$$

1301. Треть напряжения источника.

$$1302. 3M\omega^2/2, \text{ или } 3M\omega^2/4, \text{ или } M\omega^2/4.$$

1303. Радиус-вектор искомой точки составляет угол  $54^\circ$  с вертикалью.

$$1304. (\eta_1 - \eta_2 - \eta_1\eta_2)/(2 - \eta_1).$$

$$1305. 2 \cdot 10^{-4} \text{ А}; \text{ увеличится в } 50 \text{ раз}.$$

$$1306. 0,64 - 0,65 \text{ А}; \text{ из алюминия}.$$

$$1307. > \arccos \frac{p}{2mc}.$$

$$1308. 0,02 \text{ м}.$$

$$1309. \text{ Порядка } 0,01 \text{ рад}.$$

$$1310. 657 \text{ мм рт.ст.}; 3 \text{ г}.$$

$$1311. 0,08 \text{ А}; 0,21 \text{ А}.$$

$$1312. 8,6 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}; \text{ уменьшилась бы в } 8,6/8,3 \text{ раз}.$$

$$1313. \left( \sqrt{(v_2 - v_1)^2 \sin^2 \alpha + 4v_1 v_2} - (v_2 - v_1) \sin \alpha \right) / 2.$$

$$1314. 345 \text{ К}.$$

$$1315. 0,9 \text{ мкА}; \text{ нет}.$$

1316. Указание. При напряжениях, меньших  $U =$

$$= \frac{R_0(1 - \alpha t_{\text{окр}})}{\sqrt{B/(\alpha R_0)}(1 + (\alpha R_0/B)^2)}, \text{ возможны два значения тока, при больших напряжениях - ни одного}.$$

1317. В зависимости от подключения выводов громкоговорителя наиболее вероятные искомые частоты равны 660 Гц или 990 Гц, 1320 Гц или 1650 Гц, 1980 Гц или 2310 Гц.

**1318.**  $56^\circ$ ; при больших скоростях угол равен  $52^\circ$  и не зависит от скорости вращения.

**1319.** 2 см; практически останется прежним.

**1320.** 20 Ом, 10 Ом.

**1321.** Нет.

**1322.** 259 суток, 457 суток.

**1323.**  $2\sqrt{L}/A$ .

**1324.**  $10^{-3}$ .

**1325.** 0,5 мкА.

**1326.** 1240 В; такая схема – выпрямитель с умножением напряжения – используется, например, в современных телевизорах.

**1327.** 50 м.

**1328.** Указание. Воспользовавшись законами сохранения энергии и импульса, найдем, что скорость клина максимальна, когда клубок находится на расстоянии порядка  $0,58L$  от нижней точки клина. Численный расчет, например, для  $L = 0,1$  м и  $\alpha = 30^\circ$  дает для максимальной скорости значение  $\approx 0,8$  м/с.

**1329.**  $\Delta U + vR(T_0 + \Delta T)/2$ .

**1330.** 1,2 мА; 0,75 В; 0,375 кОм и 0,75 кОм (сопротивления миллиамперметра и вольтметра соответственно).

**1331.**  $10^{-3}$  А; 0,1 А.

**1332.** 12 см.

**1333.** При угле  $46^\circ$  с вертикалью.

**1334.**  $25^\circ\text{C}$ .

**1335.** 0,5 К.

**1336.**  $qSU/(4\pi mL^3)$ ; на большом расстоянии от конденсатора скорость шарика будет нулевой.

**1337.** Например, колебательный контур, состоящий из конденсатора емкостью 0,13 – 0,14 мкФ и катушки с индуктивностью 0,9 Гн и активным сопротивлением 200 – 400 Ом.

**1338.**  $\frac{2v_0\sqrt{1+(\sin^2\alpha)/\gamma}}{g\sin\alpha}$ ,  $\frac{2v_0^2\sqrt{1+(\sin^2\alpha)/\gamma}}{(1+\gamma)g\sin\alpha}$ , где  $\gamma = M/m$ .

**1339.** 1,15.

**1340.**  $15\mathcal{E}$  ( $56R$ ).

**1341.** 5.

**1342.** 1,24 м.

**1343.** Заяц пробежит 150 м; на 5 с (если бы лиса бежала «с опережением»).

**1344.** Температура не изменится – происходит так называемое расширение газа в пустоту; 140 м/с.

**1345.** Уменьшится в  $5 \cdot 10^3$  раз.



1346. 0,45 В либо 0,25 В (в зависимости от полярности подключения приборов).

1347. 10,5 см и 18,5 см.

1348.  $L(e^{v/u} - 1)/v$ ;  $Lve^{v/u-1}/u$ .

1349.  $\frac{mv^2}{Mg}$ ;  $2\pi \frac{v}{g} \sqrt{\frac{m}{2M}}$ .

1350. 0,83 Ом; 0,83 Ом; 1,1 Ом.

1351.  $\frac{4mR\omega_0}{\pi B^2 D^2}$ ;  $\frac{8mR}{B^2 D^2} \ln\left(1 - \frac{\omega_0 B D^2}{8U_0}\right)$ .

1352.  $\frac{U_0}{\omega L} \left(1 + \frac{1}{4} \omega^2 LC\right)$ ,  $-\frac{\pi}{2}$ ;  $\frac{U_0}{\omega L} \left(1 - \frac{1}{4} \omega^2 LC\right)$ ,  $-\frac{\pi}{2}$  при  $\omega < \frac{2}{\sqrt{LC}}$   
и  $\frac{\pi}{2}$  при  $\omega > \frac{2}{\sqrt{LC}}$ .

1353. 2 ч 47 мин.

1354. Скорость первой шайбы равна  $v_0/2$  и направлена от бортика, скорость второй шайбы равна  $v_0/4$  и направлена тоже от бортика.

1355. 80%, 6,67%, 6,67%.

1356.  $3v$ ,  $v$  и  $-v$ , где  $v = q/\sqrt{8\pi\epsilon_0 m a}$ .

1357. 2,5 мм.

1358.  $\geq \sqrt{4R^2/l^2 - 1}$ .

1359. 31 мм.

1360.  $5h/7$ .

1361.  $3\phi_1/2$ .

1362.  $3(L_2 - L_1)$ .

1363.  $4 \cdot 10^{-5}$ .

1364. 8 К.

1365.  $eq/(4\epsilon_0 W)$ .

1366.  $\sim 11$  Ом; это лампочка.

1367.  $(1,31 \pm 0,03)$  см,  $(1,7 \pm 0,02)$  см.

1368.  $> 11$  м/с.

1369. 12 Н и 12,5 Н.

1370. а)  $\sqrt{T_2/T_1}$ ; б) 1.

1371.  $2\sqrt{\sigma d/(\epsilon_0 \epsilon)}$ .

1372.  $CU_0/\sqrt{2}$ .

1373.  $L(3 - 2\alpha)/(2(2 - \alpha))$ , где  $\alpha = (\rho - \rho_0)/\rho$ .

1374. 1,4; 6 Гц; совсем малая.

1375. Поглощает 0,08 Дж тепла.

1376. Указание. Простейшие схемы соединения — это «треуголь-

ник» и «звезда». Если между точками  $A$  и  $B$  включить батарейку, а вольтметром измерить напряжения между точками  $A$  и  $B$ , а также  $B$  и  $B$ , то сопротивления резисторов удастся определить.

1377. 0; 0,33 В; 0,15 В на частоте 30 кГц.

1378.  $c(2 \cos \alpha) / (1 + \cos^2 \alpha)$ , где  $c$  – скорость света.

1379. Увеличится;  $H(1 + M^2(m + M)^2)^{-1/2}$ ;

$mM(v_0^2 + gH) / (2(m + M))$ .

1380.  $\sim 4$  с.

1381.  $\frac{3\pi\mu_0 I_1 I_2 r^2 R^2 H}{2(R^2 + H^2)^{5/2}}$ .

1382.  $1/\sqrt{rRC^2}$ ;  $1 + 2r/R$ .

1383.  $\sqrt{4v_0^4/a^2 + L^2} - 2v_0^2/a$ .

1384.  $\sim 10$  см/с.

1385. 0,005 В/м.

1386.  $2m(k-1)(v + ku/2)/(QB)$ .

1387.  $D/2^N$ , если пучок света попадает вначале на собирающую линзу, и  $D \cdot 2^N$  – в противном случае.

1388.  $2mav_0^2$ .

1389.  $\sqrt{2gL(1 + M(\sqrt{5} - 1)/(2m))}$ .

1390.  $2p(V/T - V_0/T_0)/R$ .

1391.  $2 \arctg \frac{IB}{2\rho g}$ .

1392. 30 Вт; 165 Вт.

1393. Радиусом порядка 2,5 км.

1394. Приблизительно 0,01 – 0,02 мм.

1395.  $\sqrt{8M/(9\pi\epsilon_0 R^3)}$ .

1396. 0,28 А.

1397. Совсем сплюснутым (а потом превращается в обычный расходящийся); 400.

1398. 1700 Н.

1399. 2 ч;  $14 \cdot 10^3$  км.

1400. Поршень останется в новом положении; если увеличить температуру до такой степени, что испарится вся вода, то поршень будет совершать колебания.

1401.  $9R/2$ .

1402.  $10/7$ .

$$1403. 0,01\sqrt{vRT_0/M}.$$

$$1404. -\frac{Q^2 l^2 r}{4\pi\epsilon_0 R^5} \text{ (знак «минус» означает, что заряд притягивает «гантельку»)}.$$

1405. Резисторы, сопротивления которых 2 Ом и 3 Ом, нужно соединить параллельно и подключить последовательно с резистором сопротивлением 1 Ом к напряжению 2,2 В, при этом максимальная мощность будет равна 2,2 Вт.

1406. Конденсатор емкостью  $1/(\omega\sqrt{Rr})$  надо подключить параллельно нагрузке и последовательно с катушкой индуктивностью  $\sqrt{Rr}/\omega$  присоединить к генератору.

$$1407. \text{ Да, если } H > D^2 (2d).$$

$$1408. 4; \text{ абсолютно неупругий удар.}$$

$$1409. \approx 0,01 \text{ К для } d = 1 \text{ м.}$$

$$1410. 125 \text{ Н.}$$

$$1411. 0,98 T_0.$$

$$1412. 5,5 \text{ м/с}^2.$$

$$1413. \text{ Да, периодически включая и выключая утюг.}$$

$$1414. 33,5 \text{ В или } 80 \text{ В.}$$

$$1415. mv_0^3 (q\omega U_0).$$

$$1416. 1/2; 1/5.$$

$$1417. 0,25 \text{ м/с.}$$

$$1418. vr/R.$$

$$1419. m(v+u)^2/(2L).$$

$$1420. 0,01e^{-10 \cdot 14 \cdot 24 \cdot 3600} \text{ рад.}$$

$$1421. 13 \text{ м/с.}$$

$$1422. 120^\circ \text{C}.$$

1423. На расстоянии  $R^2/r$  от центра окружности нужно поместить заряд  $-QR/r$ .

$$1424. 3,9 \text{ В, } 2 \text{ Ом; при первом больше в } 3,5 \text{ раза.}$$

$$1425. IBR.$$

$$1426. LI^2/2.$$

$$1427. \text{ Сделайте соответствующие построения (источник – мнимый).}$$

$$1428. \text{ По окружности, лежащей в горизонтальной плоскости; } 2\pi v_0/(g\alpha_0).$$

$$1429. (\mu_1 - \mu_2)g/\pi.$$

$$1430. \sqrt{25gL/22}, \sqrt{9gL/22}.$$

$$1431. \sim 10^2 \text{ Н.}$$

$$1432. 9 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

$$1433. \sqrt{v_0^2 + \frac{2eQdN}{m\epsilon_0 S}}, \arctg \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{2eQdN}{mv_0^2 \epsilon_0 S}}}; v_0 \text{ (но изменится}$$

направление его движения).

1434. Влево;  $36p_0$ .

1435.  $5 \cdot 10^{-6}$  с; 0,001.

1436. Очки для близоруких с оптической силой  $-3$  дптр.

1437. 0,02 м.

1438.  $L/(v(1 - \cos \alpha))$ ;  $L/(2 \sin(\alpha/2))$ ; ответ не изменится.

1439. 12 Н; 0,1 м.

1440. 0,2 м.

1441.  $\sim 1$  с.

1442. 40%.

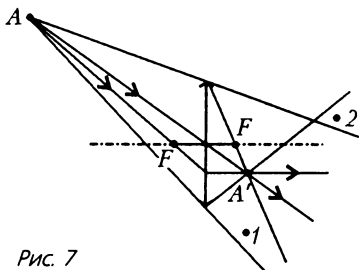
1443. Азот, например.

1444. 3; 0,35 м.

1445. В противоположную сторону,  $2\omega$ .

1446. Точки 1 и 2 (рис.7).

Рис. 7



1447.  $(2h \cos^2 \alpha)/(m_0 c)$ , где  $h$

– постоянная Планка,  $c$  – скорость света,  $m_0$  – масса покоя электрона.

1448. По параболе;  $y = x(L - x)mg/(kL^2)$ .

1449. Центр масс системы движется со скоростью  $mv_0/(M + m)$ , относительно этой точки шайба движется по окружности радиусом  $RM/(M + m)$ , а обруч – по окружности радиусом  $Rm/(M + m)$ ;  $mMv_0^2/(R(M + m))$ .

1450.  $T/2$ .

1451. Давление неона в 2,2 раза больше.

1452.  $\geq \sqrt{Qq/(2\pi\epsilon_0 ma)}$ .

1453. 1,5 R.

1454.  $2\pi \sqrt{\frac{l}{g(1 - Qql/(4\pi\epsilon_0 mg(d + l)^3))}}$ ;  $Q > \frac{4\pi\epsilon_0 mg(d + l)^3}{lq}$ .

1455.  $U_0\sqrt{C/L}$ ;  $\pi\sqrt{LC}/2$ .

1456. 318 Гц, 1270 Гц, ...,  $v(n + 1/3)/(l \sin \alpha)$ .

1457.  $\sim 10^9$  Вт.

1458. Все ускорения направлены вниз и равны, соответственно,  $g$  для большого блока,  $3g$  для малого блока и  $5g$  для узелка.

1459.  $10,6 \text{ с}^{-1}$ .

1460.  $0 < \rho < 0,21 \text{ г/см}^3$  и  $0,79 \text{ г/см}^3 < \rho < 1 \text{ г/см}^3$ .

1461. 1,25 м.

1462.  $10^{-5}$  с; вода не испарилась бы никогда.

1463.  $U_0 S / (\rho h)$ .

1464.  $0,69 I \sqrt{L/m}$ .

1465.  $md^2 \omega / (2e U_0)$ .

1466. 2 года.

1467.  $1 - E_1/E_2$ .

1468. 450 с.

1469.  $\sqrt{2gH}/3$ .

1470. Не зависит от массы второго груза и совпадает с периодом колебаний математического маятника длиной  $2a$ .

1471. 17,5 ч.

1472. 46 Дж/К.

1473. 6,67 мА; 15 мА, 12,5 мА, 2,5 В.

1474. 52 м/с, 4 м/с, 0,04 м/с.

1475.  $U_0 \sqrt{C/L}/2$ ;  $5U_0/4$ ;  $2\pi\sqrt{LC}$ .

1476. 3.

1477. 3,2 см.

1478. 22,4 м/с.

1479. В отсутствие трения.

1480.  $120^\circ$ .

1481.  $W/\sqrt{S}$ ;  $W(8\sqrt{S})$ .

1482.  $2\pi\sqrt{\frac{L}{2g \sin \alpha}}$ , где  $\alpha = \frac{L}{2R}$ .

1483.  $10^8$  ч.

1484.  $h\sqrt{2EQ/(ML)}$ .

1485.  $3Qd/(8\epsilon_0 S)$ .

1486. Простейшая схема – последовательное соединение конденсатора емкостью 1,32 мкФ и резистора сопротивлением 690 Ом.

1487. Увеличится в 2,5 раза.

1488. 1,65 м/с.

1489. 1,34g.

1490.  $(vT - L)/4$ , если тележка переедет горку, и  $vT/4$  – в противном случае.

1491. См. рис.8; 0,125 м/с.

1492.  $2/(1 + \sqrt{3})$ .

1493. 0,25 мА, 1 В, 1,125 мА или 0,875 мА, 5 В, 0,125 мА.

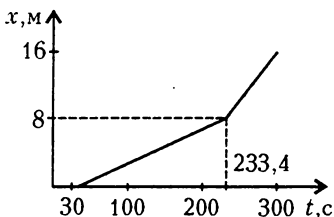


Рис. 8

$$1494. 8mg / (B_0 a d^2 Q).$$

$$1495. 0,71 \text{ м/с.}$$

$$1496. 1 \text{ Гн; } 0,7 \text{ А.}$$

$$1497. \text{ Причина явления - интерференция; } 1,5\%.$$

$$1498. 2mg\pi \operatorname{tg} \alpha \cdot n, \text{ где } n - \text{любое натуральное число.}$$

$$1499. \sqrt{m/M}; \sqrt{M/m}.$$

$$1500. 2\pi \sqrt{m \left( \frac{4}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)}.$$

$$1501. 2p_0 V.$$

$$1502. 333 \text{ К, } 55 \text{ кПа.}$$

$$1503. \text{ Нет.}$$

$$1504. 0,27 \text{ А, } 0, 0,27 \text{ А или } 0,11 \text{ А, } 0,22 \text{ А, } 0,11 \text{ А.}$$

$$1505. \text{ Еще через } 43 \text{ с.}$$

$$1506. 0,988 \text{ мГн.}$$

$$1507. 1,77 \text{ м.}$$

$$1508. 2\pi \mu T.$$

$$1509. \sqrt{\frac{(g-a_1)(g+a_2)}{(g-a_2)(g+a_1)}}.$$

$$1510. \operatorname{arctg} \left( \frac{3}{5} \operatorname{tg} \alpha \right).$$

$$1511. \pi \omega.$$

$$1512. 10^4.$$

$$1513. \sim 10^2 \text{ Гц.}$$

$$1514. \text{ Может, если } v_0 > (B_0^2 a^2 b) / (mR).$$

$$1515. 4CU_0^2.$$

$$1516. \operatorname{arctg} \frac{R}{4\omega L}.$$

$$1517. 1,4; 8 \text{ см.}$$

$$1518. L^2 / (2Rv_0).$$

$$1519. \frac{(M+m-\mu^2 m)a + \mu Mg}{1-\mu}, \text{ если груз едет вверх.}$$

$$1520. \text{ Поступательно со скоростью } 4v / (3(1+\gamma)) \text{ и вращательно с угловой скоростью } 2v / (l(1+\gamma)), \text{ второго удара не будет при } \gamma = M/m > 0,22.$$

$$1521. 3 \text{ л; вторая ситуация невозможна.}$$

$$1522. H \frac{(1+5m/(7M))(1+2m/(7M))}{1+m/M}.$$

$$1523. \frac{1}{\frac{1}{2l} + \frac{4\pi\epsilon_0 M m v_0^2}{Q^2 (M+2m)}}; v_0 \frac{1-M/(2m)}{1+M/(2m)} \text{ или } v_0 \frac{2}{1+M/(2m)} \text{ (реше-}$$

ния реализуются поочередно).

1524. См. рис.9; примерно 5,2 В.

1525. См. рис.10.

1526.  $U_0\sqrt{64C/(3L)}$ ,  $17U_0/3$ ;  
 $32CU_0^2/3$ .

1527. а)  $0,2I_0$ ; б)  $1,96I_0$ ,  $1,92I_0$ ;  
в)  $0,49I_0$ .

1528.  $\sim 8\text{ м/с}^2$ .

1529.  $\sqrt{v_1v_2}$ .

1530. 2 Дж.

1531. 7,2 км/с,  $22,5^\circ$  к горизонту.

1532.  $n_0$ .

1533. 10 Дж.

1534. Нет; от 0 до 1 А, от 1 А до 3 А.

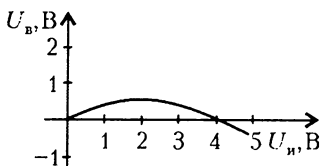


Рис. 9

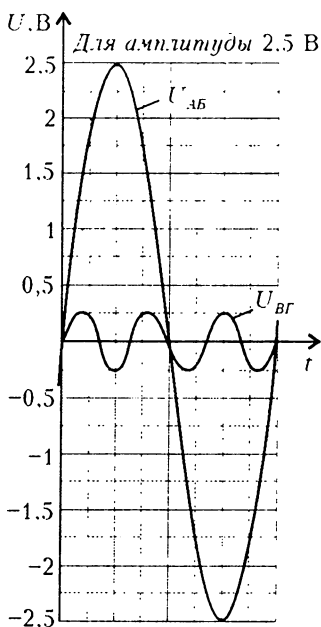


Рис. 10

1535.  $\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{C(\varphi_1/Q_1 + \varphi_2/Q_2) + 1}$ .

1536.  $2\pi\sqrt{L/(3g)}$ .

1537. Такую схему придумать нельзя.

1538.  $\sqrt{a_0H}$ ;  $\sqrt{0,75a_0H}$ ;  $\pi\sqrt{H/a_0}/2$ .

1539. 1,6 т.

1540. Ускорение «подставки» направлено влево и равно  $F(1 - \cos\alpha)/M$ , ускорения грузов равны  $F/(M + m)$ .

1541.  $< 3/5$ .

1542.  $\nu R\Delta T$ .

1543.  $Q^2d/(72\epsilon_0 S)$ .

1544. 0,5 А, 0,5 А, 1,5 А.

1545. В ту же сторону, куда течет ток в соленоиде, со скоростью  $4\pi NIH/(3Q)$  при  $R < r$  и  $4\pi NIH(r^2/R^2)/(3Q)$  при  $R > r$ .

1546. Не меньше 0,045 мкФ.

1547. Сила направлена по ходу пучка и равна  $10^{-11}$  Н; добавится еще сила  $3 \cdot 10^{-10}$  Н.

1548. От 0,5 кг до 5 кг.

1549.  $3TL/\pi$ .

1550.  $10^4$  с.      1551.  $10^{-4}$  А и  $0,5 \cdot 10^{-4}$  А.

1552.  $I_0/3$  и  $2I_0/3$ , где  $I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{(2\pi fL)^2 + 4R^2/9}}$ .

1553.  $0,04$  м/с.

1554.  $16/3$  Н;  $1,3$  м/с<sup>2</sup> и  $16$  м/с<sup>2</sup>.

1555.  $2\sqrt{\frac{2H}{g}} \left( \frac{2\sqrt{3}\pi}{9} + 1 \right)$ .

1556.  $338$  К;  $2,3$  см<sup>3</sup>.

1557.  $34$  Дж.

1558.  $\rho^2/(2\epsilon_0)$ .

1559.  $CU^2$ ;  $CU^2/2$ .

1560.  $1$  А.

1561.  $I^2 R/v_0$ .

1562. Переменный ток с частотой  $\omega$  и амплитудой  $U_0(1 + 0,25\omega^2 CL)/(\omega L)$ , отстающий от приложенного напряжения на  $\pi/2$ .

1563.  $\sqrt{gL/2}$ .

1564.  $4,48$  с<sup>-1</sup>.

1565. Получает; нагревается;  $-10$ .

1566.  $\frac{m}{M} \left( v_0 + \sqrt{v_0^2 + \frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 ML}} \right)$ , для нахождения минимального расстояния нужно учесть, что скорости гантели и шарика одинаковы.

1567.  $21$  Вт.

1568.  $0,004$  Н; на расстоянии  $L/\sqrt{2}$  ( $L$  – длина карандаша).

1569. На расстоянии  $0,316R$  от вершины прямого угла.

1570.  $6,58$ .

1571.  $1,9$ .

1572.  $5/3$ .

1573.  $4,64$  В,  $0,071$  кОм и  $23,2$  кОм, если сопротивление вольтметра велико;  $1,5$  В,  $1,5$  кОм и  $0,36$  кОм – в противном случае.

1574.  $2,2 \cdot 10^{-6}$  Н.

1575.  $8U_0 Bd/R$ .

1576.  $0,15$  мА;  $620$  В.

1577. С номером 100; скорость нарастания тока определяется ростом напряжения на последнем конденсаторе, т.е. величиной  $5 \cdot 10^5$  В/с.

1578.  $\sqrt{\frac{2(M+m)gL \sin \alpha}{2M+m}}$ ;  $\frac{Mtg\alpha}{2M+m}$ .

1579.  $p_0 V_0 \left( \frac{3}{2} + \frac{\epsilon}{RT_0} \right)$ .      1580.  $\sqrt{2QE d/M}$ .

1581.  $40$  Дж.      1582.  $2$  мм.      1583.  $115$  кВт  $\approx 150$  л.с.

1584. Оценки с помощью чертежа:  $33$  м/с<sup>2</sup>;  $4,3$ .



1585.  $\sqrt{\frac{8gH\gamma(1+\gamma)^2}{(3+2\gamma)(4\gamma^2+9\gamma+4)}}$ , где  $\gamma = \frac{m}{M}$ .

1586.  $\sim 1$  Па; нет, изменился бы лишь численный ответ.

1587.  $(300 + 0,016)$  К;  $92$  м/с и  $-45$  м/с.

1588.  $2Q^2/(\epsilon_0\sqrt{2\pi S})$ . 1589.  $2,15 R$ .

1590.  $\sqrt{Q^2 + 2LCI^2/3}$ ;  $\sqrt{Q^2 + 3LCI^2/3}$ .

1591. Параллельно нагрузке включить конденсатор емкостью  $1/(2,5\omega R)$  и последовательно с ними – катушку индуктивностью  $2R/\omega$ .

1592.  $1,15$  см. 1593. Меньше  $39,5$  см.

1594. Ускорение груза массой  $M$  направлено вверх и равно  $11g/49$ , а ускорение груза массой  $3M$  направлено вниз и равно  $44g/49$ .

1595.  $4,6H$ ; скорость поршня существенно превышает скорость молекул; поршень установится на прежней высоте.

1596.  $0,7\epsilon$  и  $0,3\epsilon$ . 1597.  $0,04I_0$ . 1598.  $\sqrt{2}v_0 a$ ;  $v_0^2/a$ .

1599. Направлено против вектора  $\vec{v}_0$  и равно  $v_0^2/(4L\sin^2\alpha\cos\alpha)$ .

1600.  $\approx mR/M$  (при нулевой скорости центра масс системы);  $\sqrt{4mg(MR)}$ ;  $\sqrt{8m^3gR/(27M^3)}$ .

## ЗАДАЧНИК «КВАНТА»

### Физика

#### Часть 2

*Под редакцией А.Р.Зильбермана и А.И.Черноуцана*

Библиотечка «Квант». Выпуск 120

Приложение к журналу «Квант» №2/2011

Редактор *В.А.Тихомирова*

Обложка *А.Е.Пацхверия*

Макет и компьютерная верстка *Е.В.Морозова*

Компьютерная группа *Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева*

Формат  $84\times 108$  1/32. Бум. офсетная. Гарнитура кудряшевская

Печать офсетная. Объем 6 печ.л. Тираж 2500 экз.

Заказ № 3539

119296 Москва, Ленинский пр., 64-А, «Квант»

Тел.: (495)930-56-48, e-mail: math@kvantjournal, phys@kvantjournal

Отпечатано с готовых диапозитивов

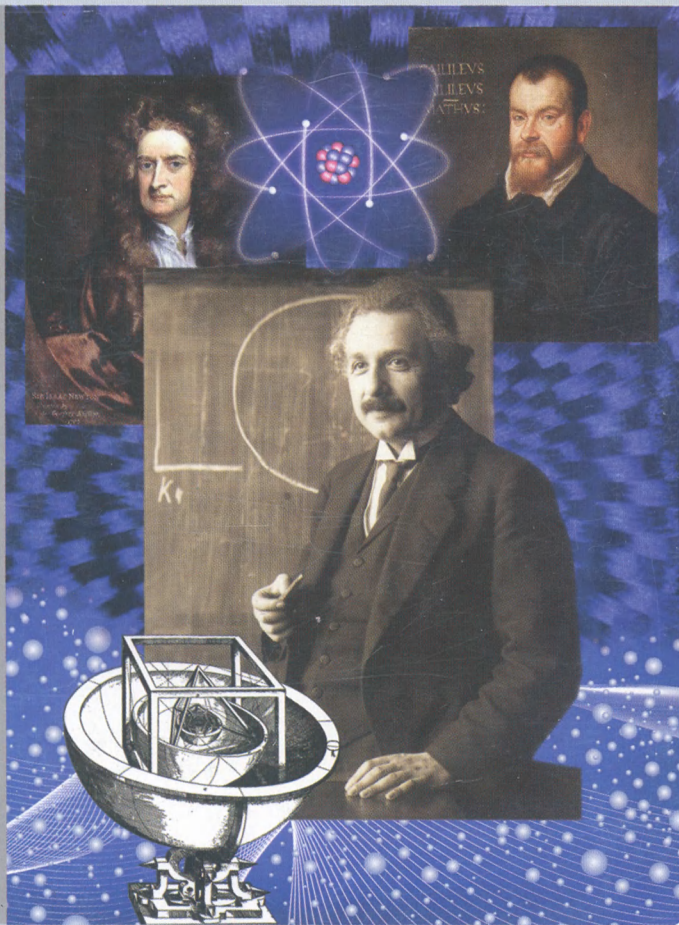
в ППП «Типография «Наука»

121099 Москва, Шубинский пер., д. 6

60<sup>2</sup>



# Библиотечка КВАНТ<sup>+</sup>



ВЫПУСК

# 120