

123

Библиотечка КВАНТ

ВЫПУСК

123 Библиотечка КВАНТ



Задачник «Кванта» ФИЗИКА

Часть 3





БИБЛИОТЕЧКА
КВАНТ
ВЫПУСК

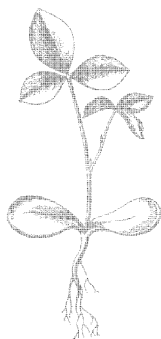
123

Приложение к журналу
«Квант» № 1/2012

Задачник «Кванта»
ФИЗИКА
Часть 3

Под редакцией А.И.Черноуцана

Москва
Издательство МЦНМО
2012



Scan AAW

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

Серия «Библиотечка «Квант»
основана в 1980 году

**3-93 Задачник «Кванта». Физика. Часть 3/Под редакцией
А.И.Черноуцана. – М.: Издательство МЦНМО, 2012. – 160 с.
(Библиотечка «Квант». Вып. 123. Приложение к журналу
«Квант» №1/2012.)**

ISBN 978-5-94057-978-6

Книга представляет собой третью часть «полного состава» задач по физике, опубликованных в разделе «Задачник «Кванта» журнала «Квант» (1997 – 2010 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 978-5-94057-978-6

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Условия задач	5
1997 год (продолжение)	5
1998 год	13
1999 год	21
2000 год	31
2001 год	41
2002 год	50
2003 год	60
2004 год	70
2005 год	79
2006 год	88
2007 год	96
2008 год	107
2009 год	117
2010 год	126
Ответы	129

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 (1997 – 2010 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 автором подавляющего большинства задач, вошедших в этот сборник, был один и тот же человек – Александр Рафаилович Зильберман. Правда чаще он публиковал свои задачи под псевдонимами, число которых превысило сотню.

«Задачник «Кванта» живет на страницах журнала 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

1997 год (продолжение)

1601. Небольшое тело прикреплено к невесомому жесткому обручу радиусом R . Обруч удерживают в положении, показанном на рисунке 1. На каком расстоянии от вертикальной стенки тело коснется горизонтальной плоскости после освобождения обруча? Трением пренебречь.

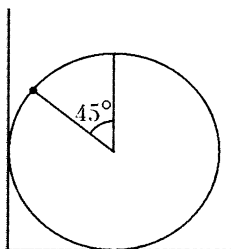


Рис. 1

1602. Сосуд объемом 5 литров с жесткими стеклянными стенками соединен короткой жесткой трубкой с горлышком литровой пластиковой бутылки из-под газированной воды – ее тонкие стенки практически нерастяжимые, но довольно мягкие. В системе из двух сосудов находится неизменное количество воздуха. Воздух понемногу охлаждают, измеряя его давление. Вплоть до температуры $+50^\circ\text{C}$ давление в системе уменьшалось, а начиная с этой температуры перестало уменьшаться. При какой температуре давление снова начнет уменьшаться? Атмосферное давление остается постоянным.

1603. В калориметре в воде плавает кусок льда. Опускаем в калориметр нагреватель постоянной мощности 50 Вт и начинаем каждую минуту измерять температуру воды. За первую минуту температура увеличилась на 2 градуса, а к концу четвертой – еще на 5 градусов. Сколько было в калориметре воды и сколько льда?

1604. Частица с зарядом q влетает в область взаимно перпендикулярных однородных электрического и магнитного полей \vec{E} и \vec{B} . В этой области на частицу действует также сила вязкого трения $\vec{F} = -k\vec{v}$ (k – заданная положительная величина, \vec{v} – мгновенная скорость частицы). Найдите скорость установившегося движения частицы.

1605. Заряженный конденсатор емкостью C подключают к последовательно соединенным батарееке напряжением U_0 и резистору сопротивлением R . С момента подключения в резисторе выделилось количество теплоты Q . Найдите по этим дан-

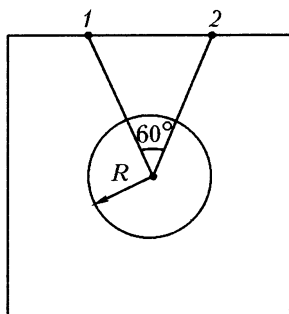


Рис. 2

ным начальное напряжение конденсатора.

1606. Проводящая квадратная рамка, сделанная из тонкой проволоки с очень высоким удельным сопротивлением, симметрично охватывает длинный соленоид радиусом R (рис.2). Однородное магнитное поле внутри соленоида возрастает со временем по линейному закону $B = \alpha t$. Пренебрегая магнитным полем вне соленоида и собственным магнитным полем рамки, найдите показания

вольтметра, подключенного проводами к симметричным точкам 1 и 2. Что покажет вольтметр, если его присоединить к точке 1 и ближайшему к ней углу рамки?

1607. Нить накала осветительной лампочки мощностью 60 Вт сделана из вольфрама. Оцените, при какой массе нити накала минимальная температура отличается от средней не более чем на 100 К.

1608. Мэр одного городка начал получать жалобы на большую автомобильную пробку перед светофором на главной улице. Скорость машин при движении составляла 6 м/с, а средняя скорость продвижения по пробке – всего 1,5 м/с. При этом время свечения светофора зеленым светом было равно времени свечения красным (время свечения желтым пренебрежимо мало). Мэр распорядился увеличить время свечения зеленым светом в 2 раза, оставив прежним время свечения красным. Чему станет равна средняя скорость продвижения машин по пробке? Считать, что скорость машин при движении не изменилась. Учесть, что при включении зеленого света автомобили начинают двигаться не одновременно.

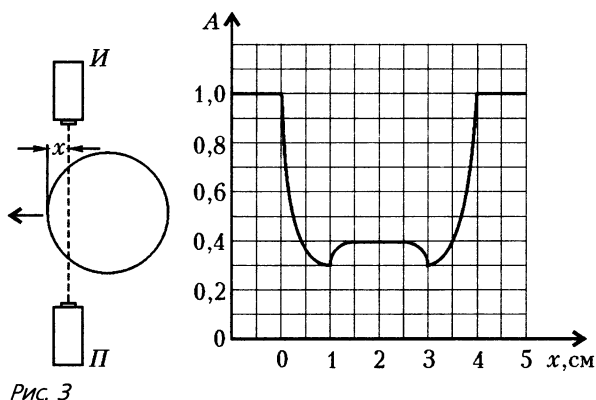
1609. На горизонтальной шероховатой поверхности находятся две одинаковые длинные тонкостенные трубы, оси которых параллельны. Одна труба покоится, а вторая катится по направлению к ней без проскальзывания со скоростью v . Происходит абсолютно упругий удар (трением труб друг о друга при ударе можно пренебречь). Коэффициент трения скольжения между трубами и поверхностью равен μ . На каком максимальном расстоянии друг от друга могут оказаться трубы после удара?

1610. Зависимость приведенной температуры T/T_0 гелия от приведенного давления p/p_0 имеет вид окружности, центр которой находится в точке $(1; 1)$, причем минимальная приведен-

ная температура гелия в этом процессе равна τ_m . Найдите отношение минимальной и максимальной концентраций атомов гелия при таком процессе.

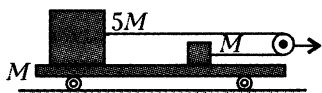
1611. Тонкое проволочное кольцо радиусом R , заряженное зарядом Q , и металлическая сфера меньшего радиуса r размещены так, что их центры совпадают. Сфера заземлена очень тонким длинным проводником. Найдите потенциал точки, находящейся на оси кольца на расстоянии x от его плоскости.

1612. Рентгеновский аппарат состоит из точечных источника I и приемника Π , жестко закрепленных на станине. Между источником и приемником перемещают цилиндрический толсто-стенный баллон (рис.3). При этом интенсивность рентгеновского



излучения, регистрируемая приемником, зависит от координаты x так, как показано на графике. Есть ли внутри баллона содержимое, поглощающее рентгеновские лучи?

1613. На гладком горизонтальном столе находится тележка массой M , на ней два кубика массой $5M$ и M , связанных легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок (рис.4). Блок тянут постоянной силой в горизонтальном направлении, куски нити при этом горизонтальны. Коэффициент трения между поверхностью тележки и кубиками $\mu = 0,1$. При какой величине силы ускорение тележки составит $a = 0,2g$? Какими при этом будут ускорения кубиков и блока?



1614. На гладком горизонтальном столе находится тележка массой M , на которой вертикально стоит велосипедное колесо



Рис. 5

массой $3M$ (рис.5). Коэффициент трения между колесом и тележкой равен μ . К тележке прикладывают постоянную по величине горизонтальную силу, направленную параллельно плоскости колеса. При какой максимальной величине этой силы колесо сможет двигаться без проскальзывания относительно тележки? Считайте, что вся масса колеса сосредоточена на максимальном расстоянии от его центра – на внешней окружности.

1615. В невесомости проводится следующий опыт. Заполненный воздухом большой сосуд содержит множество мельчайших масляных капелек и одну каплю довольно больших размеров. При столкновении маленьких капель между собой они упруго разлетаются, а при столкновении с большой каплей происходит их поглощение. За 1 час диаметр большой капли увеличился в 2 раза. Через какое время он увеличится еще в 2 раза? Большая капля не касается стенок сосуда. Испарения с ее поверхности не происходит.

1616. На компьютере сделана модель бильярда (рис.6): на квадратном гладком горизонтальном столе размером 1×1 м могут двигаться одинаковые шайбы диаметром 1 мм каждая, общее число шайб 10000, вначале компьютер располагает шайбы случайным образом. Один из углов квадрата срезан под углом 45° , образуя лузу длиной 1 см. Шайба, попавшая в лузу, вылетает со стола. В начальный момент одна из шайб имеет случайную направленную скорость, равную 1 м/с, остальные шайбы неподвижны. Все удары запрограммированы как абсолютно упругие (удары шайб друг о друга не

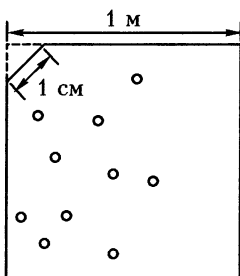


Рис. 6

лобовые!). Через какое время со стола вылетит первая тысяча шайб? Оцените также время, за которое в большинстве экспериментов через лузу вылетят все шайбы.

1617. В вертикальном теплоизолированном сосуде под массивным подвижным поршнем находится порция идеального одноатомного газа при температуре T_0 , поршень при этом находится в равновесии. Температуру газа в сосуде при помощи миниатюрного нагревателя очень быстро увеличивают в 2 раза и оставляют систему в покое. Какая температура установится в сосуде после того, как поршень перестанет двигаться? Трение

поршня о стенки пренебрежимо мало. Поршень и стенки практически не получают тепла от газа. Воздуха снаружи нет.

1618. Теплопроводность дерева вдоль волокон в 2 раза больше, чем поперек. Два длинных тонких цилиндра одинаковых размеров сделаны из такого дерева, ось одного из них направлена вдоль волокон, ось другого составляет с направлением волокон угол 30° . Боковые поверхности цилиндров теплоизолируют и создают одинаковые разности температур между торцами цилиндров. Во сколько раз отличаются тепловые потоки в этих цилиндрах?

1619. Вдали от всех других тел в космосе двигаются два маленьких заряженных шарика, масса одного из них 1 г, другого 2 г. Заряды шариков равны по величине и противоположны по знаку. В данный момент расстояние между шариками 1 м, скорость более тяжелого шарика равна 1 м/с и направлена вдоль прямой, соединяющей центры шариков, по направлению от легкого шарика, скорость легкого шарика такая же по величине, но перпендикулярная указанной прямой. При какой величине зарядов шарики при дальнейшем движении побывают дважды на расстоянии 3 м друг от друга? Гравитационным взаимодействием шариков пренебречь.

1620. Цепь на рисунке 7 содержит огромное количество звеньев, каждое из которых состоит из резистора и двух вольтметров. Все вольтметры в цепи одинаковые, сопротивления всех резисторов равны между собой. Цепь подключают к батарейке, при этом первые два вольтметра показывают напряжения 6 В и 4 В (догадайтесь сами – какой показывает меньше, а какой больше). Найдите показания второй пары вольтметров. Найдите также сумму показаний всех вольтметров.

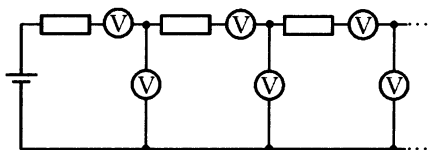


Рис. 7

1621. Катушка индуктивности состоит из нескольких одинаковых витков очень тонкого провода, намотанных вплотную друг к другу. На оси катушки на некотором расстоянии от нее расположили еще один такой же замкнутый виток так, что ось витка совпадает с осью катушки. Катушку подключили к выходу источника переменного тока, при этом амплитуда тока отдельно расположенного витка оказалась в $k = 3$ раза меньше амплитуды тока катушки. Во сколько раз отличаются величины индуктивности катушки, измеренные без дополнительного витка и вместе с ним? Сопротивление провода, из которого сделаны витки,

пренебрежимо мало. Считайте, что индуктивность катушки без дополнительного витка в 30 раз больше индуктивности одного витка.

1622. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и двух одинаковых конденсаторов, включенных между

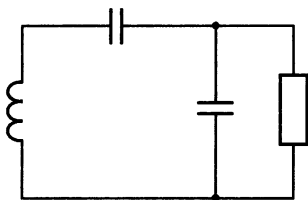


Рис. 8

собой последовательно. Катушка и конденсаторы практически идеальные, но из-за наличия малого сопротивления соединяющих проводов $r = 0,1$ Ом колебания медленно затухают: за $n_1 = 10$ периодов колебаний амплитуда тока через катушку уменьшается на $\alpha = 1\%$. Параллельно одному из конденсаторов под-

ключают резистор (рис.8), и теперь амплитуда колебаний уменьшается на тот же 1% за $n_2 = 2$ полных периода колебаний. Найдите сопротивление этого резистора.

1623. На гладком горизонтальном столе находится клин массой M с углом 45° при основании, на нем – клин такой же

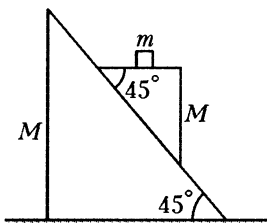


Рис. 9

массы M с таким же углом, так что верхняя плоскость второго клина горизонтальна, а на ней лежит кубик массой m (рис.9). Всю конструкцию удерживают неподвижной. Какую скорость приобретет кубик через время τ после растормаживания системы? Трением пренебречь. Считать, что за указанный интервал времени характер движения не меняется.

1624. Два маленьких шарика массой M каждый находятся на расстоянии L друг от друга и в начальный момент имеют одинаковые по величине и противоположно направленные скорости v_0 , перпендикулярные отрезку, соединяющему шарики. Никаких внешних сил нет. Учитывая гравитационное взаимодействие шариков, найдите максимальное расстояние между ними в процессе движения и минимальные скорости шариков.

1625. В кубическом сосуде объемом $V = 1 \text{ м}^3$ находится гелий при температуре $T = 300 \text{ К}$ и давлении $p = 10^5 \text{ Па}$. В стенке сосуда открывают отверстие площадью $S = 1 \text{ см}^2$ и через время $\tau = 0,01 \text{ с}$ закрывают. Снаружи – вакуум. Оцените изменение температуры газа в сосуде после установления в нем равновесия. Считайте, что открывание и закрывание отверстия производят очень аккуратно – не создавая лишних потоков газа.

1626. В длинном прямом проводе диаметром d , сделанном из металла с удельным сопротивлением ρ , течет постоянный ток I_0 . Известно, что необходимо для протекания тока электрическое поле в проводе создают поверхностные заряды. В некоторой точке поверхности плотность этих зарядов составляет σ_1 . Найдите величину поверхностной плотности зарядов в другой точке поверхности – на расстоянии L вдоль провода от первой.

1627. Конденсатор емкостью C подключают к параллельно соединенным катушкам, индуктивности которых L_1 и L_2 (рис.10). В начальный момент конденсатор не заряжен, через первую катушку течет ток I_0 , ток второй катушки равен нулю. Найдите максимальный заряд конденсатора и максимальную величину тока в точке A .

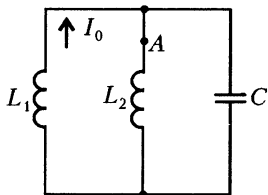


Рис. 10

1628. Пластинка радиусом 20 см равномерно вращается в горизонтальной плоскости, совершая 33 оборота в минуту. От центра пластинки к ее краю ползет строго вдоль радиуса жучок маленького размера, его скорость постоянна по величине и составляет 10 см/с. При каком минимальном коэффициенте трения жучка о поверхность пластинки он сумеет добраться таким образом до края пластинки?

1629. Два одинаковых кубика массой M каждый стоят почти соприкасаясь гранями на гладкой горизонтальной поверхности. Сверху на них аккуратно помещают шар массой m , который начинает смещаться вертикально вниз, раздвигая кубики в стороны. Найдите скорость шара непосредственно перед ударом о горизонтальную поверхность. Начальная скорость шара пренебрежимо мала. Радиус шара R , ребро кубика H . Трения нигде нет.

1630. На гладком горизонтальном столе покоится тележка массой M и длиной L . Посредине тележки находится кубик маленького размера, его масса m . Кубику сообщают толчком скорость v по направлению к одному из бортиков тележки. Найдите смещение тележки к тому моменту, когда кубик снова окажется посредине тележки, испытав ровно 17 ударов. Считать удары кубика о бортики тележки абсолютно упругими.

1631. Три маленьких заряженных тела одной и той же массы движутся в пространстве вдали от всех других тел. В некоторый момент тела оказываются на одной прямой, при этом ускорение среднего равно по величине a и ускорение одного из оставшихся в этот момент составляет по величине $3a$. Найдите ускорение третьего тела в этот же момент времени.

1632. 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 маленьких упругих шариков, обладающих скоростью $v_0 = 20$ м/с на высоте первоначального положения нижней грани куба. Куб начинает колебаться, двигаясь поступательно вдоль вертикальной оси. Найдите период и амплитуду этих колебаний. Оказывается, колебания эти медленно затухают, хотя никакого трения тут нет. Объясните причину затухания колебаний и оцените время, в течение которого амплитуда уменьшится на 10%. Масса одного шарика $m = 1$ г, концентрация шариков в потоке $n = 1000$ м⁻³. Ударами шариков друг о друга пренебречь.

1633. Цикл тепловой машины состоит из двух адиабат и двух изохор. Найдите КПД цикла, если известны температуры T_1 и T_2 – начальная и конечная для одной из адиабат. Рабочее тело – идеальный газ.

1634. В распоряжении физика есть два тепловых резервуара – очень горячий с температурой $+200$ °С и просто горячий с температурой $+70$ °С. Окружающая среда имеет постоянную температуру $+20$ °С. Физика велено сообщить очень горячему телу количество теплоты 1000 Дж и просто горячему – количество теплоты 2000 Дж. Какую минимальную механическую работу ему придется для этого совершить? Теплоемкости горячего и очень горячего тел можно считать очень большими.

1635. Нелинейный двухполюсник имеет вольт-амперную характеристику, которая описывается формулой $U = 10I^2$, где ток измеряется в амперах, а напряжение – в вольтах. Два таких двухполюсника соединены последовательно и подключены к идеальной батарееке с напряжением $\mathcal{E} = 10$ В. Параллельно одному из двухполюсников подключают резистор. При каком сопротивлении этого резистора тепловая мощность, которая на нем выделяется, окажется максимальной?

1636. К идеальной батарееке подключены последовательно конденсатор емкостью $C = 100$ мкФ и амперметр, сопротивление которого $r = 10$ Ом. При помощи быстродействующего переключателя конденсатор в этой цепи переключается $n = 100$ раз в секунду то в одной, то в другой полярности (выводы конденсатора все время меняются местами друг с другом); стрелка прибора при этом практически не дрожит. Обычный магнито-электрический амперметр показывает в таком случае силу тока $I_1 = 0,01$ А. Что покажет в такой цепи амперметр тепловой системы с тем же сопротивлением? Приборы были отградуированы в цепи постоянного тока.

1637. Катушка индуктивностью $L = 1$ Гн присоединена параллельно конденсатору емкостью $C = 10$ мкФ, последовательно с получившимся контуром включен еще один такой же конденсатор и к получившейся цепи подключен генератор низкой частоты с амплитудой выходного напряжения $U_0 = 1$ В. На какой частоте ток, потребляемый от генератора цепью, получается очень малым? На какой частоте этот ток резко возрастает? Оцените максимальную амплитуду напряжения на катушке, если сопротивление провода ее обмотки $R = 10$ Ом. Остальные элементы цепи считайте идеальными.

1998 год

1638. Маленький упругий шарик подпрыгивает, ударяясь о горизонтальную подставку, при этом высота подскоков равна H . Подставку очень медленно сдвигают параллельно самой себе на h вниз и останавливают. Найдите новую высоту, на которую шарик будет подпрыгивать относительно подставки после ее остановки.

1639. Горизонтально расположенный цилиндрический сосуд с массивным поршнем находится в вакууме (рис.11). Пружина жесткостью k , закрепленная с одной стороны, упирается в поршень. В начальном положении газа под поршнем нет, пружина не деформирована. Через дырку в дне сосуда в него впускают некоторое количество гелия и закрывают дырку. После установления равновесия пружина оказалась деформированной на L . Затем газ очень медленно нагревают, пока поршень не сдвигается еще на L . Какое количество теплоты получил газ при этом? Теплоемкостью стенок и поршня пренебречь.

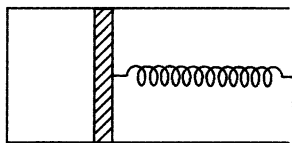


Рис. 11

1640. Четыре одинаковые тонкие проводящие пластинки площадью S каждая расположены параллельно и очень близко друг к другу; расстояние между соседними пластинками равно d (рис.12). Первую и третью пластинки соединили проводником, а между второй и четвертой включили батарейку напряжением U . Какие силы действуют на каждую из пластинок?

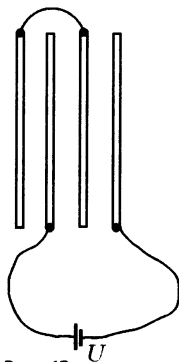


Рис. 12

1641. Три длинных куска провода сложили вместе и получившимся «тройным» проводом

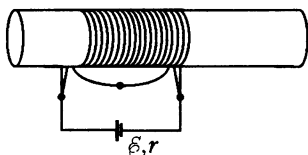


Рис. 13

наматили на цилиндрический немагнитный сердечник катушку, состоящую из большого количества витков (рис.13). Две из получившихся трех катушек соединили последовательно и к концам образовавшейся двойной катушки параллельно

подключили выводы третьей катушки. Систему охладили до температуры, при которой катушки стали сверхпроводящими, и к выводам системы подключили батарейку с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r . Какие токи будут течь через катушки после того, как эти токи практически перестанут изменяться?

1642. В сеть переменного напряжения (220 В, 50 Гц) включили последовательно конденсатор некоторой емкости и катушку индуктивностью 1 Гн. Параллельно конденсатору подключили вольтметр с очень большим сопротивлением. При какой емкости конденсатора вольтметр покажет напряжение 220 В? Какую емкость конденсатора ни в коем случае использовать нельзя?

1643. На горизонтальной подставке с коэффициентом трения μ находятся два одинаковых больших бруска массой M каждый, связанные легкой нерастяжимой натянутой нитью (рис.14). На гладкой верхней грани первого бруска находится небольшой гладкий грузик массой m . Подставку двига-

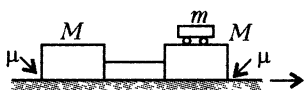


Рис. 14

ют в горизонтальном направлении с большой скоростью, направленной параллельно нити в сторону первого бруска (того, что с грузиком). Найдите силу натяжения нити, связывающей движущиеся тела, пока грузик не свалится.

1644. На гладком горизонтальном столе покоится тележка массой M (рис.15). По дну тележки может скользить без трения груз такой же массы, прикрепленный к боковой стенке горизонтальной легкой пружинкой жесткостью k . Кубик массой M наезжает на тележку со скоростью v_0 и мгновенно прилипает к ней. Чему равна раз-

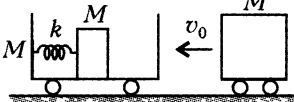


Рис. 15

ность между максимальной и минимальной длинами пружинки при движении?

1645. Через легкий блок, закрепленный на большой высоте H над горизонтальной поверхностью земли, переброшена гибкая веревка (рис.16). Концы веревки сложены внизу двумя бухтами,

которые не препятствуют движению. С одной стороны за веревку ухватился человек массой M , который быстро перебирает руками, стараясь висеть на одной высоте над землей. При некоторой установившейся скорости движения веревки это ему удастся. Найдите эту скорость. Масса одного метра веревки ρ , ускорение свободного падения g . Трение в блоке отсутствует.

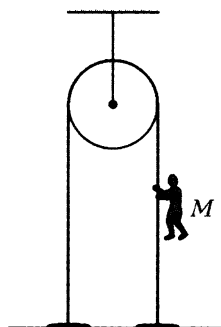


Рис. 16

1646. На легкой нити к потолку подвешен груз массой M , к нему на очень легкой пружинке жесткостью k прикреплен груз массой m (рис. 17). Система вначале неподвижна. Нить пережигают, и грузы начинают падать в однородном поле тяжести. Чему равна разность между максимальным и минимальным значениями длины пружинки? Через какое время после пережигания нити натяжение пружинки в первый раз станет нулевым? Считайте, что за время, необходимое для решения задачи, грузы еще не упадут на пол.

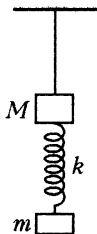


Рис. 17

1647. В глубоком космосе на большом расстоянии от всех других тел движется длинная цилиндрическая труба, запаянная с одного конца. Неподалеку от этого конца приклеен поршень массой $M = 1$ кг, отделяющий от окружающего вакуума $1/100$ полного объема трубы. В этой части трубы находится небольшая порция азота при температуре $T = 300$ К и давления $p = 0,5$ атм. В некоторый момент поршень отклеивается и под давлением газа начинает скользить без трения вдоль трубы. Определите, через какое время после начала движения поршень вылетит из трубы. Длина трубы $L = 5$ м, площадь поперечного сечения $S = 100$ см², масса трубы в 10 раз больше массы поршня.

1648. В сосуде объемом $V = 100$ л находится воздух при нормальных условиях. Снаружи – вакуум. В стенке сосуда на время $\tau = 1$ с открывается небольшое отверстие площадью $S = 0,1$ см² и сразу после этого закрывается. Оцените количество вылетевших за это время молекул и их суммарную энергию. Кстати заметим, что воздух – смесь двухатомных газов.

1649. Конденсатор емкостью C состоит из двух параллельных пластин, находящихся на малом расстоянии друг от друга. Конденсатор зарядили до напряжения U_0 и отключили от источника. Посредине конденсатора параллельно его пластинам вставлена еще одна пластина, и еще одна пластина расположена

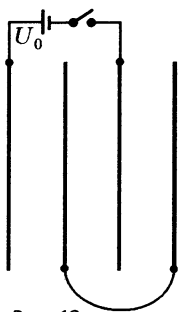


Рис. 18

параллельно снаружи, так что эти дополнительные пластины образуют точно такой же конденсатор (рис.18). Дополнительные пластины соединяют между собой проводником, имеющим большое сопротивление. Какое количество теплоты выделится в этом проводнике?

1650. Электрическая цепь составлена из большого количества одинаковых звеньев (рис.19). Каждое такое звено состоит из двух резисторов. К началу цепи подключен источник постоянного напряжения $U = 12$ В. Идеальный амперметр подключают параллельно первому резистору цепи (между точками A и B), и он показывает силу тока $I_1 = 5$ мА. Если тот же амперметр подключить между

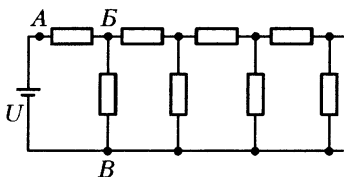


Рис. 19

точками B и B (параллельно второму резистору), то он покажет $I_2 = 2$ мА. Определите по этим данным сопротивления резисторов одного звена.

1651. Конденсатор емкостью C заряжен до напряжения U_0 . К нему подключают катушку индуктивностью L и в некоторый момент к выводам катушки подключают цепочку из параллельно соединенных катушки

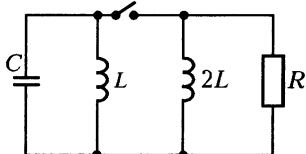


Рис. 20

индуктивностью $2L$ и резистора с большим сопротивлением R (рис.20). Какое количество теплоты выделится в резисторе? Зависит ли эта величина от момента подключения цепи к катушке? Элементы цепи считайте идеальными.

1652. К простой цепи, собранной из двух резисторов сопротивлением $R = 1$ кОм и двух конденсаторов емкостью $C = 1$ мкФ, подведено напряжение сети: 220 В, 50 Гц (рис.21). Амперметр в схеме имеет очень маленькое сопротивление. Найдите показание амперметра. Обычно приборы переменного тока градуируются в действующих (эффективных) значениях.

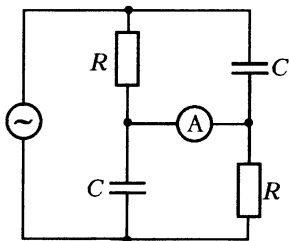


Рис. 21

1653. С балкона бросают камешки через равные интервалы времени и без начальной скорости. К моменту,

когда первый камешек упал на землю, следующий пролетел ровно половину пути. Какую часть пути пролетел к этому моменту третий камешек? Сколько камешков было в полете непосредственно перед ударом первого камешка о землю? Сопротивлением воздуха пренебречь. Считать ускорение свободно-го падения равным точно 10 м/с^2 .

1654. Предлагается следующий проект движущегося тротуара: человек ступает с земли на первую движущуюся дорожку, через некоторое время переходит на следующую, у которой скорость больше, и так далее. Пусть первая дорожка едет с постоянной скоростью $v_1 = 2 \text{ м/с}$, человек с неподвижной земли ступает на нее перпендикулярно вектору скорости и, перестав скользить, переходит дальше – опять перпендикулярно вектору скорости. Ожидаемая нагрузка на такую дорожку (число людей, ступающих на нее с земли) составляет $N = 10$ человек в секунду, масса человека в проекте принимается равной $M = 80 \text{ кг}$. С какой минимальной силой нужно тянуть первую дорожку в горизонтальном направлении, чтобы ее скорость оставалась постоянной? С какой силой нужно действовать на вторую дорожку, если она движется со скоростью $v_2 = 3 \text{ м/с}$? Считайте, что в среднем число людей на каждой из дорожек одинаково.

1655. Моль гелия в процессе расширения получает тепло, его теплоемкость при этом составляет $C = 15 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Найдите изменение температуры гелия в этом процессе при совершении им работы $A = 20 \text{ Дж}$.

1656. В вершинах правильного треугольника со стороной a находятся три маленьких заряженных тела. Одно из них закреплено, два других – масса каждого из них M , заряд Q – свободны. Какой заряд нужно поместить на закрепленное тело, чтобы при отпуске двух других их ускорения оказались минимальными? Чему будет равна величина этого ускорения?

1657. Два одинаковых громкоговорителя подключили параллельно к выходу генератора звуковых колебаний, а очень маленький микрофон расположили в отдалении. При неизменной температуре воздуха $T = 300 \text{ К}$ мы проводим эксперимент – изменяем частоту генератора и наблюдаем за показаниями чувствительного вольтметра, который измеряет выходной сигнал микрофона. На частоте $f_1 = 2400 \text{ Гц}$ получается максимум выходного сигнала микрофона, на частоте $f_2 = 2600 \text{ Гц}$ – минимум, а между этими частотами уровень сигнала от микрофона монотонно убывает. Что будет наблюдаться на частоте $f_3 = 400 \text{ Гц}$? При какой температуре воздуха получился бы макси-

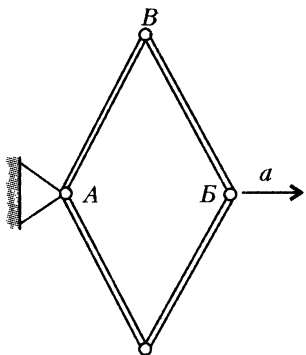


Рис. 22

Шарнир B в тот момент, когда стержни AB и BB составят угол 2α ? Считайте движение всех точек плоским.

1659. Тележка массой m движется по горизонтально расположенным рельсам со скоростью v (рис.23). Рельсы дальше идут

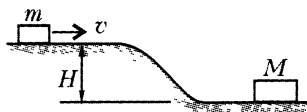


Рис. 23

вниз и плавно переходят в новый горизонтальный участок, находящийся на H ниже. Тележка наезжает на неподвижный вагон массой M , стоящий на нижнем горизонтальном участке, и между тележкой и вагоном происходит абсолютно упругий удар. При какой начальной скорости v тележка после удара вновь сможет подняться на верхний горизонтальный участок? Трение отсутствует.

1660. На гладкий горизонтально расположенный стержень надеты две одинаковые шайбы массой M каждая, связанные

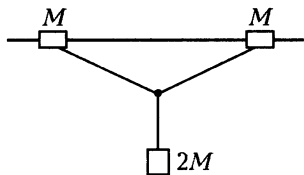


Рис. 24

легкой нерастяжимой нитью длиной $2L$ (рис.24). К середине нити привязан груз массой $2M$, который вначале удерживают так, что нить не натянута, но практически не провисает. Груз отпускают, и система приходит в движение без рывка. Найдите максимальные значения

скоростей шайб и груза в процессе движения. Ускорение свободного падения равно g .

1661. На гладком горизонтальном столе находятся три одинаковые тележки, масса каждой тележки M (рис.25). Средняя тележка связана с одной из крайних легкой нитью, а с другой — легкой пружинкой жесткостью k . Вначале систему удерживают

мум на частоте f_2 ? Отражения звуковых волн от стен, пола и потолка не происходит.

1658. Из четырех одинаковых тонких стержней длиной L каждый сделали ромб, скрепив их концы шарнирно (рис.22). Шарнир A закреплен, противоположный шарнир B двигают вдоль диагонали ромба с постоянным ускорением a . Вначале упомянутые противоположные вершины находятся близко друг к другу, а скорость точки B равна нулю. Какое ускорение будет иметь шарнир B в тот момент, когда стержни AB и BB составят угол 2α ? Считайте движение всех точек плоским.

так, что пружинка не деформирована, а нить не натянута, но практически не провисает. Толчком придадим «подпружиненной» крайней тележке

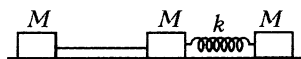


Рис. 25

скорость v_0 вдоль прямой, соединяющей тележки, в направлении от средней. При какой длине нити удар тележек, которые были связаны этой нитью, получится громче всего? Тележки все время двигаются вдоль прямой, пружинка при деформациях подчиняется закону Гука.

1662. В вертикальном теплоизолированном сосуде под тяжелым поршнем находится порция азота. На поршне сверху лежит грудa песка, система находится в равновесии, начальный объем газа V_1 , начальное давление p_1 . Начнем медленно, по одной песчинке, убирать песок и уменьшим давление до p_2 ; при этом объем газа увеличится до V_2 (конечно, можно было этот объем вычислить, но будем считать, что это уже сделали и нам сообщили результат). Теперь проведем эксперимент иначе — снимем всю порцию песка сразу. Какую кинетическую энергию имел бы в этом случае поршень в тот момент, когда объем газа составил бы V_2 ? Считайте газ достаточно разреженным.

1663. На закрепленную тонкостенную непроводящую сферу радиусом R нанесен распределенный равномерно по поверхности заряд Q . В стенке сделано маленькое круглое отверстие площадью S . В центре сферы вначале удерживают очень маленькое по размерам массивное тело, на которое помещен заряд q того же знака, что и заряд сферы. Тело отпускают, и оно начинает двигаться под действием только электростатических сил (сила тяжести отсутствует). Объясните, почему тело будет двигаться в сторону дырки. Найдите кинетическую энергию тела, когда оно окажется в центре дырки. Точно вычислить эту энергию трудно — постарайтесь найти не слишком грубое приближение.

1664. В цепи, изображенной на рисунке 26, все резисторы имеют одно и то же сопротивление. Во сколько раз изменится сопротивление цепи, измеряемое между точками A и B , если замкнуть проводником точки B и Γ ?

1665. К батареек напряжением 10 В подключена схема, содержащая очень большое число одинаковых ячеек. Каждая

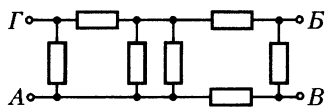


Рис. 26

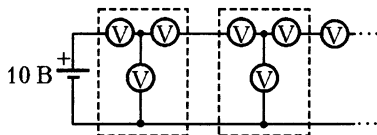


Рис. 27

ячейка состоит из трех одинаковых вольтметров, как показано на рисунке 27. Найдите показания вольтметров в первой ячейке. Что показывают вольтметры в ячейке номер пять?

1666. Конденсатор емкостью 1 мкФ заряжен до напряжения 4 В и подключен «минусом» к «плюсу» конденсатора емкостью

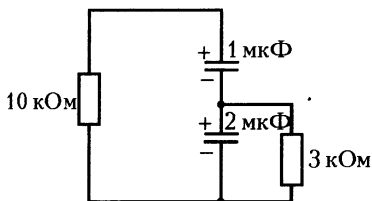


Рис. 28

2 мкФ , заряженного до напряжения 6 В (рис.28). Параллельно конденсатору большей емкости подключают резистор сопротивлением 3 кОм , а к свободным выводам конденсаторов одновременно подключают резистор сопротивлением 10 кОм . Какое количество теп-

лоты выделится в каждом из резисторов за большой интервал времени?

1667. К сети переменного напряжения частоты 50 Гц подключены последовательно конденсатор емкостью 10 мкФ и амперметр переменного тока. Последовательно с ними включают катушку. При какой индуктивности катушки показания амперметра увеличатся в два раза? При какой индуктивности показания уменьшатся в два раза? Как изменятся токи, если катушки с вычисленными вами параметрами подсоединять не последовательно, а параллельно конденсатору? Элементы цепи считать идеальными.

1668. Автомобиль выезжает из города A и приезжает, двигаясь без остановок по прямому шоссе, в город B . Оказалось, что в течение первой половины времени поездки его скорость была 40 км/ч , половину оставшегося пути он проехал со скоростью 60 км/ч , а остаток пути — со скоростью 80 км/ч . Найдите среднюю скорость автомобиля за все время путешествия.

1669. На горизонтальной поверхности покоится гладкий клин массой M с углом α при основании. Куб такой же массы лежит на столе, касаясь клина (рис.29). Коэффициент трения между кубом и столом равен μ . На клин ставят тележку массой m , которая может скользить по клину без трения, и отпускают. Какую скорость приобретет тележка, опустившись на высоту h (при этом она все еще находится на поверхности клина)?

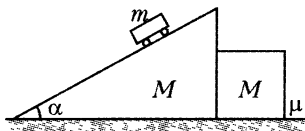


Рис. 29

1670. Комната площадью $S = 20 \text{ м}^2$ с высотой потолка $H = 3 \text{ м}$ заполнена воздухом при нормальных условиях. Оцените

число ударов молекул о потолок за время $\tau = 1$ ч. Куда чаще ударяют молекулы – в пол или в потолок комнаты? Оцените разность чисел ударов молекул о пол и о потолок за время τ . Считайте температуру воздуха в комнате повсюду одинаковой.

1671. Три параллельных тонких непроводящих стержня находятся в горизонтальной плоскости; расстояние между соседними стержнями d (рис.30). На стержни насажены тяжелые шайбы массой M каждая, заряженные одинаковыми зарядами Q . В начальный момент три из них неподвижны и находятся на прямой, перпендикулярной стержням, а четвертая движется издали по среднему стержню со скоростью v_0 . Найдите скорости шайб через большой промежуток времени. Трения нет.

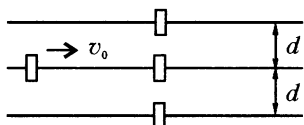


Рис. 30

1672. Тяжелый проводящий брусок массой $M = 1$ кг лежит на горизонтально расположенных рельсах перпендикулярно им (рис.31). Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна $B = 0,1$ Тл. Заряженный до напряжения $U = 100$ В конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ подключают к рельсам. Считая сопротивление цепи $R = 1$ кОм достаточно большим, определите установившуюся скорость движения бруска. Расстояние между рельсами $d = 1$ м. Брусок движется поступательно.

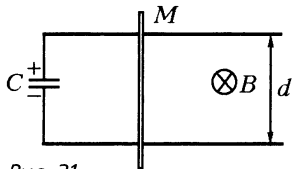


Рис. 31

1999 год

1673. На гладком клине с углом α при основании находится небольшое тело. С каким вертикальным ускорением нужно двигать клин, чтобы тело оставалось на одной и той же высоте?

1674. В системе, изображенной на рисунке 32, ускорения блоков направлены по вертикали, куски нитей также вертикальны. С какими силами приходится при этом действовать на блоки? Массы блоков и нитей пренебрежимо малы, нити нерастяжимы.

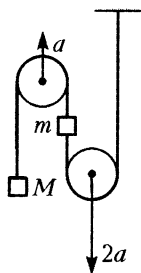


Рис. 32

1675. Для съемок очередного фильма Спилберга был изготовлен макет Земли – шар в натуральную величину и с той же массой (внутри большого очень легкого пластмассового шара находится тяжелый шар из очень плотного веще-

ства). В результате неточностей при сборке центр масс тяжелого шара оказался смещенным в плоскости экватора на расстояние $d = 100$ км от центра большого шара. Найдите минимальное время оборота спутника, который движется в экваториальной плоскости.

1676. При изучении падения тел в воздухе были получены любопытные результаты. Металлический шарик падал с установившейся скоростью 100 м/с, шарик вдвое большего диаметра из того же металла падал с установившейся скоростью 140 м/с. К маленькому шарiku прикрепили длинную нить, и с таким «хвостом» он падал с установившейся скоростью 15 м/с. Когда длину «хвоста» увеличили в два раза, скорость установившегося падения уменьшилась до 9 м/с. Попробуйте оценить скорость падения этого шарика при очень большой длине «хвоста». Считайте, что «хвост» при движении не извивается, а остается вертикальным.

1677. В жестком закрытом литровом сосуде находится 900 г воды; воздуха в сосуде нет. Температура внутри сосуда $+100^\circ\text{C}$. Содержимому сосуда сообщили 1000 Дж тепла. Оцените количество испарившейся при этом воды. Считайте, что при повышении температуры до $+101^\circ\text{C}$ давление насыщенных паров воды увеличивается от 1 атм до $1,04$ атм.

1678. К выводам источника подключают последовательно амперметр и вольтметр, который показывает при этом напряжение 6 В. Когда параллельно ему подключили еще один такой же вольтметр, они в сумме показали 10 В. Подключим параллельно еще очень много таких же вольтметров. Сколько они в сумме покажут? Во сколько раз при этом возрастут показания амперметра?

1679. В вашем распоряжении есть незаряженный конденсатор емкостью C , заряженный до напряжения U конденсатор емкостью $100C$, катушка индуктивности и полупроводниковый диод (никаких других элементов у вас нет). До какого максимального напряжения можно было бы зарядить конденсатор малой емкости, если бы все эти элементы были идеальными? Как для этого нужно было бы действовать? Можете ли вы придумать больше одного способа?

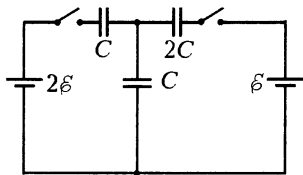


Рис. 33

1680. В схеме на рисунке 33 поочередно замыкают переключатели (перед замыканием одного из них другой размыкают). Найдите напряжение «среднего» конденсато-

ра после большого числа переключений. Элементы цепи считайте идеальными. Конденсаторы вначале не заряжены.

1681. На ферромагнитный кольцевой сердечник с очень большой магнитной проницаемостью намотаны сложенными вдвое проводами две совершенно одинаковые обмотки – катушки индуктивностью L каждая. Последовательно с одной из обмоток включаем конденсатор емкостью C , к получившейся последовательной цепочке подключаем параллельно вторую обмотку. При помощи генератора синусоидального напряжения и лампочки накаливания исследуем свойства получившейся схемы (рис.34). Как меняется накал лампочки при изменении частоты генератора? Что изменится, если поменять местами выводы одной из обмоток?

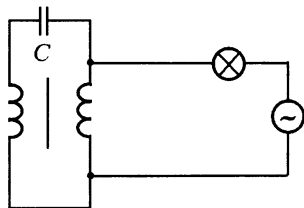


Рис. 34

1682. В половине шара радиусом R из прозрачного стекла с коэффициентом преломления $n = 2$ сделано симметричное сферическое углубление так, что толщина стекла на линии центров сфер составляет $R/2$ (рис.35). Точечный источник света помещен в точке A (в центре внешней сферической поверхности). Где его видит наблюдатель, глаз которого находится вдали на линии центров сферических поверхностей?

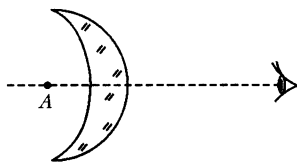


Рис. 35

1683. Мотор на берегу равномерно наматывает на вал веревку, с помощью которой подтягивается к берегу лодка. В данный момент веревка составляет угол α с горизонтом, а скорость лодки равна v . На веревке завязан небольшой узелок – в указанный момент он вдвое ближе к носу лодки, чем к валу, на который наматывается веревка. Найдите скорость и ускорение узелка в данный момент времени.

1684. Для снабжения небольшого дома горячей водой применено не самое удачное устройство. Оно состоит из очень большого бака с теплоизоляцией, от которого потребители получают маленькими порциями горячую воду, и автоматического устройства, которое сразу же пополняет бак крутым кипятком. Оказалось, что при стандартном количестве потребляемой воды температура воды в баке составляет $+60^\circ\text{C}$ при температуре окружающего воздуха $+20^\circ\text{C}$. Какая температура установится в баке при увеличении расхода воды вдвое? Теплоотдача в окружающую среду пропорциональна разности температур.

1685. Оцените, на какой высоте над Землей находится центр тяжести столба воздуха, нависающего над стадионом «Лужники». Когда он расположен выше – летом или зимой? При расчете можно считать, что температура воздуха на любой высоте равна температуре земной поверхности.

1686. Сто батареек с одинаковыми параметрами соединили последовательно, при этом двадцать из них оказались подключены с противоположной к остальным полярностью. Концы получившейся цепочки соединили, получив замкнутое кольцо. Параллельно одной из батареек подключили вольтметр (его сопротивление во много раз больше внутреннего сопротивления батарейки), и он показал напряжение 1,6 В. Что покажет вольтметр, если его подключить к какой-нибудь другой батарееке?

1687. Точечный источник света движется с постоянной скоростью v_0 по прямой, составляющей небольшой угол α с главной оптической осью собирающей линзы. Траектория источника пересекается с упомянутой осью на двойном фокусном расстоянии от линзы. Найдите минимальную скорость изображения в линзе относительно движущегося источника.

1688. Автомобиль на прямой передаче (на четвертой скорости коробки передач) может на прямом шоссе развивать скорость от 50 км/ч до 140 км/ч. При скорости 70 км/ч расход бензина составляет 7 л на 100 км пробега; КПД двигателя не зависит от скорости. Сопротивление движению пропорционально квадрату скорости автомобиля. Емкость бензобака автомобиля 40 л, других емкостей для топлива в автомобиле нет. Два водителя (чтобы можно было ехать без перерывов) должны перегнать автомобиль на расстояние 2000 км; заправочные станции по пути расположены на расстояниях 200 км или 300 км друг от друга; перегоны разной длины строго чередуются. За какое минимальное время водители смогут проделать весь путь? Какое минимальное количество бензина можно потратить, если ехать помедленнее? Езда на пониженной передаче приводит к увеличению расхода бензина.

1689. По гладкому горизонтальному столу свободно скользит прямая однородная палочка длиной L . В данный момент скорость одного из концов палочки равна v и составляет угол α с палочкой, а скорость другого конца по величине равна $2v$. Найдите скорость центра палочки и ускорения ее концов.

1690. Небольшое тело бросают параллельно поверхности Земли с высоты 1 км. Определите, где находится точка падения тела на Землю, если его скорость на 1% меньше первой космичес-

кой скорости. Можно считать Землю идеальным шаром, на котором нет атмосферы.

1691. Динамометр состоит из подставки и прикрепленной к ней однородной пружинки втрое меньшей массы. Один крючок динамометра соединен с подставкой, другой – со свободным концом пружинки. Два таких динамометра соединены «последовательно» – сцеплены двумя крючками, а внешние силы приложены к свободным крючкам. Приложим к этим крючкам противоположно направленные силы \vec{F} и \vec{f} – динамометры поедут по гладкой горизонтальной плоскости, вытянувшись вдоль линии действия сил. Считая, что пружинки не касаются витками оснований динамометров, определите показания приборов.

1692. Поверхность планеты, имеющей такие же размеры, массу и состав атмосферы, как Земля, была полностью покрыта океаном с одинаковыми повсюду глубиной 230 м и температурой $+10^\circ\text{C}$. В результате внутренних процессов температура поднялась повсюду до $+100^\circ\text{C}$, однако глубина океана осталась прежней. Считая, что размеры твердой части планеты совершенно не изменились при нагревании, определите средний коэффициент объемного расширения воды в указанном диапазоне температур.

1693. Лампочка для фонаря рассчитана на напряжение 2,5 В, ток при этом составляет 0,2 А. В нашем распоряжении имеются мощный источник напряжением 6 В и реостат на 10 Ом (у реостата сделаны выводы от краев обмотки и от движка, который может контактировать с любым витком, – такой прибор часто называют потенциометром). Как присоединить лампочку к источнику, чтобы она горела нормально? Где должен находиться движок реостата?

1694. В компьютерной модели атома водорода все размеры и заряды частиц увеличили в N раз. Считая, что плотность «вещества» частиц в модели сохранена, определите, во сколько раз изменится период обращения «электрона» вокруг «ядра». И еще: известно, что в атоме Резерфорда электрон излучает электромагнитные волны и, теряя энергию, должен упасть на ядро через малое время τ . Оцените время падения «электрона» на «ядро» в увеличенной модели.

1695. В схеме на рисунке 36 конденсаторы вначале не заряжены. Напряжение во внешней цепи непрерывно изменяют так, чтобы ток в этой цепи оставался равным

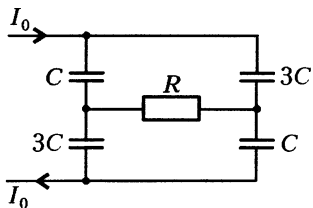


Рис. 36

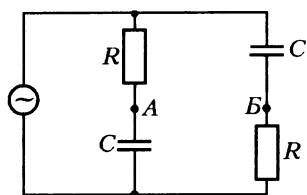


Рис. 37

I_0 . Какое количество теплоты выделяется в резисторе за время T ?

1696. Цепь из двух конденсаторов емкостью по 10 мкФ и двух резисторов сопротивлением по 1 кОм (рис.37) подсоединена к источнику переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Что покажет вольтметр, включенный между точками А и Б? А если вместо вольтметра подключить амперметр – какой ток он покажет? А если включить в цепь ваттметр, подсоединив высокоомную его обмотку (обмотку напряжения) непосредственно к источнику, а низкоомную (токовую) к точкам А и Б, – что он покажет?

1697. Каждый из двух одинаковых трансформаторов имеет две многовитковые обмотки, в одной из которых витков вдвое

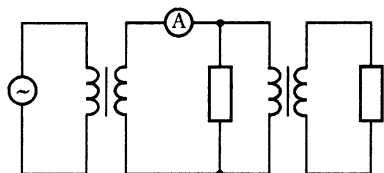


Рис. 38

больше, чем в другой. Трансформаторы соединены между собой так, как показано на рисунке 38 (никаких дополнительных подробностей нет!), и подключены к сети переменного напряжения 220 В. Что может показывать

в этой схеме амперметр? Сердечники трансформаторов сделаны из материала с очень большой магнитной проницаемостью, потерь энергии в трансформаторах нет. Сопротивления резисторов – по 1 кОм каждое.

1698. На рисунке 39 вы видите изображение идущих часов, полученное с помощью компьютерного сканера. Принцип его



Рис. 39

работы прост. Мощная лампа создает на сканируемом объекте узкую освещенную полосу, а отраженный свет попадает на набор фотодатчиков, которые расположены в виде линейки, параллельной этой полоске. И лампа, и линейка датчиков расположены на подвижной каретке. Каретка движется с постоянной скоростью, и датчики через равные интервалы времени передают в компьютер изображение. Таким образом, при перемещении каретки получается много «сре-

зов» объекта, из которых и состоит изображение. Пользуясь данным изображением, определите направление и скорость движения каретки сканера, если длина секундной стрелки (от оси до острия) составляет 15 мм.

1699. Очень легкая жесткая квадратная пластинка подвешена в горизонтальном положении на четырех одинаковых вертикальных нитях, прикрепленных к ее углам. Найдите ту область пластинки, куда можно положить точечный груз таким образом, чтобы все четыре нити в положении равновесия оказались натянутыми. Нити считать упругими, но очень слабо растяжимыми.

1700. Требуется перевести идеальный газ из состояния 1 с температурой T_1 в состояние 2 с температурой $T_2 > T_1$ таким образом, чтобы температура в течение всего обратимого процесса $1 \rightarrow 2$ не убывала, а тепло не отводилось от газа. Минимальное количество теплоты, которое передается газу в таком процессе, равно Q_1 . Какое максимальное количество теплоты можно сообщить газу при данных условиях проведения процесса?

1701. В настоящее время для проведения небольших сварочных работ иногда используют смесь водорода с кислородом, получаемую при электролизе воды. Оцените КПД устройства для электролиза воды, если напряжение между электродами одной его ячейки равно $U = 2$ В. Известно, что при сгорании $m = 2$ г водорода в кислороде выделяется $Q = 0,29$ МДж тепла.

1702. Параллельные рельсы длиной $2L$ закреплены на горизонтальной плоскости на расстоянии l друг от друга. К их концам подсоединены две одинаковые батареи с ЭДС \mathcal{E} (рис.40). На рельсах лежит перемычка массой m , которая может поступательно скользить вдоль них. Вся система помещена в однородное вертикальное магнитное поле с индукцией B . Считая, что сопротивление перемычки равно R ,

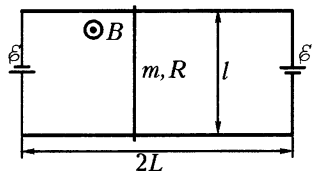


Рис. 40

а сопротивление единицы длины рельсов равно ρ , найдите период малых колебаний, возникающих при смещении перемычки от положения равновесия, пренебрегая затуханием, внутренним сопротивлением источников, сопротивлением контактов, а также индуктивностью цепи.

1703. В компьютерной игре все движется в одной плоскости. Меткий стрелок должен поразить двух злодеев одной пулей. Злодеи двигаются с одинаковыми постоянными скоростями v параллельно друг другу, находясь на расстоянии d один от

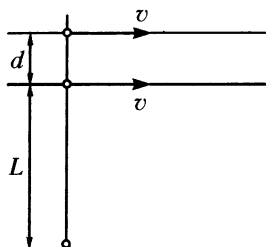


Рис. 41

другого, как показано на рисунке 41. Соединяющая их прямая перпендикулярна направлению скорости v . В данный момент стрелок находится на продолжении этой прямой – на расстоянии L от ближнего злодея. Пуля после выстрела летит по прямой со скоростью $3v$. Пронзая злодея, пуля не меняет ни направления движения, ни величины своей скорости. В какой момент нужно стрелять и под каким углом к направлению движения злодеев нужно выпустить пулю? На сколько дольше ближнего проживет дальний злодей?

1704. По прямому горизонтальному стержню может скользить без трения бусинка массой M (рис. 42). К бусинке привязана легкая нерастяжимая нитка длиной L . Нитку мы тянем за свободный конец так, что скорость этого конца все время направлена вдоль нити и равна по величине v_0 . С какой силой нужно тянуть в тот момент, когда нить направлена под углом α к стержню? Нить все время находится в горизонтальной плоскости.

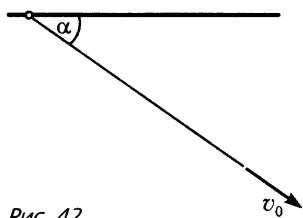


Рис. 42

1705. В показанной на рисунке 43 системе трение есть между большим телом и горизонтальной поверхностью стола, а также между большим телом и верхним грузом. Обозначим коэффициент трения наверху μ_1 , а внизу μ_2 . При каких значениях коэффициентов трения большое тело может оставаться неподвижным?

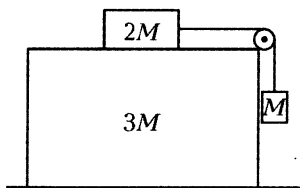


Рис. 43

1706. В тонкостенный стакан налили 200 г воды и при помощи опущенного в воду нагревателя постоянной мощности 50 Вт стараются вскипятить воду. Ничего не получается – вода никак не нагревается выше 60°C . Выключим нагреватель и накроем стакан листком бумаги – вода при этом остынет от 60°C до 59°C за 20 секунд. Если бы мы не накрывали стакан листком бумаги, а вместо этого поставили его на теплоизолирующую пробковую подставку, то вода в стакане остыла бы от 60°C до 59°C за 30 секунд. Повторим теперь нагревание, но стакан установим на подставку и накроем его

листом бумаги. Сколько времени займет в этом случае нагрев воды от 59°C до 60°C ?

1707. Вертикальный цилиндрический сосуд содержит две порции газа, отделенные друг от друга и от окружающего пространства двумя одинаковыми массивными поршнями массой M каждый (рис.44).

В верхней части сосуда находится кислород, в нижней – гелий. Вначале объемы порций одинаковы и расстояние между поршнями составляет H . Нижнюю часть газа медленно нагревают. Какое количество теплоты нужно сообщить гелию в нижней части сосуда, чтобы увеличить его объем в два раза? Каким станет расстояние между поршнями через большой интервал времени – когда температуры порций газа снова сравняются? Теплоемкостью стенок и поршней пренебречь. Снаружи воздух откачан, теплоотдача в окружающее пространство пренебрежимо мала. Теплопроводность поршня, разделяющего порции газа, достаточно мала – за время нагрева тепло в верхнюю полость практически не поступает.

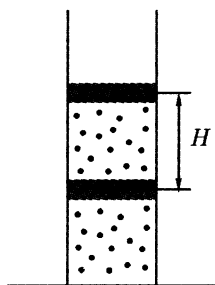


Рис. 44

1708. Плоский конденсатор емкостью C составлен из двух больших проводящих пластин, каждая из которых сделана двухслойной – из соединенных друг с другом листов тонкой фольги. Пластины несут одноименные заряды Q и $2Q$. Наружный слой фольги пластины с большим зарядом аккуратно отсоединяют, относят в сторону параллельно другим пластинам и приносят на другое место – третьим слоем снаружи к пластине с зарядом Q . При этом не допускают электрического контакта с этой пластиной – оставляют очень узкий зазор. Какую работу необходимо при этом совершить? Все действия мы производим издали, стараясь не влиять на распределение зарядов пластин.

1709. Два одинаковых вольтметра соединены последовательно и подключены к батарее (рис.45). Параллельно одному из вольтметров подключен резистор, при этом показания вольтметров составляют $1,4\text{ В}$ и $3,1\text{ В}$. Отключим теперь один из вольтметров. Что будет показывать оставшийся прибор? Напряжение батарейки можно считать неизменным.

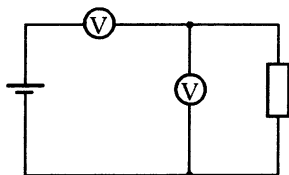


Рис. 45

1710. В приведенной на рисунке 46 схеме использованы одинаковые вольтметры. Сопротивления двух

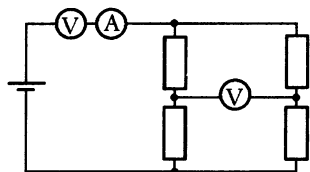


Рис. 46

резисторов одинаковы и равны каждый по R , двух других — по $3R$. Показания приборов составляют 2 мА, 3 В и 0,5 В. Найдите по этим данным величину R .

1711. Резистор сопротивлением 100 Ом подключен к сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц последовательно с диодом (идеальный диод имеет нулевое сопротивление при пропускании через него тока одной полярности и бесконечное сопротивление при попытке пропустить ток другой полярности). Найдите среднюю мощность, выделяющуюся в резисторе в виде тепла. Во сколько раз изменится эта мощность при подключении параллельно резистору конденсатора емкостью 1 мкФ? А при подключении конденсатора емкостью 1000 мкФ?

1712. Плосковыпуклая линза сделана из стекла с коэффициентом преломления $n = 1,5$ и имеет диаметр $D = 5$ см. Радиус выпуклой сферической поверхности $R = 5$ см. На плоскую поверхность линзы вдоль ее главной оптической оси падает широкий параллельный пучок лучей. Определите размер пятна на экране, расположенном за линзой перпендикулярно падающему пучку. Положение экрана было выбрано по минимальному размеру светлого пятна при узком (ограниченном диафрагмой) пучке лучей вдоль главной оптической оси.

1713. Система состоит из большого тела массой M , к которому прикреплены два блока, и двух одинаковых гладких тел массой $M/5$ каждое (рис.47). Каким должен быть коэффициент трения между большим телом и поверхностью стола, чтобы это тело могло оставаться неподвижным при любых значениях направленной вертикально вниз силы F ? Нити считать легкими и нерастяжимыми, трение учитывать только между поверх-

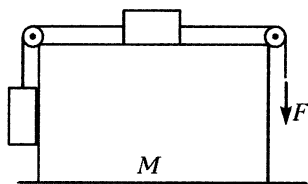


Рис. 47

ностью стола и большим телом. Считайте, что за время решения этой задачи тела не успеют удариться о блоки.

1714. Внутри большого теплоизолированного сосуда находится 32 г кислорода, температура сосуда и кислорода 300К, манометр показывает давление 1 атм. Еще внутри сосуда находится очень легкая капсула, содержащая 1 г гелия при температуре 500 К. Капсула лопается, и гелий выходит из нее в

сосуд. Как будут меняться со временем показания манометра? Теплоемкость большого сосуда составляет 1000 Дж/К .

1715. Собрана схема из трех одинаковых батареек по 9 В и четырех одинаковых вольтметров (рис.48). Найдите показания приборов.

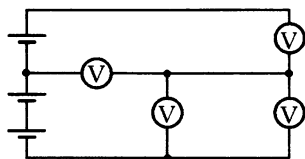


Рис. 48

1716. Две одинаковые катушки индуктивности расположены недалеко друг от друга. Одна из них подключена к источнику синусоидального переменного напряжения последовательно с амперметром, к концам другой катушки подключен второй амперметр. Амперметры показывают 1 А и $0,2 \text{ А}$ (угадайте сами, какой из них показывает 1 А , а какой – $0,2 \text{ А}$). Один из амперметров отключают (при отключении амперметра цепь разрывается). Что покажет после этого оставшийся амперметр? Катушки, приборы и источники можно считать идеальными. Сопротивление проводов пренебрежимо мало.

1717. На расстоянии $d = 0,6 \text{ см}$ от центра стеклянного шара радиусом $R = 1 \text{ см}$ находится точечный источник света. При каких значениях коэффициента преломления стекла n весь испускаемый источником световой поток выйдет наружу? Оцените долю вышедшего наружу потока при $n_1 = 1,6$. Снаружи – вакуум; источник излучает во все стороны равномерно.

2000 год

1718. Заяц бежит по прямой с постоянной скоростью 5 м/с . В некоторый момент его замечает лиса и начинает погоню. Скорость лисы постоянна по величине и равна 4 м/с , а движется она тоже не самым лучшим образом – скорость ее в каждый момент направлена точно в ту точку, где находится заяц. Вначале расстояние между ними уменьшается, затем начинает возрастать. Минимальное расстояние составляет 30 м . Какое ускорение было у лисы в тот момент, когда расстояние стало минимальным?

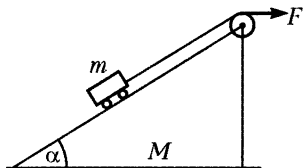


Рис. 49

1719. В системе, показанной на рисунке 49, силы трения отсутствуют. При каком значении силы F клин и тележка могут двигаться вместе без проскальзывания? Угол при основании клина равен α .

1720. Кусок мела лежит на горизонтальной доске с коэффициентом трения μ . Доску резко начинают двигать в горизон-

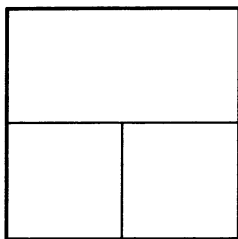


Рис. 50

тальном направлении со скоростью v_0 , а через время τ резко останавливают. Найдите длину меловой черты на доске.

1721. В высокий вертикальный сосуд квадратного сечения, разделенный вертикальными перегородками на три части (рис.50), налили до одной и той же высоты горячий суп с температурой $+65^\circ\text{C}$ – в бо́льшее отделение, теплый компот при $+35^\circ\text{C}$ и холодный квас при $+20^\circ\text{C}$.

Наружные стенки сосуда очень хорошо теплоизолированы, внутренние перегородки имеют одинаковую толщину и сделаны из одного материала, не очень хорошо проводящего тепло. Через некоторое время суп остыл на 1 градус. Считая, что все эти жидкости – практически одна вода, определите, на сколько изменились за это время температуры остальных двух жидкостей. Кваса в сосуде столько же, сколько компота, супа – вдвое больше.

1722. В закрытом сосуде кроме воздуха содержится некоторое количество воды. Температура внутри сосуда поддерживается равной $+100^\circ\text{C}$. Начальный объем сосуда 10 л, жидкость при этом занимает очень небольшую часть объема сосуда, а давление составляет ровно 2 атм. При увеличении объема сосуда до 20 л давление в нем упало до 1,4 атм. Считая эти значения точными, найдите массу воздуха в сосуде. А сколько молекул воды содержится в сосуде?

1723. Высокий вертикальный сосуд содержит небольшое количество гелия под поршнем массой M , на который поставлена гиря массой $49M$. В состоянии равновесия поршень «висит» над дном сосуда на высоте h . Гирю снимают с поршня, и он начинает движение вверх. Оцените максимальную высоту подъема поршня. На какой высоте над дном сосуда поршень в конце концов остановится? Считайте при расчете, что трения в системе нет, стенки и поршень совершенно не проводят тепло, а теплоемкость стенок и поршня сосуда очень мала.

1724. Конденсаторы, емкости которых C , $2C$ и $3C$, соединены друг с другом, как показано на рисунке 51. Конденсатор емкостью $2C$ заряжен до напряжения U_0 , остальные два не заряжены. К свободным выводам конденсаторов одновременно подключают резисторы сопротивле-

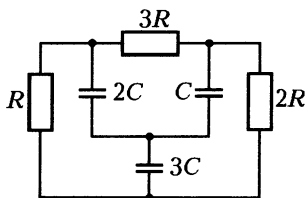


Рис. 51

ниями R , $2R$ и $3R$. Какое количество теплоты выделится за большое время на каждом из этих резисторов?

1725. Катушка индуктивности содержит много витков и намотана из проволоки с высоким удельным сопротивлением. Выводы катушки замкнуты между собой, около катушки расположен сильный постоянный магнит. Магнит очень быстро убирают, при этом в цепи появляется ток. За первые 100 мс выделяется 0,01 Дж тепла, за следующие 100 мс – еще 0,006 Дж. Какое общее количество теплоты выделится в цепи за большое время?

1726. Цепочку из трех одинаковых резисторов сопротивлением R каждый и двух идеальных диодов подключили к источнику переменного напряжения с амплитудой U_0 (рис.52). Найдите среднюю тепловую мощность, выделяющуюся на каждом из резисторов.

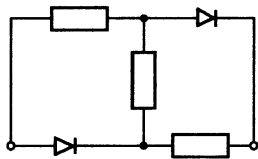


Рис. 52

1727. В большом спортивном зале стены, пол и потолок оклеены звукопоглощающими (полностью поглощающими звук) покрытиями. На высоте $h = 5$ см от пола находится мощный точечный источник звука частоты $f = 2000$ Гц, излучающий звуковые волны равномерно во все стороны. Микрофон малых размеров находится на высоте $H = 3$ м от пола на расстоянии $L = 4$ м по горизонтали от источника. Подключенный к микрофону чувствительный вольтметр показывает амплитуду переменного напряжения $U = 0,01$ В. Как изменятся показания этого вольтметра, если удалить звукопоглощающее покрытие на полу под микрофоном? Считайте, что от пола звуковые волны отражаются без потерь энергии. Какими будут показания вольтметра в том случае, когда покрытие на полу будет восстановлено, но оно окажется очень тонким, качеством похуже и будет поглощать только половину падающей энергии волны, а ослабленная волна будет отражаться от пола зеркально?

1728. Источник света движется равномерно вдоль прямой со скоростью $v = 0,2c$, где c – скорость света. На расстоянии d от этой прямой находится наблюдатель. Запаздывание пришедшего к наблюдателю света приводит к тому, что движение источника кажется ему неравномерным. Каким будет максимальное наблюдаемое ускорение источника света?

1729. На гладком горизонтальном столе происходит лобовой удар двух одинаковых тел – одно из них вначале покоится, другое налетает на него со скоростью v_0 . Куда и с какой скоростью будет двигаться после удара налетевшее тело, если

при ударе в тепло переходит 1% от максимальной энергии деформации тел?

1730. В вертикальном цилиндрическом сосуде площадью $S = 1 \text{ м}^2$ под поршнем, находящимся на высоте $h = 1 \text{ м}$, содержится $N = 100$ одинаковых шариков диаметром $d = 0,1 \text{ мм}$. Шарики хаотически двигаются, средняя квадратичная скорость шарика $v_0 = 100 \text{ м/с}$. Поршень начинают двигать со скоростью $u = 1 \text{ м/с}$ и останавливают на высоте $2h$. Во сколько раз изменится при этом средняя энергия шариков? Потерь механической энергии при соударениях нет, сила тяжести отсутствует.

1731. Два одинаковых конденсатора емкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ каждый вначале заряжены до напряжения $U_0 = 10 \text{ В}$ и соединены параллельно при помощи длинных проводов общим сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$. Резистор сопротивлением $R = 10 \text{ кОм}$ подключают непосредственно к выводам одного из конденсаторов. Какое количество теплоты выделится в проводах за большое время?

1732. К источнику переменного напряжения, частоту которого можно изменять в широких пределах, подключена цепь из двух одинаковых катушек индуктивностью L , двух конденсаторов емкостью C и амперметра переменного тока с очень малым сопротивлением (рис.53). Амплитуда напряжения источника U_0 . На какой частоте ток через амперметр будет минимальным? Чему равна амплитуда этого тока? Элементы цепи считайте идеальными.

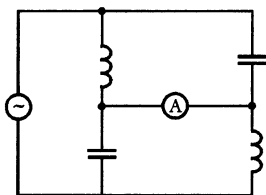


Рис. 53

1733. Корабль злобных пришельцев из космоса представляет собой цилиндр высотой 100 м и диаметром 20 м , стоящий вертикально на плоской поверхности. Единственной уязвимой точкой корабля является маленький люк, находящийся в центре верхнего круга, да и то только в том случае, если попавший в него снаряд имеет скорость не меньше 20 м/с и прилетает под углом к вертикали не более 45° (данные получены из источников, заслуживающих полного доверия). В нашем распоряжении имеется маленькая пушка, находящаяся на уровне земли. При какой минимальной скорости вылета снаряда из ствола пушки мы сможем поразить корабль? Стрелять можно под любым углом и из любой точки поверхности Земли.

1734. Через неподвижный блок переброшена легкая нерастяжимая нить, к концам нити прикреплены два одинаковых груза массой M каждый. К боковой поверхности одного из грузов прицепился таракан массой m . Вначале грузы удерживали,

причем тяжелый груз находился на H выше легкого. Грузы отпустили. В тот момент когда они поравнялись, таракан прыгнул перпендикулярно боковой поверхности своего груза и уцепился за двигавшийся вверх второй груз. Через какое время грузы снова поравняются? На какую максимальную высоту поднимется груз с тараканом?

1735. В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде диаметром D , заполненном водой плотностью ρ , находится толстый тяжелый поршень массой M (рис.54), плотно прилегающий к боковым стенкам (вода через просвет между поршнем и стенками не протекает). По оси поршня сделано отверстие малого диаметра d ($d \ll D$), через которое вода может перетекать из одной части сосуда в другую. Поршень отпускают, и через некоторое время его движение становится равномерным. Найдите скорость установившегося движения поршня. Вязкость жидкости невелика. Толщина поршня h .

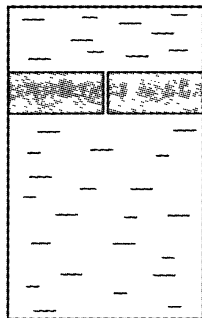


Рис. 54

1736. Две тележки, массы которых M и $3M$, соединены легкой пружинкой жесткостью k . Они находятся на гладком горизонтальном столе. Толкнем легкую тележку в направлении более тяжелой, вдоль соединяющей их пружинки, сообщив ей скорость v_0 . Через какое время скорость легкой тележки снова станет равной начальному значению? Найдите ее смещение за этот интервал времени.

1737. На диаграмме $V-T$ процесс, который проводят с молем разреженного гелия, представляет отрезок прямой $V = V_0 + aT$, причем температура газа в процессе увеличивается от T_0 до $3T_0$ (постоянные V_0 , T_0 и a считаются известными). Найдите максимальную и минимальную теплоемкости газа в этом процессе.

1738. Большой уединенный проводник при помощи резистора сопротивлением R все время поочередно подключают на время τ_1 к проводнику, потенциал которого поддерживается равным ϕ_1 , и на время τ_2 — к другому проводнику, потенциал которого поддерживается равным ϕ_2 . Считая τ_1 и τ_2 малыми, определите тепловую мощность, рассеиваемую в резисторе.

1739. В схеме, изображенной на рисунке 55, все три батарейки одина-

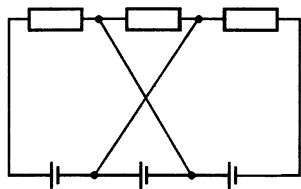


Рис. 55

ковые, напряжение каждой составляет 3 В, два резистора имеют сопротивления по 100 Ом, сопротивление третьего 200 Ом. Какими могут быть токи через каждую из батареек? Провода в точке пересечения не соединены.

1740. Электромагнит представляет собой катушку, намотанную на цилиндрический сердечник. На оси электромагнита найдем точку, в которой магнитная индукция равна 10^{-3} Тл (это намного меньше поля у торца сердечника), принесем в эту точку небольшой сверхпроводящий круговой виток и расположим его перпендикулярно оси магнита так, чтобы ось проходила через центр витка. При этом в витке возникнет ток 10 А. Отодвинем виток параллельно вдоль оси на 1 см – ток витка уменьшится на 1%. С какой силой магнит действовал на виток в первой точке? Диаметр витка 3 см. Вначале, на большом расстоянии от электромагнита, тока в витке не было.

1741. К источнику переменного напряжения подключены последовательно резистор сопротивлением 200 Ом и катушка индуктивностью 2 Гн, а параллельно этой цепочке включен конденсатор емкостью 10 мкФ. Ток через резистор и катушку имеет амплитуду 0,2 А, ток через конденсатор имеет амплитуду 0,3 А. Найдите по этим данным частоту переменного тока, амплитуду тока, протекающего через источник, и сдвиг фаз между напряжением источника и током через него.

1742. Резистор сопротивлением 200 Ом подключен к сети 220 В, 50 Гц необычным образом – через трансформатор с одинаковыми обмотками (рис.56). Индуктивность каждой обмотки составляет 5 Гн. Найдите ток через резистор и сдвиг фаз между этим током и напряжением сети. Сопротивлением проводов и обмоток трансформатора пренебречь, рассеяние магнитного потока считать малым.

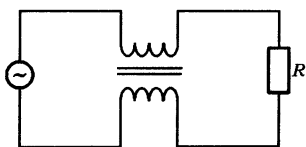


Рис. 56

1743. На листе бумаги с уменьшением в 10 раз нарисовали траекторию камня, брошенного под углом 45° к поверхности земли со скоростью 20 м/с. По нарисованной кривой ползет с неизменной по величине скоростью 0,02 м/с маленький жучок. Чему равно ускорение жучка в точке, соответствующей вершине траектории камня?

1744. В глубинах космоса летает очень большой сосуд, в котором хаотически движутся маленькие стальные шарики, половина которых имеет диаметр d , а половина – диаметр $2d$. Шарики упруго сталкиваются между собой и со стенками сосуда,

потерь энергии при этом нет. Какие удары происходят чаще — маленьких шариков о маленькие или больших шариков о большие? Во сколько раз?

1745. В очень большом сосуде находится гелий при температуре $T_0 = 1000$ К и давлении $p_0 = 0,1$ Па. Откачанный до глубокого вакуума сосуд объемом $V = 1$ л находится внутри большого сосуда. В стенке маленького сосуда открывается клапан площадью $S = 1$ мм², а через время $\tau = 0,01$ с он закрывается. Оцените давление и температуру внутри маленького сосуда после того, как в нем все успокоится. Стенки маленького сосуда очень тонкие, но их теплопроводность совсем мала.

1746. К батарее напряжением $U = 1,5$ В подключена очень длинная цепь из множества одинаковых амперметров и такого же количества одинаковых вольтметров (рис.57). Каждый из амперметров имеет сопротивление $r = 1$ Ом, сопротивление каждого вольтметра $R = 10$ кОм. Что показывают первый и второй амперметры? Найдите сумму показаний всех амперметров и сумму показаний всех вольтметров в этой цепи.

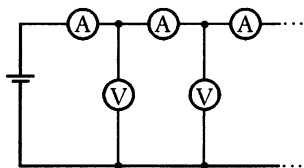


Рис. 57

1747. Катушка индуктивности подключена параллельно конденсатору, и они присоединены к источнику переменного напряжения. Измеренный в цепи источника ток равен $I_1 = 1$ А, ток через конденсатор при этом составляет $I_2 = 0,8$ А. Во сколько раз нужно изменить частоту источника, чтобы наступил резонанс?

1748. На краю гладкого горизонтального стола удерживают куб массой $M = 2$ кг (рис.58). Через небольшой гладкий выступ на ребре куба переброшена длинная легкая нерастяжимая нить, к свободному концу которой привязан груз массой $M/2$. Куб отпускают. Найдите его смещение за интервал времени $\tau = 0,2$ с. Длина свисающего участка нити $L = 2$ м. Привязанный к стене кусок нити практически горизонтален.

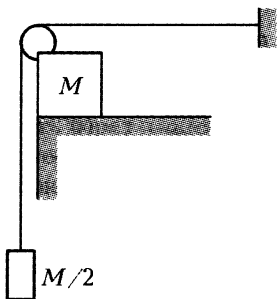


Рис. 58

1749. На гладком столе покоится гантелька длиной L , состоящая из невесомого жесткого стержня и маленьких одинаковых шариков массой M каждый, закрепленных на концах стержня

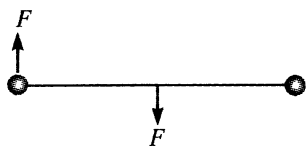


Рис. 59

(рис.59). В некоторый момент на гантельку начинают действовать две горизонтальные противоположно направленные силы величиной F , перпендикулярные стержню. Одна из них приложена к центру стержня, другая – к одному из шариков

(силы все время остаются перпендикулярными к стержню и приложенными в упомянутых точках). Как будет двигаться стержень? За какое время стержень повернется на угол 360° ? Чему будет равна сила натяжения стержня в этот момент?

1750. В центре днища прямоугольной баржи длиной $a = 80$ м, шириной $b = 10$ м и высотой $c = 5$ м образовалось отверстие диаметром $d = 1$ см. Оцените время, за которое баржа затонет, если не откачивать воду. Баржа открыта сверху, груза на ней нет, начальная высота бортов над уровнем воды $h = 3,75$ м.

1751. На горизонтальном столе лежит однородное кольцо массой M с насаженной на него маленькой бусинкой массой m . В начальный момент времени бусинка имеет скорость v , а кольцо покоится. Определите минимальное значение кинетической энергии бусинки в процессе дальнейшего движения. Трения нет.

1752. Газ с молярной массой $M = 60$ г/моль находится в герметичном сосуде с жесткими стенками и поддерживается при постоянной температуре $T = 0^\circ\text{C}$. Площадь поперечного сечения молекул, которые можно рассматривать как твердые шарики, равна $S = 10^{-19}$ м². Давление газа в начале эксперимента $p_0 = 100$ Па. При освещении газа ультрафиолетовым светом молекулы, поглотившие квант света, переходят в возбужденное состояние. Среднее время жизни молекулы в возбужденном состоянии $\tau = 10^{-3}$ с. При столкновении двух возбужденных молекул в газе происходит химическая реакция, в результате которой образуется одна новая молекула. Известно, что за 1 секунду в каждом кубическом сантиметре газа возбуждается $N = 10^{12}$ молекул. Оцените, за какое время давление в сосуде уменьшится на $\epsilon = 1\%$ от первоначального.

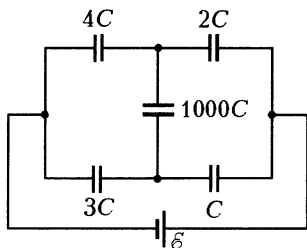


Рис. 60

1753. Оцените установившийся заряд на конденсаторе емкостью 1000C в схеме, изображенной на рисунке 60.

1754. Резисторы сопротивлениями $R, 2R, 3R, \dots, 100R$ соединены последовательно. Концы этой цепи

замыкают, после чего к точке их соединения подключают один из проводов, идущих от батарейки с ЭДС \mathcal{E} и нулевым внутренним сопротивлением. Между какими резисторами сопротивлениями nR и $(n+1)R$ нужно подключить второй провод, идущий от батарейки, чтобы ток через батарейку был наименьшим?

1755. Катушка индуктивностью L подключена параллельно конденсатору емкостью C , а последовательно с получившимся колебательным контуром включен еще один конденсатор емкостью C . К выводам цепочки присоединяют батарейку напряжением U_0 . Найдите максимальную величину заряда каждого из конденсаторов и максимальный ток через катушку. Какое количество теплоты выделится в системе за большое время? Сопротивление соединительных проводов невелико, элементы цепи считать идеальными.

1756. Двухпроводный кабель в пластмассовой изоляции имеет емкость 25 пФ на метр длины и индуктивность 1 мкГн на метр длины (учитываются оба провода). С какой скоростью распространяется в этом кабеле низкочастотная электромагнитная волна? Какой резистор нужно включить на конце этого кабеля, чтобы не было отражений сигнала?

1757. Стеклянная пластинка имеет в сечении форму равнобокой трапеции (рис.61). Основание трапеции D , высота L ($D \ll L$), а угол между боковыми сторонами $\varphi \ll 1$. Боковые поверхности пластинки посеребрены, показатель преломления стекла n . При каких углах падения α луч света, падающий на основание, будет проходить через пластинку?

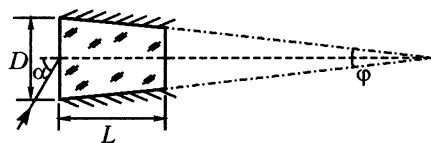


Рис. 61

1758. Кот Леопольд стоял у края крыши сарая. Два злобных мышонка выстрелили в него из рогатки. Однако камень, описав дугу, через $t_1 = 1,2$ с упруго отразился от наклонного ската крыши сарая у самых лап кота и через $t_2 = 1,0$ с попал в лапу стрелявшего мышонка (рис.62). На каком расстоянии s от мышей находился кот Леопольд?

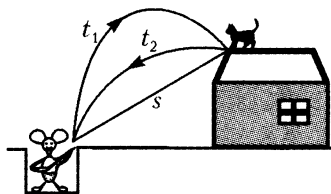


Рис. 62

1759. Длинный товарный поезд трогается с места. Вагоны соединены друг с другом с помощью абсолютно неупругих сцепок. Первоначально зазор в каждой сцепке равен L (рис.63). Масса

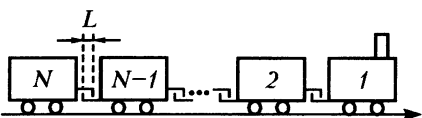


Рис. 63

локомотива m , а его порядковый номер первый. Все вагоны загружены, и масса каждого из них тоже равна m .

1) Считая силу тяги локомотива постоянной и равной F , найдите время, за которое в движение будет вовлечено N вагонов.

2) Полагая, что состав очень длинный ($N \rightarrow \infty$), определите предельную скорость v_∞ локомотива.

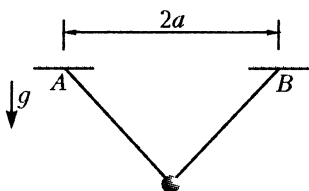


Рис. 64

1760. К двум точкам A и B , находящимся на одной горизонтали, между которыми расстояние $2a$, прикреплена тонкая легкая нерастяжимая нить длиной $2l$ (рис.64). По нити без трения скользит маленькая тяжелая бусинка. Ускорение свободного падения равно g .

1) Найдите частоту малых колебаний бусинки ω_\perp в плоскости, перпендикулярной отрезку, соединяющему точки крепления нити.

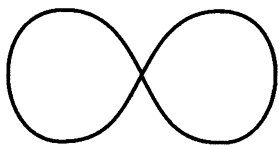


Рис. 65

2) Найдите частоту малых колебаний бусинки ω_\parallel в вертикальной плоскости, проходящей через точки крепления нити.

3) При каком отношении l/a траектория движения бусинки в проекции на горизонтальную плоскость может иметь вид, представленный на рисунке 65?

Примечание: при решении задачи вам может оказаться полезной формула $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \dots$ при $x \ll 1$.

1761. Высокий вертикальный сосуд с площадью дна 10 см^2 и высотой 1 м содержит под поршнем массой 2 кг сухой воздух и три одинаковые маленькие ампулы с водой. Температура воздуха снаружи $+100^\circ \text{C}$, атмосферное давление нормальное.

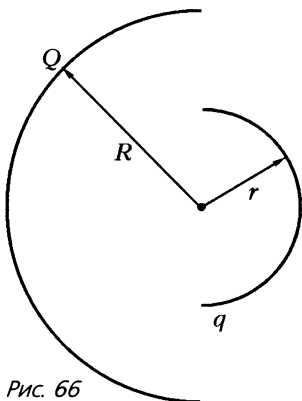


Рис. 66

Вначале поршень висит на высоте 20 см над дном сосуда, а после того как одна из ампул лопнула, он поднялся и окончательно остановился на высоте 40 см. Сколько воды было в ампуле? Выскочит ли поршень из сосуда, если лопнут остальные две ампулы?

1762. Найдите силу взаимодействия двух непроводящих полусфер радиусами R и r с зарядами Q и q соответственно, распределенными равномерно по поверхностям полусфер (рис.66). Центры и плоскости максимальных сечений полусфер совпадают.

2001 год

1763. При компьютерном моделировании создан мир, в котором скорость звука $c_1 = 3$ м/с, а скорость света $c_2 = 8$ м/с. Маленький автомобиль едет со скоростью $v_0 = 5$ м/с вдоль прямой, наблюдатель находится на расстоянии $L = 20$ м от этой прямой. В каком месте он видит автомобиль в тот момент, когда звук мотора слышен из ближайшей к наблюдателю точки прямой? (Считайте, что наблюдатель способен верно определить направление на источник приходящего звука.)

1764. Найдите ускорение тележки, на которой находятся два груза (рис.67). Стол гладкий, коэффициент трения между тележкой и грузами равен μ .

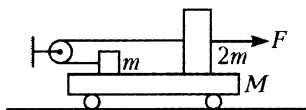


Рис. 67

1765. Пучок протонов направляется в камеру Вильсона. На одной из фотографий (цепочек капелек пара) зафиксирована картинка, на которой три отрезка прямых выходят из одной точки, отрезки составляют между собой углы 90° , 120° и 150° . Картинка соответствует акту упругого столкновения протона с одним из неподвижных ядер. Установите по фотографии, что это может быть за ядро.

1766. Из четырех одинаковых гладких легких стержней длиной L каждый, скрепленных концами шарнирно, сделан ромб (рис.68). Один из шарниров (верхний) закреплен, однородный цилиндр, помещенный внутри ромба, находится в равновесии, верхние два стержня составляют при этом угол 2α . Найдите по этим данным диаметр цилиндра.

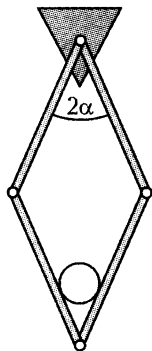


Рис. 68

1767. Два одинаковых кубика с помощью шар-

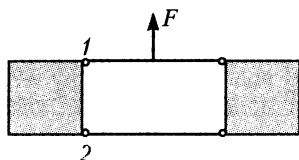


Рис. 69

ниров соединены двумя невесомыми и абсолютно твердыми стержнями (рис.69). К середине одного из стержней перпендикулярно ему приложена сила F . С какими силами действуют стержни на кубик в местах прикрепления шарниров 1 и 2? Тот же вопрос для случая, когда стержни имеют такую же массу, как и кубики.

1768. Длинный стержень с площадью поперечного сечения $S = 1 \text{ мм}^2$ сделан из материала с модулем Юнга $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$. На один из торцов начинает действовать вдоль стержня сила $F = 1 \text{ Н}$, равномерно распределенная по площади торца. Найдите смещение этого торца за время $t = 0,1 \text{ с}$ (считайте, что упругая волна за это время не достигла другого конца стержня). Скорость звука в стержне $v_{\text{зв}} = 5000 \text{ м/с}$.

1769. В сосуде находится воздух и некоторое количество воды при температуре $+100^\circ \text{C}$. Объем сосуда медленно увеличивают при неизменной температуре и измеряют давление внутри с точностью примерно 0,5%. Результаты измерений приведены в таблице:

объем, см^3	20	25	30	35	40	45
давление, кПа	140	132	126,5	108,5	95	84,5

Какое количество воды сконденсируется, если, не изменяя окончательного объема сосуда, понизить температуру до $+20^\circ \text{C}$?

1770. Собрана схема, состоящая из идеальной батарейки напряжением 3,3 В, двух одинаковых амперметров, двух одинаковых вольтметров и «черного ящика» с четырьмя выводами (рис.70). Показания амперметров 10 мА и 12 мА, показания вольтметров 3,6 В и 3 В. Нарисуйте возможную схему, находящуюся внутри «черного ящика» (попытайтесь придумать попроще!).

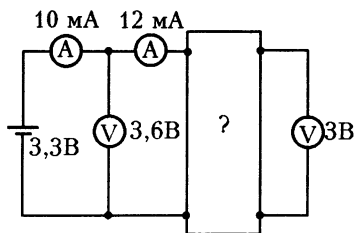


Рис. 70

1771. К источнику переменного напряжения подключены катушка, резистор и конденсатор, в цепь включены три амперметра переменного тока, показания которых 1 А, 0,7 А и 0,5 А (рис.71). Как изменятся показания

приборов после отключения резистора? Элементы цепи считать идеальными.

1772. Точечный источник света освещает экран. Вплотную к источнику подносят прозрачную полусферу из стекла с показателем преломления $n = 1,6$, плоская часть которой параллельна плоскости экрана, при этом источник «падает» в центр круга. Во сколько раз нужно изменить излучаемую мощность источника, чтобы освещенность в центре экрана осталась такой же, как и без полусферы?

1773. На тонкий горизонтальный стержень насажена цилиндрическая шайба диаметром D и толщиной l , дырка по оси шайбы имеет диаметр чуть больше, чем диаметр стержня (рис.72). К краю шайбы приложена сила F , параллельная стержню. При каком коэффициенте трения шайбы о стержень движение шайбы будет равномерным? Сила тяжести отсутствует!

1774. Легкий жесткий стержень подвешен горизонтально за концы при помощи двух легких нитей, вытянутых по вертикали (рис.73). На стержень насажены два груза массами M и $2M$, расположенных симметрично на равных расстояниях друг от друга и от концов стержня. Нить со стороны тяжелого груза пережигают. Во сколько раз изменится сила натяжения оставшейся нити сразу после этого? Считайте, что за интересующий нас короткий временной интервал стержень не успевает заметно сдвинуться.

1775. Тонкостенный горизонтальный цилиндрический медный сосуд разделен пополам массивным нетеплопроводящим поршнем (рис.74). С одной стороны от поршня находится разреженный кислород, с другой – гелий. Если сместить поршень немного из положения равновесия и отпустить, он будет совершать колебания. Во сколько раз может измениться период этих колебаний, если теплоизолировать

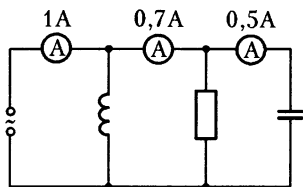


Рис. 71

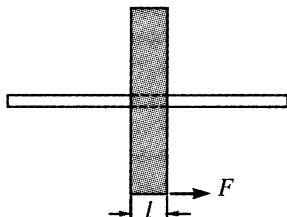


Рис. 72

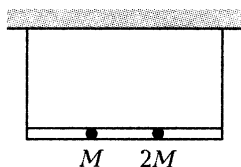


Рис. 73

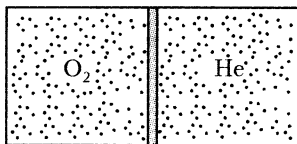


Рис. 74

сосуд от окружающей среды? Сосуд закреплен и двигаться не может.

1776. Маленький проводящий незаряженный шарик находится на большом расстоянии от точечного заряда Q . Во сколько раз изменится сила, действующая на шарик со стороны заряда, если расстояние между ними увеличить в два раза? Во сколько раз нужно будет увеличить диаметр шарика, чтобы вернуть силу взаимодействия к прежнему значению?

Подсказка: помещенный в однородное (или почти однородное) поле проводящий незаряженный шарик похож на маленький диполь (маленький – по сравнению с диаметром шарика).

1777. Из двух конденсаторов с емкостями C и $2C$ и двух одинаковых катушек с индуктивностью L собрана схема, показанная на рисунке 75. Конденсатор емкостью C вначале заряжен

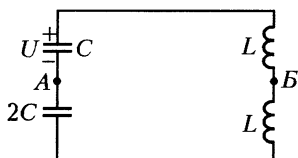


Рис. 75

до напряжения U . Дождемся момента, когда этот конденсатор окажется полностью разряженным, и соединим точки A и B проводящей перемычкой. Найдите максимальный ток через перемычку. Элементы цепи можно считать идеальными.

1778. Человек, стоящий на большом расстоянии h от длинной ровной стены, освещает ее лучом фонарика, вращая фонарик в горизонтальной плоскости с постоянной угловой скоростью ω . Как зависит от времени скорость светового пятна, бегущего по стене, с точки зрения этого человека? Нарисуйте график этой зависимости.

1779. Две вертикальные параллельные пластины – одна совершенно гладкая, другая очень шероховатая – расположены на расстоянии D друг от друга (рис. 76). Между ними помещена

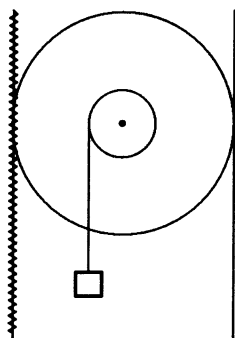


Рис. 76

катушка с внешним диаметром D , вся масса M которой сосредоточена в ее оси. Катушка зажата пластинами так, что может двигаться вниз вращаясь, но не проскальзывая относительно шероховатой пластины. На внутренний цилиндр катушки диаметром d намотана легкая нить, к которой привязан груз массой m . Найдите ускорение этого груза.

1780. В глубоком космосе, вдали от всех тяготеющих масс, находятся три тела малых размеров, массы которых M , M и $3M$. Как они могут двигаться, чтобы рас-

стояния между любыми двумя телами оставались все время постоянными и не превышали по величине L ?

1781. Порция гелия в циклическом процессе вначале адиабатически расширяется, при этом температура газа уменьшается от 500 К до 499 К, затем сжимается изобарически до первоначального объема и, наконец, нагревается изохорически до первоначальной температуры. Найдите наименьшее значение температуры в этом цикле, а также КПД цикла.

1782. В упрощенной модели гимназии школьники изображаются цилиндрами одной и той же высоты. Площадь зала для отдыха гимназистов на перемене составляет 200 м^2 . На этой площади хаотически расположены 100 десятиклассников диаметром 0,5 м каждый; они практически неподвижны. Пятиклассник половинного диаметра бежит по залу со скоростью 3 м/с. Натыкаясь на десятиклассника, он набивает себе шишку, но после отражения продолжает свое движение. Оцените, сколько шишек он себе набивает за перемену длительностью 15 минут.

1783. Два одинаковых точечных заряда Q находятся на расстоянии d друг от друга. Какой потенциал может иметь эквипотенциальная поверхность, если она охватывает оба заряда? Какой потенциал должна иметь такая поверхность, чтобы быть всюду выпуклой?

1784. Батарейки напряжениями 3 В, 6 В и 9 В соединены «минусами», а положительные их выводы свободны – такое соединение называют «звездой». К ним подключают «звезду» из резисторов сопротивлением 100 Ом, 100 Ом и 200 Ом, как показано на рисунке 77. Что покажет вольтметр с большим сопротивлением, если его включить между общими точками «звезд»?

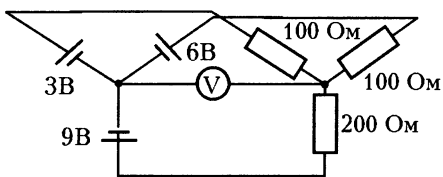


Рис. 77

Заменим вольтметр амперметром, имеющим очень малое сопротивление. Что он покажет? Заменим амперметр резистором, имеющим сопротивление 17 Ом. Какой ток через него потечет?

1785. Три одинаковых конденсатора емкостью $C = 1000 \text{ мкФ}$ каждый, ключ и два резистора сопротивлениями $r = 10 \text{ Ом}$ и $R = 10 \text{ кОм}$ собраны в схему, приведенную на рисунке 78. Один из конденсаторов

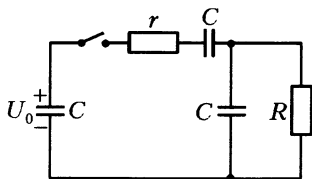


Рис. 78

заряжен до напряжения U_0 . Замкнем ключ. Какое количество теплоты выделится за первую секунду в резисторе сопротивлением r ? Какое количество теплоты выделится в нем за последующие 100 секунд? Элементы цепи считать идеальными.

1786. На рисунке 79 приведена схема, собранная из катушки индуктивностью 1 Гн, конденсатора емкостью 1 мкФ, идеального амперметра и двух резисторов сопротивлениями по 100 Ом. Схема подключена к источнику переменного напряжения $U = 100 \cos 1000t$. Найдите показание амперметра.

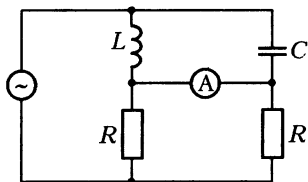


Рис. 79

1787. Плоская световая волна, ее длина волны 0,55 мкм соответствует зеленому цвету, падает перпендикулярно на плоский непрозрачный экран, в котором проделано круглое отверстие.

На расстоянии 0,2 м находится лист бумаги, расположенный параллельно экрану. При каком диаметре отверстия будет максимальной освещенность в самой близкой к центру отверстия точке листа бумаги? При каком диаметре отверстия будет максимальной освещенность этой точки одновременно для длин волн 0,4 мкм и 0,7 мкм?

1788. Два тонких стержня помещены в воду так, что они параллельны и расстояние между ними равно a . По одному из стержней резко ударяют. Через какое время звук от удара дойдет до точки на втором стержне, удаленной от места удара на расстояние $\sqrt{a^2 + l^2}$, если скорости звука в воде и в стержне равны u и v соответственно?

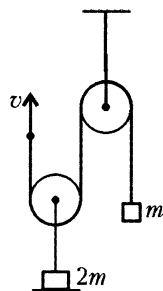


Рис. 80

1789. В системе, изображенной на рисунке 80, нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трения нет. Вначале нить удерживают так, что груз массой m висит неподвижно, а груз массой $2m$ касается пола. Затем конец нити начинают тянуть вверх с постоянной скоростью v . Как при этом будут двигаться оба груза?

1790. В покоящемся сосуде объемом $V = 31$ л с очень жесткими и совершенно не проводящими тепло стенками находятся воздух при нормальных условиях и вода массой $m = 9$ г. Сосуд практически мгновенно приобретает скорость u и движется поступательно. После установления теплового равновесия воздух в сосуде имеет влажность $\phi = 50\%$.

Найдите скорость u . Удельная теплота парообразования воды $L = 2,2$ Мдж/кг, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К), давление насыщенных паров воды при нормальных условиях $p = 600$ Па, удельная теплоемкость воздуха при постоянном объеме $c_V = 720$ Дж/(кг·К), средняя молярная масса воздуха $M = 0,029$ кг/моль.

1791. Одно колено гладкой изогнутой трубки с круглым внутренним сечением площадью S вертикально, а другое наклонено к горизонту под углом α (рис.81). В трубку налили жидкость плотностью ρ и массой M так, что ее уровень в наклонном колене выше, чем в вертикальном, которое закрыто легким поршнем, соединенным с вертикальной пружиной жесткостью k . Найдите период малых колебаний этой системы. Ускорение свободного падения равно g .

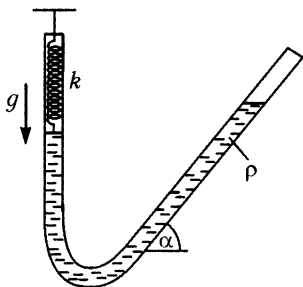


Рис. 81

1792. Ацетон и бензол смешиваются друг с другом в любых пропорциях, образуя прозрачный раствор. Объем смеси равен суммарному объему компонентов до смешивания. Коэффициент преломления света в смеси n зависит от концентраций молекул ацетона N_a и бензола N_b следующим образом: $n^2 = 1 + K_a N_a + K_b N_b$, где K_a и K_b – некоторые константы (поляризуемости молекул ацетона и бензола). В колбе находится $V = 200$ мл смеси ацетона и бензола при температуре $t_1 = 50$ °С. Палочка из стекла, опущенная в колбу, освещается светом с длиной волны $\lambda = 546$ нм и не видна в этом растворе при данной температуре. Сколько миллилитров и какой жидкости – ацетона или бензола – нужно долить в колбу после ее охлаждения до температуры $t_2 = 20$ °С, чтобы после размешивания раствора стеклянная палочка не была видна при том же освещении? Коэффициенты преломления света с данной длиной волны у этих жидкостей при температуре t_2 равны $n_a = 1,36$ и $n_b = 1,50$ соответственно, а у стекла $n_c = 1,47$. Коэффициенты объемного расширения обеих жидкостей в диапазоне температур от t_2 до t_1 одинаковы и равны $\alpha = 0,00124$ 1/К. Тепловым расширением стекла и испарением жидкостей пренебречь.

1793. Снаряд вылетел из ствола орудия под углом $\alpha = 3^\circ$ со скоростью $v = 10000$ м/с. Оцените, на каком расстоянии L от

орудия он упадет на Землю. Сопротивлением воздуха и вращением Земли при расчете пренебречь.

1794. По гладкой горизонтальной поверхности скользит гантелька – легкий жесткий стержень длиной L , на концах которого закреплены точечные массы M и $2M$. В некоторый момент скорость легкого конца равна по величине v , а скорость тяжелого конца в два раза больше. Какой может быть сила натяжения стержня при движении гантельки?

1795. Центр тяжести спортивного автомобиля находится на равных расстояниях от передних и задних колес. Если при торможении зажимать колодками только задние колеса, то длина тормозного пути оказывается L_1 , если только передние – то L_2 (при той же начальной скорости автомобиля). Найдите длину тормозного пути в том случае, когда колодками зажимают и передние и задние колеса.

1796. На гладком горизонтальном столе находится куб из пенопласта массой $M = 40$ г. В него попадает ледяная пуля массой $m = 10$ г, летящая перед ударом горизонтально со скоростью $v = 100$ м/с. Должно быть, у пули центр тяжести был смещенным – она вылетела через верхнюю грань куба, причем канал на выходе при осмотре оказался перпендикулярным верхней плоскости куба. Пуля после вылета не долетела до потолка. Считая начальные температуры пули и куба равными 0°C , оцените массу растаявшего льда.

1797. В сосуд, заполненный воздухом под давлением $p_0 = 1$ атм при температуре $t_0 = -23^\circ\text{C}$, поместили маленькую льдинку, после чего герметично его закрыли. Затем сосуд нагрели до температуры $t_1 = 227^\circ\text{C}$, и оказалось, что давление в нем повысилось до $p_1 = 3$ атм. Какова будет относительная влажность воздуха в сосуде после его охлаждения до температуры $t_2 = 100^\circ\text{C}$?

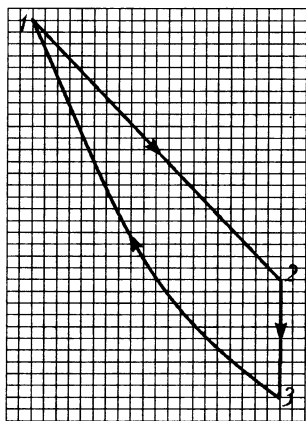


Рис. 82

1798. Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли обрывок рукописи, на котором был изображен замкнутый цикл для $\nu = 1$ моль гелия в координатах p, V (рис.82). Цикл состоял из изотермы 1–2, изохоры 2–3 и адиабаты 3–1. КПД данного цикла $\eta = 0,125$. Масштаб по оси объема: 1 дел = $0,5$ л, по оси давления: 1 дел = $5 \cdot 10^3$ Па. Найдите

те объем газа в изохорическом процессе. На рисунке ось давления вертикальна, а ось объема горизонтальна.

1799. Два очень длинных параллельных медных проводника расположены на расстоянии 1 м друг от друга. Они соединены перемычками из такого же провода, причем соседние перемычки составляют углы 60° друг с другом и с проводами (рис.83). Считая сопротивление 1 метра провода равным 1 Ом, найдите сопротивление, измеренное между точками А и Б.

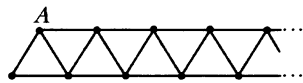


Рис. 83

1800. Параллельный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L (рис.84). Последовательно с контуром включен конденсатор емкостью $2C$. К концам получившейся цепочки в некоторый момент подключают батарейку напряжением U_0 . Найдите максимальное значение силы тока через катушку и максимальное напряжение на конденсаторе емкостью C . Сопротивление проводов невелико, элементы цепи можно считать идеальными.

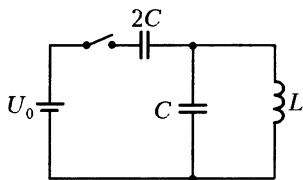


Рис. 84

1801. Два груза массой m каждый подвешены к горизонтальному потолку с помощью двух невесомых и нерастяжимых нитей длиной l_1 и l_2 соответственно (рис.85). Грузы соединены легким жестким стержнем. В положении равновесия нити вертикальны. Определите период малых колебаний системы в плоскости рисунка.

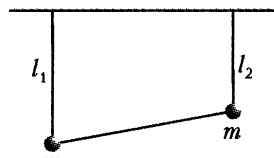


Рис. 85

1802. Фотографию Буратино – вид спереди, расстояние до аппарата 1 м – делают при помощи простого фотоаппарата с фокусным расстоянием объектива 5 см. На фотографии глаза оказались точно «в фокусе», а вот кончик носа получился размытым. До какого диаметра нужно задиафрагмировать объектив, чтобы сделать четкой всю фотографию? У Буратино нос «морковкой», он перпендикулярен плоскости лица и имеет длину 30 см. На упаковке пленки загадочная надпись: «400 линий на миллиметр».

1803. Под каким углом к горизонту следует бросить камень, чтобы расстояние от него до точки бросания в течение полета все время возрастало? Камень бросают с небольшой скоростью, сопротивлением воздуха можно пренебречь.

1804. Грузы, массы которых M и $4M$, при помощи легкой нерастяжимой нити подвешены на очень легком подвижном блоке. Еще один кусок такой же нити переброшен через неподвижный блок, к одному концу этой нити прикреплен подвижный блок, к другому – груз массой m . При каких значениях m один из грузов может оставаться неподвижным после того, как тела перестанут удерживать?

1805. В сосуде объемом 1 л находится моль азота при давлении 1 атм. Азот медленно откачивают, поддерживая температуру сосуда неизменной. Какую массу газа придется откачать к тому моменту, когда давление в сосуде упадет вдвое?

1806. К батарее подключены два очень длинных одинаковых проводника, расположенных параллельно друг другу. Меж-

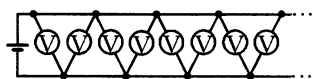


Рис. 86

ду проводниками включено огромное количество одинаковых вольтметров, как показано на рисунке 86 (все образованные проводами «треугольники» одинаковы). Первый из

вольтметров показывает 6,02 В, второй показывает 5,97 В. Считая показания приборов точными, найдите показания следующих двух вольтметров. Во сколько раз изменится ток, потребляемый всей цепью от батарейки, если второй, четвертый, шестой и т.д. вольтметры отключить?

1807. Проводящий шар заряжают некоторым зарядом Q и при помощи длинной и очень тонкой проволоки соединяют с незаряженным проводящим шаром вдвое меньшего радиуса, расположенным очень далеко. Максимальное значение силы тока оказывается при этом равным I_0 . Каким будет это значение в другом опыте – когда вначале каждый из зарядов первого и второго шара равен Q ? Сопротивление проволоки мало.

2002 год

1808. Траектория точки состоит из отрезка прямой AB длиной L и полуокружности BB радиусом R , причем прямая касается окружности (рис.87). За какое минимальное время

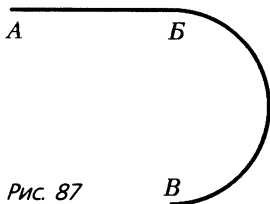


Рис. 87

точка проедет из A в B? Начальная скорость равна нулю, а ускорение все время постоянно по величине и равно a .

1809. Три маленьких груза массой M каждый соединены тонкими легкими стержнями длиной L , образуя треугольную конструкцию ABB . Этот треугольник скользит по гладкому горизонталь-

ному столу. В некоторый момент скорость точки A направлена вдоль AB и равна v , а скорость точки B в этот же момент параллельна BB . Найдите скорость точки B и силу натяжения стержней.

1810. Клин массой M_1 с углом α при основании может свободно двигаться по гладкой горизонтальной поверхности (рис.88). На нем расположен еще один клин массой M_2 с таким же углом при вершине так, что его верхняя плоская поверхность горизонтальна. Сверху на этот клин положили грузик массой m . С какой силой нужно действовать по горизонтали на нижний клин, чтобы грузик некоторое время мог оставаться неподвижным?

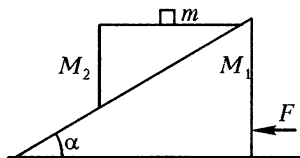


Рис. 88

1811. Анна Каренина слышит звук камертона и с удивлением понимает, что вместо ноты «ля» второй октавы звучит нота «си». Приближается поезд или удаляется? С какой скоростью? Что можно сказать о музыкальном слухе героини? Нужные данные найдите где угодно.

1812. Во сколько раз отличается плотность сухого воздуха при давлении 1 атм и температуре $+20^\circ\text{C}$ от плотности влажного воздуха при тех же условиях? Пар считать насыщенным.

1813. Порция кислорода участвует в цикле, состоящем из изотермического расширения, сжатия до начального объема при неизменном давлении и нагревании до начальной температуры при постоянном объеме. Цикл длится 10 секунд, на изотерме газ получает 1000 Дж тепла, а в изобарном сжатии над ним совершается работа 700 Дж. Найдите по этим данным среднюю механическую мощность, развиваемую в цикле, и термодинамический КПД.

1814. Одна из квадратных пластин плоского конденсатора закреплена горизонтально и на нее помещена большая тонкая пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1$. По гладкой верхней поверхности листа диэлектрика может свободно скользить массивная вторая пластина конденсатора, имеющая такие же размеры, как и первая. На обкладки конденсатора помещены заряды Q и $-Q$, и система приведена в равновесие. Сдвинем верхнюю пластину по горизонтали на малое расстояние x параллельно одной из сторон квадрата и отпустим. Найдите период колебаний этой пластины. Площадь каждой из обкладок S , толщина диэлектрика d существенно меньше размеров пластин. Масса подвижной обкладки M .

1815. Для измерения сопротивления резистора собрана схема из батарейки, амперметра и вольтметра, причем вольтметр подключен параллельно резистору и показывает 1 В, а амперметр подключен к ним последовательно и показывает 1 А. После того как приборы в схеме поменяли местами, вольтметр стал показывать 2 В, а амперметр показал 0,5 А. Считая батарейку идеальной, определите по этим данным сопротивление резистора. Хороши ли используемые приборы?

1816. На тороидальный сердечник, сделанный из материала с очень большой магнитной проницаемостью, намотаны очень тонким проводом две катушки – с числом витков 500 и 510. При измерении индуктивности первой из катушек на постоянном токе – по значению магнитного потока катушки при заданном токе через нее – получили величину 20 Гн. Какова индуктивность второй катушки? Какая индуктивность получится при последовательном соединении катушек? При параллельном соединении? Выводы катушек сделаны проводом большого сечения. Рассеяние магнитного потока считать малым.

1817. Искусственный хрусталик для глаза сделан так, что позволяет четко видеть удаленные предметы. В отличие от естественного хрусталика, кривизна поверхностей которого может изменяться (при этом глаз фокусируется на выбранных объектах – это называется аккомодацией глаза), искусственный хрусталик жесткий и перестраиваться не может. Оцените оптическую силу очков, дающих возможность читать книгу. Расстояние от глаза до книги принять равным 0,3 м.

1818. На плоскости нарисован большой квадрат $AB\Gamma\Delta$ со стороной d . За какое минимальное время точка может проехать по пути $AB\Gamma\Delta$, если ее максимальное ускорение по величине не может превышать a ?

1819. Тело массой $M = 10$ кг подвешено в лифте при помощи трех одинаковых легких веревок, натянутых вертикально. Одна из них привязана к потолку лифта, две другие – к полу. Веревки натянуты так, что в покое натяжение каждой из нижних веревок составляет $F_0 = 5$ Н. Найдите силу натяжения верхней веревки при ускорении лифта, равном $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ и направленном вверх. То же – при величине ускорения лифта $a_2 = 2 \text{ м/с}^2$. Ускорение свободного падения принять равным $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

1820. Толстостенная капиллярная трубка из стекла с внутренним диаметром 0,5 мм, внешним диаметром 5 мм и длиной 6 см наполовину погружена в вертикальном положении в большой сосуд с водой. С какой силой нужно удерживать трубку,

чтобы она не утонула? Плотность стекла вдвое больше плотности воды. Считать, что стекло полностью смачивается водой, коэффициент поверхностного натяжения воды $0,07 \text{ Н/м}$.

1821. Плоский конденсатор емкостью C с воздушным диэлектриком состоит из двух больших пластин, расположенных очень близко друг к другу. Одна из пластин не заряжена, другая несет заряд Q . Соединим пластины проводником, имеющим большое сопротивление R . Оцените количество теплоты, которое выделится в проводнике за большое время.

1822. К источнику переменного напряжения подключили последовательно амперметр и два «черных ящика», в каждом из которых может находиться резистор, конденсатор или катушка индуктивности. Переключили «ящики» из последовательного соединения в параллельное – показание амперметра осталось прежним. Начнем теперь изменять частоту источника – показания амперметра при этом будут вначале уменьшаться, а потом увеличиваться. Во сколько раз нужно изменить частоту, чтобы показания амперметра вернулись к первоначальному значению? Элементы внутри ящиков считайте идеальными.

1823. В поле, на расстоянии 1 км от прямой дороги, стоит и размышляет профессор Очков, большой знаток геометрической оптики. На расстоянии 2 км от ближайшей к профессору точки дороги A находится железнодорожная станция $Ж$. Скорость при ходьбе по полю равна 3 км/ч , по дороге – 4 км/ч . За какое минимальное время профессор может добраться до станции? А за какое время он смог бы добраться до середины отрезка $AЖ$?

1824. На большой плоскости построена стена высотой 30 м . На расстоянии 30 м от стены на уровне земли расположена игрушечная пушка, а мишень установлена на расстоянии 80 м от пушки на прямой, перпендикулярной стене. При какой скорости снаряда возможно попадание в мишень?

1825. На гладком горизонтальном столе находится куб массой $M = 2 \text{ кг}$, на его верхней грани лежит большой легкий лист бумаги, на нем – кубик массой $m = 1 \text{ кг}$. Лист бумаги тянут с горизонтальной силой $F = 15 \text{ Н}$. Коэффициент трения между бумагой и каждым из кубов $\mu = 0,7$. Найдите ускорения каждого из тел. А какими будут ускорения при силе $F_1 = 10 \text{ Н}$?

1826. На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой M с углом α при основании. На клине удерживают неподвижно тонкий обруч массой m . Трение между обручем и поверхностью клина велико. Обруч отпускают, и он начинает двигаться по клину без проскальзывания. Найдите скорость клина в тот момент, когда центр обруча опустится на h .

1827. Молекула водяного пара при попадании в воду может отразиться, а может и «прилипнуть» – стать молекулой жидкости. Оцените вероятность «прилипания», если известно, что при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях низкой влажности уровень воды в блюде понижается за минуту примерно на 1,5 мм. Давление насыщенных паров при этой температуре составляет приблизительно 2 кПа.

1828. Моль гелия расширяется при неизменной температуре $T_0 = 300\text{ К}$ в заданных пределах, получая при этом от внешних тел количество теплоты $Q = 20\text{ кДж}$. Оцените работу газа при расширении в тех же пределах, но без подвода тепла извне.

1829. Простейший прибор для измерения сопротивления (омметр) состоит из последовательно соединенных батарейки, миллиамперметра и реостата (его часто называют переменным резистором или потенциометром). Измеряемый резистор подключают к выводам этой цепи. Перед началом измерений прибор настраивают – замыкают накоротко выводы цепи (это соответствует нулевому сопротивлению измеряемого резистора) и реостатом устанавливают стрелку миллиамперметра на конец шкалы. В нашем случае настроенный прибор при сопротивлении резистора $R_1 = 500\text{ Ом}$ отклоняется на $3/4$ шкалы, а при сопротивлении $R_2 = 1500\text{ Ом}$ – на $1/2$ шкалы. В каком месте шкалы у нашего омметра должно стоять отметка 1 кОм? А 300 Ом? Какое сопротивление еще можно измерять нашим прибором со сколь-нибудь разумной точностью, если суммарная погрешность измерений тока лежит в пределах ± 2 деления шкалы (всего на шкале миллиамперметра 100 одинаковых делений)?

1830. Для определения емкости C конденсатора большой емкости применяется следующий метод. Конденсатор заряжают до напряжения батарейки, а затем разряжают его несколько раз при помощи конденсатора известной емкости $C_0 = 10\text{ мкФ}$, который каждый раз присоединяют к выводам батарейки, а затем подключают параллельно выводам конденсатора емкостью C в противоположной полярности – «плюсом» к «минусу». Так повторяют определенное число раз, а затем проверяют остаточный заряд конденсатора емкостью C , подключая к нему микроамперметр. После 8 повторов максимальное отклонение стрелки составило 10 делений. В следующем опыте после 9 повторов стрелка отклонилась на 20 делений в другую сторону. Определите по этим данным емкость C .

1831. Источник переменного напряжения $U = U_0 \cos \omega t$ подключен к последовательно соединенным конденсатору емкостью $C = 1\text{ мкФ}$ и катушке индуктивностью $L = 1\text{ Гн}$. Вольтметр,

присоединенный к источнику, показывает напряжение $U_1 = 1$ В, а если подключить его к катушке, он покажет $U_2 = 100$ В. Какой может быть частота источника ω ? Элементы цепи считайте при расчете идеальными. А если катушка намотана проводом, имеющим сопротивление, то при каком его сопротивлении описанное выше возможно?

1832. Плоская монохроматическая волна с длиной $\lambda = 0,55$ мкм падает перпендикулярно на очень тонкий плоский непрозрачный лист. В листе прорезаны две длинные параллельные щели шириной 0,5 мм и 1 мм, а расстояние между ближайшими краями щелей составляет 0,5 мм. На расстоянии 10 м от листа параллельно ему расположен экран для наблюдения интерференции. На каком расстоянии от главного максимума располагается ближайшая серая полоса? Рассчитайте то же для ближайшей черной полосы.

1833. Маленькую шайбу запустили по шероховатой горизонтальной поверхности со скоростью $v_0 = 5$ м/с. График зависимости скорости шайбы v от пройденного ею пути s изображен на рисунке 89. Какой путь пройдет шайба до полной остановки, если ее запустить из той же точки в том же направлении со скоростью $v_1 = 4$ м/с?

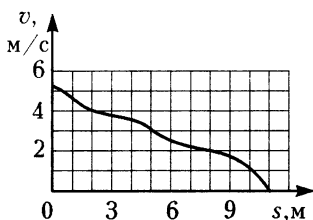


Рис. 89

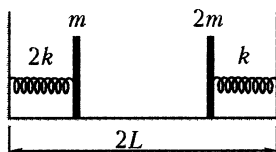


Рис. 90

1834. В системе, изображенной на рисунке 90, прикрепленные к невесомым пружинам грузики при помощи нитей удерживаются на расстояниях $L/2$ от стенок, к которым прикреплены концы пружин. Длины обеих пружин в недеформированном состоянии одинаковы и равны L . Нити одновременно пережигают, после чего грузики сталкиваются и слипаются. Найдите максимальную скорость, которую будут иметь грузики при колебаниях, возникших после этого столкновения. Удар является центральным. Жесткости пружин и массы грузиков указаны на рисунке. Трением и размерами грузиков пренебречь.

1835. На рисунке 91 приведен график зависимости давления насыщенного пара некоторого вещества от температуры. Опре-

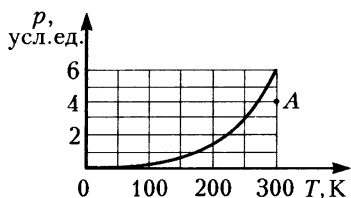


Рис. 91

деленное количество этого вещества находится в закрытом сосуде постоянного объема в равновесном состоянии, соответствующем точке *A* на рисунке. До какой температуры следует охладить эту систему, чтобы половина имеющегося в сосуде вещества сконденсировалась? Объемом сконденсировавшегося вещества можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда.

1836. При измерении зависимости величины напряженности электрического поля от времени в некоторой точке пространства был получен график, изображенный на рисунке 92. Электрическое поле создается двумя одинаковыми точечными зарядами, один из которых неподвижен и находится на расстоянии *d* от точки наблюдения, а другой движется с постоянной скоростью. Найдите величины зарядов, минимальное расстояние от движущегося заряда до точки наблюдения и скорость движущегося заряда.

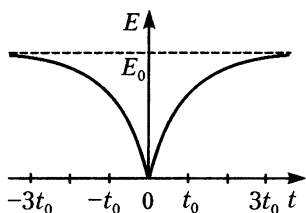


Рис. 92

1837. Катушка состоит из среднего цилиндра радиусом *r* и двух крайних цилиндров радиусами *R* > *r*. Длинный тонкий провод плотно наматывают на катушку следующим образом: сначала обматывают один из крайних цилиндров, а затем продолжают наматывать этот же провод на средний цилиндр в том же направлении, в каком начинали намотку. После завершения намотки катушку кладут на горизонтальный стол, помещенный в однородное постоянное магнитное поле *B*, линии индукции которого параллельны оси катушки (рис.93). К одному концу провода, лежащему на столе, подсоединяют одну клемму

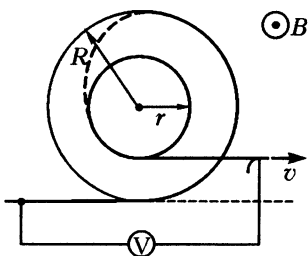


Рис. 93

идеального вольтметра, а другой конец провода, касающийся неподвижного скользящего контакта, соединенного со второй клеммой вольтметра, начинают тянуть вдоль поверхности стола с постоянной скоростью *v* в направлении, перпендикулярном оси катушки. Считая, что катушка катится по столу без

проскальзывания, найдите показание вольтметра.

1838. У вертикальной стены стоит палочка AB длиной L (рис.94). На ее нижнем конце B сидит жук. В тот момент когда конец B начали двигать вправо по полу с постоянной скоростью v , жук пополз по палочке с постоянной скоростью u относительно нее. На какую максимальную высоту над полом поднимется жук за время своего движения по палочке, если ее верхний конец не отрывается от стенки?

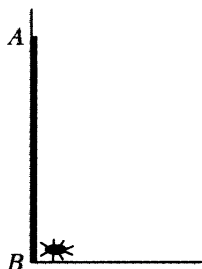


Рис. 94

1839. На гладком столе покоится гантелька, состоящая из жесткого легкого стержня длиной L и двух маленьких одинаковых шариков на концах стержня. В начальный момент гантелька ориентирована с севера на юг. На один из шариков начинает действовать постоянная сила \vec{F} , все время направленная на восток. Найдите скорости шариков в тот момент, когда гантелька повернется на 90° . Найдите также силу натяжения стержня в этот момент. Масса каждого шарика M .

1840. Маятник состоит из длинного легкого стержня длиной L , шарнирно закрепленного за один из концов. К другому концу стержня прикреплено велосипедное колесо радиусом R , вся масса которого сосредоточена в его ободе. Колесо может свободно вращаться вокруг своей оси. Стержень отводят на небольшой угол от вертикали и отпускают так, что он может совершить колебания в плоскости, которая перпендикулярна оси колеса. Найдите период таких колебаний. Как изменится этот период, если в оси колеса будет большое трение, не позволяющее ему вращаться?

1841. С помощью бензиновой горелки в помещении поддерживается температура $t_1 = -3^\circ\text{C}$ при температуре на улице $t_2 = -23^\circ\text{C}$. Предполагается использовать бензин в двигателе с КПД $\eta = 0,4$, а с помощью полученной механической энергии запустить тепловой насос, перекачивающий по идеальному холодильному циклу тепло с улицы в комнату. Какую температуру удастся в таком случае поддерживать в помещении при прежнем расходе бензина? Двигок находится вне помещения.

1842. Две тонкие медные проволоки одинаковой длины соединили параллельно и подключили последовательно с лампочкой к источнику постоянного напряжения. Первая проволока нагрелась на 16°C выше комнатной температуры, а вторая – в $\alpha = 2$ раза меньше. На сколько градусов выше комнатной

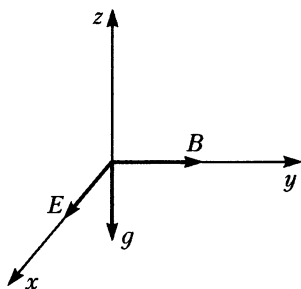


Рис. 95

перпендикулярных поля: электрическое с напряженностью \vec{E} , магнитное с индукцией \vec{B} и поле тяжести \vec{g} (рис.95). В некоторый момент поля \vec{E} и \vec{B} выключают. Минимальная кинетическая энергия частицы в процессе движения составляет половину начальной. Найдите проекции скорости частицы на направления всех трех полей в момент выключения.

1844. Коллекторный двигатель питается от источника постоянного напряжения $U = 12$ В. На холостом ходу сила тока через обмотки ротора равна $I_1 = 4$ А. Когда ротор затормозили до полной остановки, сила тока увеличилась до $I_2 = 24$ А. Какую наибольшую полезную механическую мощность можно получить с помощью этого двигателя, если магнитное поле в нем создается постоянными магнитами, а момент сил трения в подшипниках ротора не зависит от скорости его вращения и от механической нагрузки?

1845. С одной из пластин изначально незаряженного конденсатора, подключенного выводами к катушке индуктивностью L , мгновенно отделяется тонкий слой вещества, несущий заряд q . Затем он движется поступательно как целое с постоянной скоростью v по направлению к противоположной пластине (рис.96). Найдите зависимость тока через катушку от времени, пока слой движется в конденсаторе. Расстояние между пластинами конденсатора d , площадь поперечного сечения пластин S .

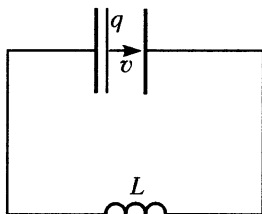


Рис. 96

1846. Два одинаковых трансформатора содержат по две обмотки, одна из которых имеет в 2 раза больше витков, чем другая. Одну из обмоток первого трансформатора подключают к сети переменного напряжения 220 В, к другой обмотке этого трансформатора

температуры нагреются проволоки, если их параллельное соединение заменить последовательным? Сопротивление каждой из проволок много меньше сопротивления лампочки и источника, зависимость сопротивления проволок от температуры не учитывать.

1843. Частица массой m с зарядом q движется с постоянной по модулю скоростью в области пространства, где имеются три взаимно

подсоединяют последовательно с резистором сопротивлением 200 Ом одну из обмоток второго трансформатора, а к выводам второй обмотки этого трансформатора подключают идеальный амперметр переменного тока. Что покажет прибор?

1847. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были изображены линза, предмет и его изображение. От времени чернила высохли, и остался только предмет на масштабной сетке (рис.97). Из текста следует, что предмет и изображение – одинаковых размеров и формы, а главная оптическая ось линзы параллельна некоторым линиям масштабной сетки. Восстановите оптическую схему (изображение, линзу, фокусы).

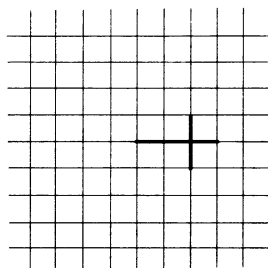


Рис. 97

1848. При движении точки по прямой график зависимости ее скорости от координаты представляет в выбранном масштабе четверть окружности (рис.98). Найдите ускорение точки в конце отрезка – когда скорость падает до нуля. Найдите также время движения на отрезке $(0; x_0)$.

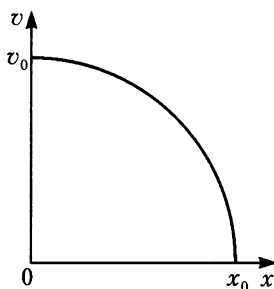


Рис. 98

1849. Блок подвешен при помощи куска легкой нерастяжимой нити, один конец которой закреплен, а к другому концу прикреплен груз массой m (рис.99). Груз вначале удерживают, затем отпускают. Найдите ускорение груза. Масса блока M , она сосредоточена в оси блока. Свободные концы нити при движении остаются вертикальными.

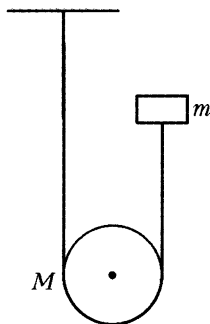


Рис. 99

1850. Порция гелия участвует в замкнутом цикле $1-2-3-1$. На участке $1-2$ давление остается постоянным, а температура возрастает на 50 К; на участке $2-3$ газ охлаждается на 80 К при неизменном объеме; на участке $3-1$ газ сжимают адиабатически. Найдите термодинамический КПД этого цикла.

1851. К батарее подключены два одинаковых вольтметра, соединенных последовательно, и параллельно одному из них подключен миллиамперметр. Вольтметры

показывают 1,5 В и 0,3 В, показание миллиамперметра 0,5 мА. Что покажут приборы, если их подключить к батарейке, соединив последовательно? А какими могут быть их показания, если все приборы подключить к батарейке параллельно? Только не

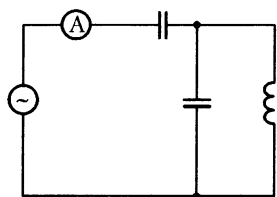


Рис. 100

нужно подключать миллиамперметр прямо к батарейке на практике – лишь посчитайте!

1852. К звуковому генератору подключили цепь, состоящую из амперметра переменного тока, двух одинаковых конденсаторов и катушки индуктивности (рис.100). На частотах 1000 Гц и 1100 Гц показания амперметра оказались одинаковыми. На какой частоте ток будет практически нулевым? На какой частоте ток окажется очень большим? При расчете элементы цепи считайте идеальными.

2003 год

1853. В большой комнате на гладком горизонтальном твердом полу стоит кровать. Одна ее ножка чуть короче других, поэтому под нее пришлось подложить гладкий брусок. Оказалось, что трение совсем мало и брусок этот легко выбить – маленький упругий шарик, который пускают по полу со скоростью больше 1 м/с, с этим справляется. Задачу злоумышленнику усложнили – он может бросать шарик с уровня пола на расстоянии 3 м от бруска, а посередине между ним и бруском поставили ширму высотой 0,5 м. С какой минимальной скоростью нужно (вернее – не нужно!) бросить шарик, чтобы выбить брусок?

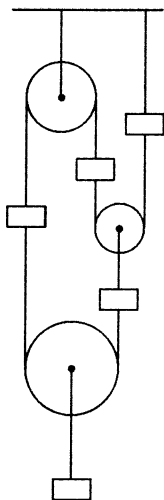


Рис. 101

1854. Петер и Пауль неторопливо бегают по футбольному полю (кажется, где-то в Баварии), причем расстояние между ними все время равно 50 м. Петер с постоянной по величине скоростью 2 м/с бежит по кругу радиусом 50 м, а Пауль бежит по прямой, проходящей через центр этого круга. Найдите максимальные значения скорости и ускорения Пауля. Считайте, что подолгу он на одном месте не стоит.

1855. В системе на рисунке 101 все блоки невесомые, а нити невесомые и нерастяжимые. Считая массы всех грузов одинаковыми, найдите

ускорения блоков. Свободные участки всех нитей вертикальны.

1856. Из тонкой жесткой проволоки согнули угол 90° , одну из сторон угла закрепили в вертикальном положении, другую – в горизонтальном (рис.102). На каждую из сторон надели маленькую шайбу массой M и соединили шайбы легким стержнем длиной L . Вначале этот стержень почти вертикален, затем от малого толчка система приходит в движение. Найдите максимальные скорости каждой из шайб. Трение отсутствует.

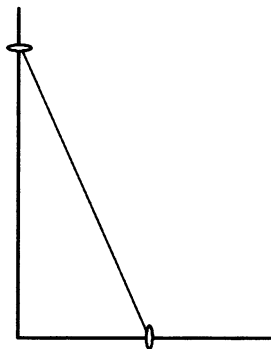


Рис. 102

1857. По гладкому горизонтальному столу скользит шайба и налетает на точно такую же неподвижную шайбу, едва ее коснувшись. После удара первая шайба отклонилась от первоначального направления на угол 1° , вторая шайба после удара стала двигаться под углом 80° к этому направлению. Какая часть начальной кинетической энергии системы перешла при ударе в тепло?

1858. В теплоизолированном сосуде находится N молекул двухатомного газа при температуре T_1 . При этих условиях начинается диссоциация молекул, которая практически прекращается при падении температуры в сосуде до T_2 . При диссоциации одной молекулы поглощается энергия ε . Какая часть молекул продиссоциирует и во сколько раз упадет давление в сосуде?

1859. Две медные монеты диаметром 1 см и толщиной 1 мм расположены на расстоянии 1 м друг от друга, причем плоскости монет перпендикулярны прямой, соединяющей их центры. На монеты наносят электрические заряды. Какими должны быть знаки зарядов и каково должно быть отношение их величин, чтобы сила взаимодействия между монетами упала до нуля? Интересный случай нулевых зарядов можете не рассматривать.

1860. К батарее подключают «мостик», состоящий из пяти резисторов. Четыре из этих пяти резисторов имеют сопротивление R . Каким должно быть сопротивление пятого резистора, чтобы силы токов через какие-нибудь два резистора в схеме оказались одинаковыми и ни один из токов не был нулевым?

1861. К батарее напряжением 12 В подключают последовательно соединенные конденсатор емкостью 1 мкФ и катушку индуктивностью 1 Гн. В тот момент когда ток через катушку

максимален, параллельно ей подключают резистор сопротивлением 1 МОм, а когда ток через катушку снова становится максимальным и течет в ту же сторону, резистор отключают. Какое количество теплоты выделится при этом в резисторе? Какой заряд через него протечет?

1862. От шара радиусом 10 см, сделанного из органического стекла, осторожно отпиливают два маленьких кусочка так, что

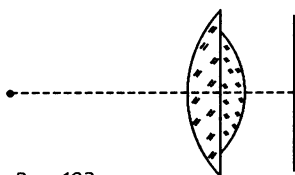


Рис. 103

получаются две плосковыпуклые линзы – диаметр первой 1 см, диаметр второй вдвое больше. Линзы аккуратно склеивают плоскими поверхностями, как показано на рисунке 103. На главной оптической оси получившейся системы на расстоянии 1 м от нее помещают точечный источник света, а с другой стороны системы – экран. Как нужно

расположить экран, чтобы освещенное пятно на нем имело минимальный диаметр? Чему он равен?

1863. В системе (рис.104) нить очень легкая и нерастяжимая. Грузы, массы которых M и $2M$, вначале удерживают, а затем отпускают. С каким ускорением начнет двигаться груз массой m ? Трение в системе отсутствует.

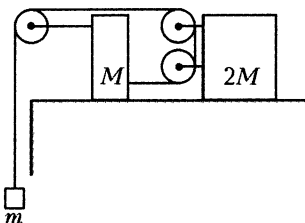


Рис. 104

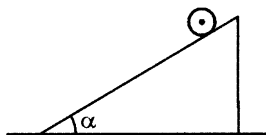


Рис. 105

1864. На горизонтальном столе находится очень легкий клин с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании (рис.105). На него поставили тяжелый тонкий обруч и отпустили его без начальной скорости. Коэффициент трения между обручем и клином $\mu = 0,7$. При каком коэффициенте трения между клином и столом клин останется неподвижным?

1865. В сосуде объемом $V = 100$ л находится гелий при давлении $p = 0,5$ атм и температуре $T = 350$ К. Давление снаружи немного возросло, и объем сосуда изменился, при этом температура газа увеличилась на $\Delta T = 1$ К, а в окружающую среду было отдано количество теплоты $Q = 20$ Дж, после чего в сосуде установилось равновесие. Оцените, на сколько изменились объем сосуда и давление газа в сосуде.

1866. Заряд q находится на расстоянии h от бесконечной слабопроводящей плоскости. Заряд быстро перемещают параллельно плоскости на расстояние $2h$, так что распределение зарядов не успевает измениться. Сколько тепла выделится, когда распределение зарядов снова установится? Сколько еще выделится тепла, если заряд быстро сдвинуть на h перпендикулярно плоскости?

1867. Два генератора гармонических колебаний с частотами 50 Гц и 400 Гц включены, как показано на рисунке 106: «общие» их выходы соединены непосредственно, а «сигнальные» – через последовательно соединенные катушку индуктивностью 1 Гн и конденсатор емкостью 1 мкФ. Амплитуда напряжения каждого генератора 10 В, сопротивление провода, которым намотана катушка, 1 Ом, в остальном элементы цепи можно считать идеальными. Найдите максимальный заряд конденсатора и среднюю мощность, переходящую в тепло.

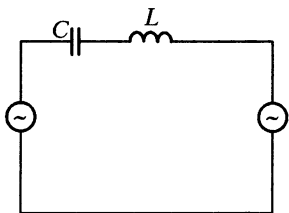


Рис. 106

1868. Игрушечная пушка может стрелять под любым углом к поверхности земли, скорость вылета ядра $v_0 = 30$ м/с. Тонкая стена имеет высоту $H = 40$ м. На какое максимальное расстояние можно забросить снаряд от точки выстрела при условии, что снаряд должен перелететь через стену? Стрелять можно из любого места земной поверхности перед стеной. Принять ускорение свободного падения равным $g = 10$ м/с², сопротивлением воздуха пренебречь.

1869. Система из двух грузов массами M и $M/2$, к которым прикреплены легкие блоки, движется по гладкому горизонтальному столу под действием силы F_0 (рис.107). С каким ускорением движется точка нити, к которой приложена сила? Масса нити очень мала. Свободные куски нити считать горизонтальными, растяжение нити пренебречь.

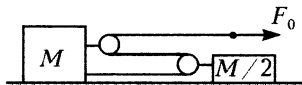


Рис. 107

1870. На гладком горизонтальном столе покоится глубокая тарелка, на дне которой лежит маленькая, но массивная монета. Тарелку резко толкают в горизонтальном направлении так, что монета сразу после удара еще не движется. В процессе дальнейшего движения монета поднимается по стенке тарелки на максимальную высоту h . Найдите максимальное и минимальное значения кинетической

энергии тарелки при движении. Трения в системе нет, монета при движении не отрывается от внутренней поверхности тарелки, суммарная масса тарелки и монеты равна M . Тела все время двигаются вдоль одной прямой.

1871. Порция гелия вначале расширяется в 3 раза при постоянном давлении, потом охлаждается при постоянном объеме, затем ее сжимают без подвода тепла, пока давление и объем не вернуться к начальным значениям. Известно, что в этом цикле максимальная температура была в 6 раз больше минимальной. Найдите КПД цикла.

1872. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы каплю ртути массой $m = 20$ г «запихнуть» в стеклянный капилляр с внутренним диаметром $d = 1$ мм? Считайте, что плотность ртути в $n = 14$ раз больше, чем плотность воды, коэффициент поверхностного натяжения ртути $\sigma = 0,5$ Дж/м². Ртуть не смачивает стекло.

1873. Реклама чудо-нагревателя «Интеллигентное тепло» утверждает, что для нагревания воздуха в обычной жилой комнате объемом 50 м³ от 20 °С до 21 °С зимой, когда температура воздуха на улице равна −10 °С, достаточно всего 10 кДж электроэнергии. Возможно ли это хотя бы в принципе? Перекачивать в комнату тепло от более нагретых тел нельзя!

1874. Пять резисторов соединены между собой, как показано на рисунке 108. Сопротивление одного из них (неизвестно –

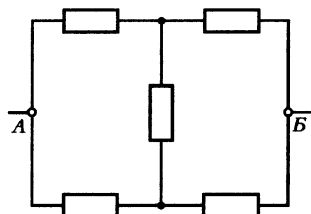


Рис. 108

какого) равно 200 Ом, остальные имеют сопротивления по 100 Ом каждый. Какой из резисторов нужно удалить из схемы («вырезать»), чтобы сопротивление между выводами А и В изменилось меньше всего?

1875. Конденсаторы емкостями 1 мкФ и 2 мкФ соединены последовательно. Каждый из них может выдержать напряжение 200 В (так написано в документации). Можно ли их подключать крайними выводами к сети переменного напряжения 220 В? А к источнику постоянного напряжения 220 В? Диэлектрик – промасленная бумага (самый распространенный тип конденсатора такой емкости в недавнем прошлом).

1876. Конденсатор емкостью C зарядили до напряжения U_0 и подключили к катушке индуктивностью L , после чего в цепи возникли колебания. В некоторый момент к выводам конденсатора подключают параллельно соединенные резистор сопротив-

лением R и еще одну катушку индуктивностью $3L$. Найдите максимальное и минимальное количества теплоты, которые могут выделяться в резисторе за достаточно большой интервал времени. Считайте элементы цепи идеальными.

1877. На тороидальный сердечник с большой магнитной проницаемостью намотана толстым проводом катушка, содержащая большое количество витков. От середины обмотки сделан отвод. Крайние выводы катушки подключили к сети 220 В, а между крайним и средним выводами катушки включили лампу на 110 В мощностью 60 Вт. Найдите токи в каждой из половин обмотки. Кстати, заметим, что такое устройство (катушка с отводом на ферромагнитном сердечнике) называется автотрансформатором.

1878. В вертикальную стену вбиты два гвоздя так, что они лежат на одной вертикальной прямой. Кусок однородной проволоки массой m согнули в дугу в виде половины окружности и шарнирно прикрепили за один из концов к верхнему гвоздю A (рис.109). Дуга при этом оперлась на нижний гвоздь B . Найдите величину силы, с которой проволока действует на верхний гвоздь, если известно, что в отсутствие нижнего гвоздя, когда проволока находится в равновесии, диаметр AC дуги составляет с вертикалью угол α_0 . Расстояние между гвоздями равно радиусу дуги. Трения нет.

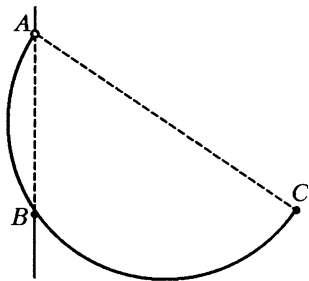


Рис. 109

1879. В машине Атвуда (рис.110) массы грузов равны m_1 и m_2 , блок и нить невесома, трение отсутствует. Вначале более тяжелый груз массой m_1 удерживают на высоте h над горизонтальной плоскостью, а груз массой m_2 стоит на этой плоскости, причем отрезки нити, не лежащие на блоке, вертикальны. Затем грузы отпускают без начальной скорости. Найдите, на какую максимальную высоту поднимется первый груз после абсолютно неупругого удара о плоскость, если нить можно считать гибкой, неупругой и практически нерастяжимой. Ускорение свободного падения равно g , блок находится достаточно далеко от грузов.

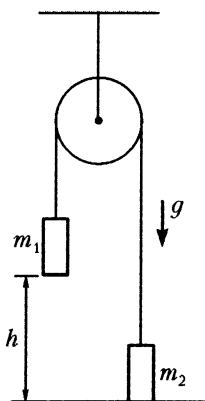


Рис. 110

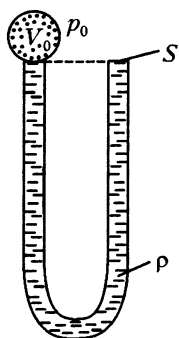


Рис. 111

1880. В установленной вертикально U-образной трубке площадью S с внутренним объемом V_0 находится жидкость плотностью ρ (рис.111). Колена трубки одинаковы по высоте, одно из них открыто в атмосферу, а второе герметично соединено с сосудом объемом V_0 , внутри которого находится идеальный одноатомный газ. Жидкость заполняет всю U-образную трубку. Найдите количество теплоты, которое необходимо сообщить газу в сосуде для того, чтобы медленно вытеснить из трубки половину жидкости. Атмосферное давление постоянно и равно p_0 . Давлением паров жидкости, поверхностным натяжением и потерями тепла пренебречь. Радиус полукруглого участка трубки, соединяющего ее колена, считать много меньшим высоты трубки.

1881. Что покажет каждый из трех одинаковых амперметров A_1 , A_2 и A_3 в схеме, изображенной на рисунке 112, при подключении клемм A и B к источнику с напряжением $U = 3,3$ В? Сопротивления амперметров много меньше сопротивлений резисторов.

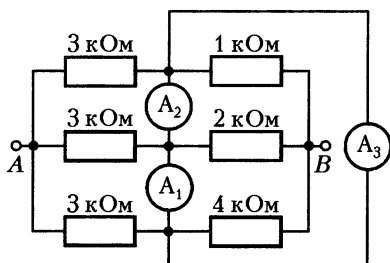


Рис. 112

1882. Путнику, возвращавшемуся темной ночью в свою деревню по дороге, идущей прямо к его дому, с расстояния $r = 5$ км стал виден огонек свечи в одном из окон. Внутри дома вблизи соседнего окна стоит наряженная к Новому Году елка с зеркальными шарами. Оцените, на каком расстоянии от дома путнику станет видно отражение свечи в елочном шаре диаметром $D = 10$ см, если он идеально отражает свет и находится на расстоянии $a = 1,8$ м от свечи на линии, перпендикулярной дороге. Окна одинаковые, свеча горит ровно.

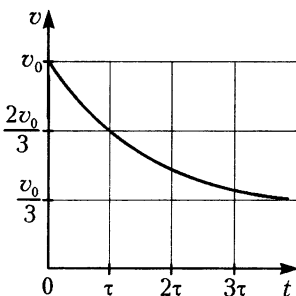


Рис. 113

1883. Космический корабль стартовал в вертикальном направлении с поверхности невращающегося сферически симметричного небесного

тела, лишённого атмосферы. После выключения двигателя зависимость скорости корабля от времени имеет вид, показанный на рисунке 113. На каком расстоянии от центра небесного тела был выключен двигатель?

1884. В системе на рисунке 114 все блоки невесомые, нити легкие и нерастяжимые. Масса одного из крайних грузов равна $3M$, остальные имеют массу M . Вначале все тела удерживают, затем отпускают, и они начинают двигаться – при этом нити остаются все время натянутыми и рывков нет. Найдите ускорение тяжелого груза.

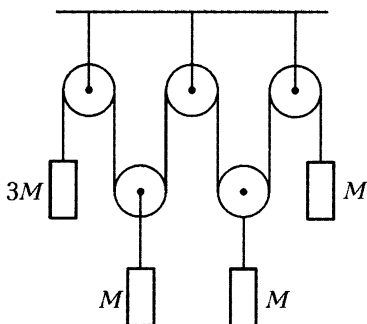


Рис. 114

1885. На гладком горизонтальном круглом столе находится массивный шар радиусом R . От малого толчка шар начинает двигаться вдоль радиуса по направлению к краю стола. На каком расстоянии от края стола шар ударится о пол? Высота поверхности стола над полом равна H .

1886. По гладкому горизонтальному столу движется шайба. Она налетает на другую шайбу, которая до удара покоилась. При каком отношении масс налетающая шайба сможет двигаться после удара перпендикулярно начальному направлению, уменьшив скорость по модулю вдвое?

1887. Изучая некоторое вещество, экспериментатор Глюк обнаружил, что для небольшого изменения объема ΔV требуется увеличить давление на малую величину Δp_1 , если это делать изотермически, и на малую величину Δp_2 , если сжатие производить адиабатически. Кроме того, Глюк измерил удельные теплоемкости c_V при постоянном объеме и c_P при постоянном давлении. К сожалению, результат последнего измерения (c_P) был утрачен. Помогите Глюку по результатам первых трех измерений восстановить значение c_P . Рассмотрите два случая: 1) исследуемое вещество было идеальным газом; 2) исследовалось вещество с неизвестным уравнением состояния.

1888. Плоский «конденсатор», состоящий из двух больших круглых тонких непроводящих пластин площадью S каждая, закрепленных неподвижно на малом расстоянии d друг от друга, заряжен зарядами Q и $-Q$, размазанными равномерно по поверхностям. В центрах пластин проделаны небольшие отверстия.

Вдоль прямой, проходящей через эти отверстия, издали в направлении к конденсатору движется очень маленький шарик массой m , заряженный зарядом q , одноименным с зарядом ближней пластины. Какую минимальную скорость должен иметь шарик на большом расстоянии от пластин, чтобы проскочить через конденсатор? Какую скорость будет иметь шарик на выходе из конденсатора, если его скорость вдвое больше указанной минимальной скорости?

1889. В схеме на рисунке 115 батарейка идеальная. Между точками A и B подключают последовательно соединенные конденсатор емкостью C и резистор сопротивлением R . Какой заряд протечет через этот резистор после подключения? Какое количество теплоты на нем выделится?

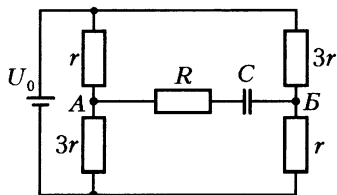


Рис. 115

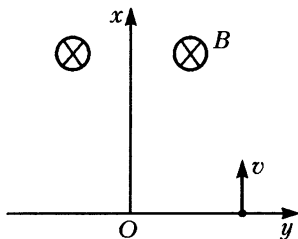


Рис. 116

1890. В неоднородном магнитном поле с индукцией $B = ax$ ($x \geq 0$) стартует частица (рис.116) массой m и зарядом q с начальной скоростью v , направленной вдоль оси Ox . Определите максимальное смещение частицы вдоль оси Ox .

1891. На длинный ферромагнитный стержень намотаны (проводом с очень малым сопротивлением, симметрично относительно середины стержня) две одинаковые катушки, каждая индуктивностью L . Присоединив к выводам одной из катушек генератор звуковой частоты с амплитудой напряжения 1 В, измерили напряжение между выводами второй катушки при помощи вольтметра, имеющего очень высокое сопротивление, — оно оказалось равным 0,2 В (амплитудное значение). Как изменится индуктивность одной из катушек, если соединить между собой выводы второй катушки?

1892. Колебательный контур состоит из разнесенных в пространстве катушки индуктивностью L с малым сопротивлением и плоского конденсатора емкостью C , расстояние между пластинами которого равно d . Пластины конденсатора не заряжены, и ток в контуре не течет. За время $\tau \ll \sqrt{LC}$ в области пространства, где находится конденсатор, создали однородное электри-

ческое поле \vec{E} , направленное перпендикулярно пластинам. Катушка при этом осталась вне электрического поля. Каким будет в дальнейшем максимальный ток в контуре?

1893. В системе на рисунке 117 блоки легкие, нити легкие и практически нерастяжимые. Оси верхних блоков неподвижны,

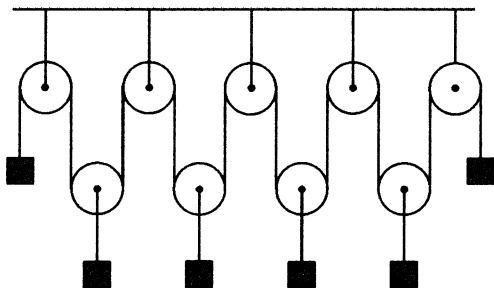


Рис. 117

свободные куски нитей вертикальны. Все грузы, кроме одного – самого правого, имеют массы M , груз справа поменьше, он имеет массу $0,5 M$. Вначале нижние грузы удерживали, затем одновременно отпустили. Найдите ускорения всех грузов.

1894. Большая неподвижная горка имеет форму полусферы радиусом R . Тело массой m втаскивают на горку так, что приложенная к телу внешняя сила в каждой точке направлена по касательной к поверхности горки. Какое минимальное количество теплоты может выделиться при перемещении тела из нижней точки в верхнюю? Коэффициент трения на поверхности горки равен μ .

1895. Очень большое тело имеет массу M и удельную теплоемкость c . Какую максимальную механическую работу можно получить при помощи очень маленькой тепловой машины, используя большое тело в качестве нагревателя? А можно ли получить еще больше? Сколько именно? Во всех случаях считать, что температура окружающей среды T_1 не меняется. Начальная температура тела T_2 выше температуры окружающей среды.

1896. В схеме на рисунке 118 батарейка справа имеет напряжение 5 В, вольтметр справа показывает 6 В. Найдите напряжение второй батарейки и показания остальных двух вольтметров. Все вольтметры одинаковые.

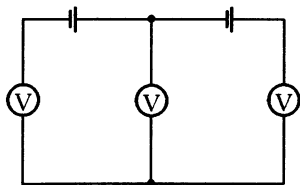


Рис. 118

1897. «Суточный» ТВ-спутник выработал свой ресурс, его заменили другим, запущенным на ту же орбиту. Теперь телевизионные приемники принимают оба сигнала, частоты которых точно совпадают. Найдите «медианный» уровень сигнала на входе приемника (медианным называют уровень, который превышает в половине времени приема). Найдите уровень, ниже которого суммарный сигнал падает в течение 1% времени приема. Уровень сигнала от одного передатчика составляет U_0 . Скорости спутников почти одинаковы, периодически срабатывает система коррекции орбиты.

2004 год

1898. Два футболиста бегут навстречу друг другу по одной прямой, скорости их все время одинаковы и равны 5 м/с. Судья в любой момент времени благоразумно держится поодаль (опыт есть) – на расстоянии ровно 30 м от футболиста в красной форме и на расстоянии 40 м от футболиста в синей форме. Найдите ускорение судьи в тот момент, когда расстояние между футболистами составляет 50 м.

1899. Через блок A переброшена легкая нерастяжимая нить, к одному концу которой прикреплен груз, к другому – ось блока B , через который тоже переброшена нить. К концам этой нити прикреплены еще два груза. Один из трех грузов имеет массу M , два других – по $2M$. Блок A двигают по вертикали с некоторым ускорением. При какой величине этого ускорения два груза из трех могут оставаться неподвижными некоторое время (пока не кончатся нити)? Может быть, вы найдете несколько вариантов решения? Грузы двигаются вертикально.

1900. По шероховатой наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом, с высоты H скатывается однородный сплошной диск. Какое максимальное количество теплоты при этом может выделяться? Точки диска все время находятся в одной вертикальной плоскости.

1901. На pV -диаграмме изображены процессы изотермического и адиабатического расширения одного моля гелия. Кривые пересекаются в точке с координатами 1 атм и 22,4 л. Один сантиметр по оси давлений соответствует 0,1 атм, 1 см по оси объемов – 1 л. Найдите угол, который составляют между собой кривые в точке пересечения графиков.

1902. В откачанном до глубокого вакуума помещении на столе стоит вертикальный цилиндрический сосуд. В сосуде под массивным поршнем находится порция азота. Поршень может двигаться по вертикали без трения. Когда в сосуде установилось равновесие,

поршень толкнули вниз, придав ему мгновенную скорость v_0 . После длительных колебаний в сосуде вновь установилось равновесие. На какое расстояние сместился поршень по отношению к начальному положению? Поршень и сосуд имеют пренебрежимо малые теплоемкости, сосуд теплоизолирован.

1903. Тонкий непроводящий стержень длиной L заряжен равномерно по всей длине. Его издали подносят к закрепленному точечному заряду так, что расстояние от заряда до ближнего конца стержня составляет L . При этом совершается работа A . Какую работу нужно дополнительно совершить, передвигая стержень поближе, чтобы расстояние от ближнего конца стержня до заряда уменьшилось в 3 раза? Стержень после каждого перемещения ориентирован вдоль прямой, проходящей через точку закрепления заряда.

1904. Батарейки с напряжениями 3 В и 6 В соединены последовательно. К их выводам подключили два одинаковых вольтметра, также соединенных последовательно. После подключения резистора между точкой соединения батареек и точкой соединения вольтметров (рис. 119) показание одного из вольтметров увеличилось до 5 В. Что будет показывать этот вольтметр, если второй вольтметр отключить?

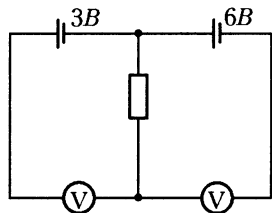


Рис. 119

1905. Двадцать одинаковых конденсаторов емкостью C каждый соединили последовательно и подключили к источнику напряжением U . Подождав немного, пока конденсаторы зарядятся, источник отключили, один из конденсаторов переключили «наоборот» — поменяли местами его выводы — и вместо источника к батарее конденсаторов подключили резистор сопротивлением R . Какой заряд протечет по резистору и сколько тепла в нем выделится?

1906. К батарееке подключен странный «резистор», сопротивление которого все время изменяется: в течение 0,01 с сопротивление составляет 100 Ом, следующие 0,02 с сопротивление равно 200 Ом, и так периодически повторяется. Конечно, при этом изменяется и сила тока в цепи. Для уменьшения изменения тока последовательно с «резистором» включают катушку индуктивности. При какой индуктивности катушки относительное изменение тока в цепи не будет превышать 1%? Элементы цепи считать идеальными.

1907. Маленький источник света движется с постоянной скоростью v вдоль прямой, составляющей угол 10° с главной

оптической осью собирающей линзы. При этом изображение источника также движется вдоль прямой, которая составляет с главной оптической осью линзы угол 20° . Найдите минимальное значение скорости изображения относительно источника. Каково в этот момент увеличение линзы?

1908. Жесткий стержень движется по плоскости. В некоторый момент скорость одного из концов стержня равна по величине 1 м/с , скорость второго конца составляет по величине 2 м/с . Какой может быть в этот момент скорость центра стержня?

1909. Грузы, массы которых M и $2M$, связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок. К оси этого блока привязана еще одна нить, она переброшена через неподвижный блок, а к другому ее концу прикреплен третий груз. При какой массе этого груза один из упомянутых трех грузов может оставаться некоторое время неподвижным после растормаживания системы?

1910. Порция азота занимает объем $V = 20 \text{ л}$ при давлении $p = 0,5 \text{ атм}$ и температуре $T = 300 \text{ К}$. С газом производят следующий процесс: ему медленно сообщают количество теплоты $Q = 300 \text{ Дж}$, при этом температура газа увеличивается на $\Delta T = 10 \text{ К}$. Сжимался газ или расширился?

1911. На тороидальный сердечник из материала с большой магнитной проницаемостью намотали катушку с большим числом витков. Катушку подключили к источнику с большим внутренним сопротивлением – через 1 с ток практически перестал меняться и оказался равным 10 мА . На второй точно такой же сердечник намотали еще одну катушку, используя кусок такого же провода, но вдвое большей длины. Катушки соединили параллельно и снова подключили к тому же источнику. Какие токи будут протекать через катушки через 1 с после подключения? Какими станут эти токи через большое время? Катушки расположены так, что магнитное поле одной из них не создает потока через другую. Провод, которым намотаны катушки, имеет малое удельное сопротивление.

1912. В вашем распоряжении есть резистор сопротивлением 1000 Ом , катушка индуктивностью 1 Гн и конденсатор емкостью 10 мкФ . Источник переменного напряжения частоты 50 Гц имеет амплитуду 1 В . Как нужно соединить элементы цепи, чтобы ток через резистор был минимально возможным (но не нулевым)? Как нужно их соединить, чтобы ток через резистор был максимальным? Найдите амплитуды этих токов. Элементы цепи считайте идеальными.

1913. На плоскости в вершинах правильного треугольника со стороной L находятся три маленькие черепахи. По сигналу они начинают двигаться с постоянными по величине скоростями v_0 , причем каждая черепаха в данный момент движется точно на свою соседку по часовой стрелке. Найдите ускорение черепахи в зависимости от времени.

1914. Очень легкая катушка ниток с внешним радиусом $R = 4$ см и внутренним $r = 3$ см (радиус намотки нити) находится на горизонтальной шероховатой поверхности с коэффициентом трения $\mu = 0,6$. На оси катушки закреплен тонкий тяжелый стержень массой $M = 0,2$ кг. Катушку тянут за горизонтальный кусок намотанной на нее нити силой $F = 1$ Н. Найдите ускорение оси катушки.

1915. Блок представляет собой легкий однородный диск радиусом R , в котором по центру сделана круглая дырка радиусом r и через эту дырку проходит горизонтальная закрепленная ось чуть меньшего радиуса. Коэффициент трения между осью и диском равен μ . Через блок переброшена легкая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузы с массами M и m . Найдите ускорение груза массой M и натяжение нити в точке подвеса этого груза.

1916. В сосуде объемом 1 л находится гелий при температуре 300 К. Плотность газа такова, что длина свободного пробега в нем составляет 0,5 мкм. Понаблюдаем за одной из частиц, которая только что ударилась об одну из стенок сосуда. Каковы ее шансы удариться о противоположную стенку сосуда раньше чем через 0,5 с после этого?

1917. В очень большом теплоизолированном сосуде находится порция азота. Газ сжали до объема 1 л, при этом его давление составило 0,5 атм. Найдите совершенную при сжатии работу.

1918. Две концентрические проводящие сферы не заряжены, а в пространстве между ними, на расстоянии L от центра, закреплен точечный заряд Q . Найдите разность потенциалов между сферами. Какой заряд протечет по тонкому проводнику, если соединить этим проводником сферы?

1919. Медная монета диаметром D и толщиной h скользит плашмя по горизонтальному столу с постоянной скоростью v . Магнитное поле имеет индукцию B и направлено горизонтально под углом φ к направлению вектора скорости. Найдите заряды, которые возникают на плоских поверхностях монеты (монету считать очень тонкой).

1920. Две одинаковые катушки индуктивностью L каждая соединены последовательно и подключены концами к источнику

переменного напряжения частоты ω . Параллельно одной из катушек подключают конденсатор. При какой емкости этого конденсатора напряжения катушек окажутся одинаковыми по величине?

1921. При помощи собирающей линзы получают действительное изображение источника света, который представляет собой короткий прямолинейный отрезок, расположенный на главной оптической оси линзы перпендикулярно этой оси. При этом увеличение составляет $\Gamma = 0,1$. Каким станет увеличение, если повернуть отрезок так, чтобы он составил угол $\alpha = 45^\circ$ с осью линзы?

1922. Плоская волна длиной $\lambda = 0,5$ мм падает перпендикулярно на непрозрачный экран, в котором прорезаны четыре параллельные щели шириной $d = 0,2$ мм каждая, а расстояние между соседними щелями $D = 5$ мм. Вначале стандартный вопрос – найдите угол между нормалью к экрану и направлением на первый минимум излучения. Затем закроем одну из щелей (конечно же, не крайнюю). В каком направлении теперь наблюдается первый минимум? Во сколько раз отличаются интенсивности излучения в главном максимуме и в этом минимуме? («Интенсивность» – это мощность.)

1923. Найдите ускорение оси блока O в системе, состоящей из невесомых блоков, легких нерастяжимых нитей и грузов, массы которых указаны на рисунке 120. Трением пренебречь. Ускорение свободного падения равно g . Участки нити, не лежащие на блоках, вертикальны.

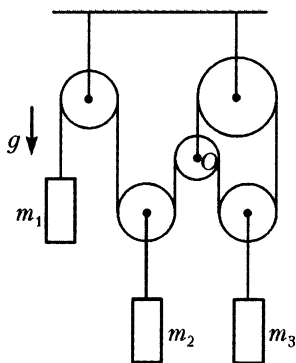


Рис. 120

1924. Динамометр «гимназический» представляет собой подставку массой $M = 0,5$ кг, к которой прикреплена пружинка массой $m = 0,1$ кг, содержащая много

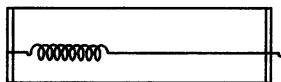


Рис. 121

одинаковых витков (рис.121). Динамометр тянут за крючок силой $F = 1$ Н, направленной вдоль оси пружинки. Что показывает динамометр? Трения между подставкой и столом, а также между пружинкой и подставкой нет.

1925. Стоящий вертикально закрытый цилиндрический сосуд разделен на две части тяжелым поршнем. Поршень изготовлен из материала, который не пропускает воздух, но медленно пропускает гелий. В начальный момент в нижней части сосуда находится воздух, а в верхней – в 5 раз меньшее количество молей гелия. При этом объемы нижней и верхней частей сосуда одинаковы и равны V , а поршень находится в равновесии. Найдите, на какое расстояние сместится поршень спустя достаточно большое время. Площадь поршня S , температура системы все время поддерживается постоянной, трения нет.

1926. Внутри «черного ящика» между клеммами включена схема, состоящая из нескольких одинаковых резисторов. Снаружи к клеммам 1 и 2 подключена батарейка с ЭДС \mathcal{E} и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением, а к клеммам 3 и 4 подключен идеальный вольтметр с нулевым делением посередине шкалы (рис.122). Если включить такой же резистор, как те, что находятся внутри ящика, между клеммами 1 и 3 или 2 и 4, то вольтметр покажет напряжение $+U$, а если включить этот резистор между клеммами

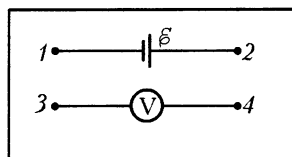


Рис. 122

1 и 4 или 2 и 3, то вольтметр покажет $-U$. Если резистор не включать вовсе, вольтметр показывает нулевое напряжение. Нарисуйте схему возможных соединений внутри ящика, содержащую минимальное число резисторов, и определите величину напряжения U .

1927. В вертикальный цилиндрический стакан налита вязкая жидкость с коэффициентом преломления $n = 1,5$. Сверху в стакан вертикально падает параллельный пучок света постоянной интенсивности. Стакан с жидкостью раскрутили вокруг его оси до угловой скорости $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$, при этом высота столба жидкости на оси стакана стала равной $h = 30 \text{ см}$. На сколько процентов изменилась после раскручивания интенсивность света, падающего вблизи центра дна стакана? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, поглощением света в жидкости и отражением его внутри стакана пренебречь.

1928. Проволока изогнута в форме окружности и зафиксирована (рис.123,а). Вдоль нее может двигаться маленькая бусинка, на которую действуют силы только со стороны проволоки. Вдоль прямой проволоки бусинка движется равномерно, а при движении по криволинейному участку возникает сила трения скольжения с коэффициентом $\mu = 0,05$. В начальный

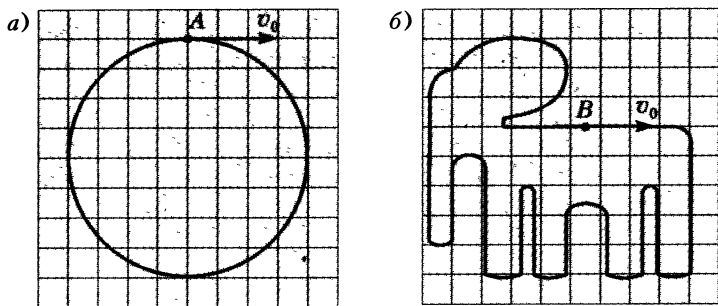


Рис. 123

момент бусинка находилась в точке A и имела скорость $v_0 = 1 \text{ м/с}$. Найдите, какой будет скорость бусинки, когда она в первый раз снова окажется в исходной точке A . Пусть теперь проволока имеет форму плоской замкнутой кривой (рис. 123, б). Найдите в этом случае скорость бусинки, когда она в первый раз снова окажется в исходной точке B .

1929. На горизонтально расположенный отрезок практически нерастяжимой нити длиной L нанизаны N одинаковых бусинок, которые могут скользить по нити без трения, упруго ударяясь друг о друга и о места закрепления концов нити. Полная кинетическая энергия бусинок равна E . Найдите силу натяжения нити. Концы нити прикреплены к двум упругим массивным телам, взаимодействие этих тел друг с другом и с другими телами пренебрежимо мало. Сила тяжести отсутствует.

1930. Вырезанный из листа фанеры прямоугольный треугольник с меньшим острым углом α расположен на горизонтальной поверхности (рис. 124). Чтобы повернуть треугольник относительно

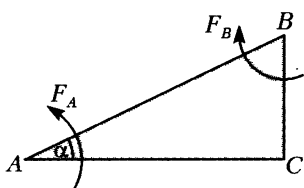


Рис. 124

относительно закрепленной вертикальной оси, проходящей через вершину A , к треугольнику необходимо приложить минимальную горизонтальную силу F_A , а чтобы повернуть его относительно закрепленной вертикальной оси, проходящей через вершину B , потребуется минимальная

горизонтальная сила F_B . Какую минимальную горизонтальную силу необходимо приложить к треугольнику, чтобы повернуть его относительно закрепленной вертикальной оси, проходящей через вершину прямого угла C ? Считайте, что треугольник прижимается к горизонтальной поверхности равномерно по всей площади.

1931. Атомы сорта A летят вдоль оси CC цилиндрического канала радиусом R и сталкиваются с практически неподвижными атомами сорта B . Кинетическая энергия атомов A равна пороговой, так что при центральном ударе образуется молекула AB , которая далее движется со скоростью v . При нецентральной ударе реакция не идет, т.е. атомы сталкиваются упруго. За какое минимальное время после столкновения атомы сорта B смогут от оси цилиндра попасть на стенку канала?

1932. Термодинамический цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор, проводят с порцией гелия. Каким может быть максимальное значение КПД этого цикла, если максимальная температура в цикле составляет $2T_0$, а минимальная равна T_0 ?

1933. Дирижабль завис над гористой местностью. Из-за естественной ионизации у воздуха имеется некоторая проводимость. В результате электрический заряд дирижабля уменьшается в два раза за каждые $\tau = 10$ мин. Найдите удельное сопротивление воздуха.

1934. В схеме на рисунке 125 емкости конденсаторов равны $C = 10$ мкФ и $3C$, сопротивления резисторов равны $R = 1$ кОм и $3R$. Напряжение источника U равномерно увеличивается от нуля до $U_0 = 100$ В за время $\tau = 1$ ч. Найдите количество теплоты, выделившееся за это время в каждом из резисторов.

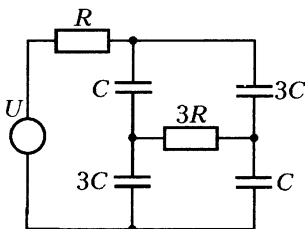


Рис. 125

1935. Из одного куска нихромовой проволоки спаяли прямоугольный треугольник с катетами $3a$ и $4a$. К трем сторонам этого треугольника подсоединили небольшие по размерам вольтметры так, что соединительные провода и стороны треугольника образуют квадраты (рис.126). Вся конструкция находится в одной плоскости, перпендикулярно которой направлено однородное магнитное поле. Индукция поля изменяется со скоростью $\Delta B/\Delta t = k > 0$. Сопротивления вольтметров намного больше сопротивлений сторон треугольника. Найдите показания вольтметров.

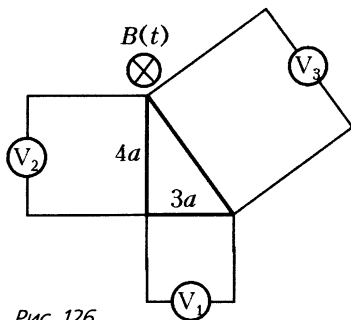


Рис. 126

1936. В цепи на рисунке 127 катушки индуктивности одинаковы, и их можно считать иде-

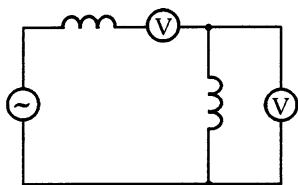


Рис. 127

альными. Сопротивления вольтметров одинаковы, и их можно считать чисто активными («омическими»). Амплитуда гармонического напряжения источника составляет U_0 , а частоту этого напряжения можно менять в широких пределах. Какими

могут быть максимальные показания каждого из вольтметров? Что при этом будет показывать другой вольтметр?

1937. Оптическая система, состоящая из двух тонких двояковыпуклых линз с одинаковыми радиусами кривизны поверхностей, изменяет диаметр падающего на систему пучка параллельных лучей в γ раз, оставляя пучок параллельным после прохождения системы. Если переместить линзы из воздуха в глицерин, то обе линзы останутся собирающими, но их фокусные расстояния увеличатся в α и β раз. Каждая из линз составлена из

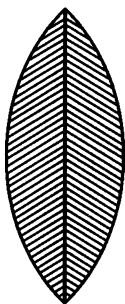


Рис. 128

двух одинаковых плосковыпуклых линз. Их разняли и половинки разных линз соединили вместе (рис.128). Во сколько раз увеличится фокусное расстояние такой композитной линзы, если ее переместить из воздуха в глицерин?

1938. Автомобиль едет вверх по наклонной плоскости. Каким может быть ее максимальный угол наклона, если коэффициент трения между колесами и поверхностью $\mu = 0,6$? С каким максимальным ускорением может начать движение этот автомобиль на горизонтальном участке поверхности? У автомобиля четыре колеса, задние колеса – ведущие. Расстояние между передними и задними осями колес $L = 2$ м, центр масс автомобиля находится на высоте $h = 0,5$ м на равных расстояниях от осей колес.

1939. Моль гелия в сосуде под поршнем получает тепло извне и расширяется. Теплоемкость этой порции газа в данном процессе постоянна и составляет $C = 20$ Дж/К. Какую работу совершит газ при увеличении его объема вдвое? Начальная температура $T = 200$ К, начальное давление $p = 0,5$ атм.

1940. На расстоянии 1 м друг от друга закреплены точечные заряды 1 мкКл и -2 мкКл (заряд противоположного знака). В пространстве возникает электростатическое поле. Найдите максимальную разность потенциалов между точками, в которых напряженность этого поля не превышает по величине значения 1 В/м.

1941. Конденсатор емкостью 1 мкФ и три одинаковые катушки индуктивностью 1 Гн каждая соединены параллельно и подключены к внешней цепи. Сопротивления проводов оказались немного разными, в результате установившиеся токи через катушки составили 1 А , 2 А и 4 А . Внешнюю цепь отключают, и токи катушек начинают изменяться. Найдите максимальные значения каждого из токов. Найдите также максимальное значение заряда конденсатора. Элементы цепи считать идеальными. Сопротивление проводов очень мало.

1942. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы диаметром 1 см с фокусным расстоянием 10 см находится точечный источник света. На какой максимальный угол линза может отклонить падающий на нее луч?

2005 год

1943. По горизонтальному столу скользит плоский лист фанеры, на котором нарисована система координат xu . В данный момент скорость точки A с координатами $(1; 3)$ направлена вдоль оси x и равна 1 м/с . Скорость точки B с координатами $(2; 1)$ составляет в тот же момент угол 45° с осью x . Где находятся точки листа, скорости которых по величине не превосходят 1 см/с ?

1944. В системе на рисунке 129 все блоки одинаковы, их массы практически сосредоточены в тонких осях. Найдите ускорения блоков после того, как мы перережем нить в точке A . Нити считать нерастяжимыми и очень легкими. Свободные куски нитей вертикальны.

1945. На горизонтальном гладком столе покоится клин массой M с углом α при основании. На него наезжает со скоростью v_0 маленькое тело массой m и начинает подниматься вверх по клину (удара при этом не происходит – у основания клина сделан плавный «въезд»). При какой высоте клина H маленькое тело поднимется по нему на самый верх? С какой скоростью будет двигаться клин после того, как маленькое тело его покинет?

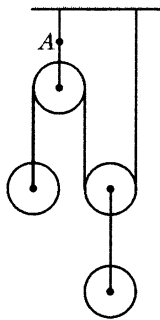


Рис. 129

1946. В сосуде под поршнем находится моль гелия. Медленно нагреваем газ, при этом его объем увеличивается, однако частота ударов частиц о неподвижное дно сосуда остается неизменной. Найдите теплоемкость газа в таком процессе.

1947. В легком тонкостенном сосуде мы нагреваем при помощи кипятильника 1 литр воды. Температура достигает

60 °С и никак дальше не растет. Нам надоело, и мы выключаем нагреватель. За первые 20 секунд вода остывает на 2 градуса. На упаковке кипятильника было написано: «500 ватт, сделано в Китае». Сколько ватт содержит «китайский ватт»?

1948. Три тонкие пластины в виде кругов диаметром D расположены параллельно друг другу, расстояние между соседними пластинами d ($d \ll D$). Средняя пластина равномерно заряжена по поверхности зарядом $2Q$, крайние – тоже равномерно, но зарядами противоположного знака по $-Q$ каждая. Найдите потенциалы центров пластин. Других тел рядом нет.

1949. Мостик из четырех резисторов подключен к батарее. К диагонали мостика подключили последовательно соединенные другую батарейку – ее напряжение известно и составляет 12 В – и амперметр. Показание прибора при этом составило 5 мА. После того как мы поменяли местами выводы батарейки напряжением 12 В, ток через амперметр поменял направление и стал равен 35 мА. Потом поменяли местами батарейки – ток амперметра упал до нуля. Что покажет прибор, если одну из батареек теперь включить «наоборот» (поменять местами выводы)?

1950. Из куска тонкого провода, имеющего сопротивление $r = 100$ Ом, сделали квадратный контур и охватили им длинный соленоид, по которому пропускают изменяющийся со временем по линейному закону ток. Ток в контуре составил при этом $I = 5$ мА. Какое напряжение покажет вольтметр, включенный вместо одной из сторон квадрата? Что будет показывать этот вольтметр в другом случае – если сторону квадратного контура не убирать, а просто подключить вольтметр короткими проводами к концам этой стороны? Сопротивление вольтметра $R = 1000$ Ом.

1951. Одинаковые конденсаторы емкостью C каждый соединяют последовательно, а крайние выводы получившейся цепочки подключают к зажимам последовательно соединенных батареек напряжением U слева и $2U$ справа (рис.130). Немного подождав, между точками A и B включают катушку индуктивностью L . Найдите максимальное значение силы тока через катушку. Найдите также максимальные заряды конденсаторов. Сопротивление проводов считать малым

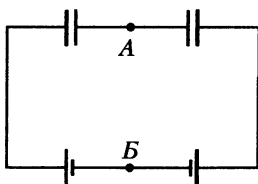


Рис. 130

(но не нулевым!). Батарейки, конденсаторы и катушку считать идеальными.

1952. В фокусе большого параболического отражателя находится точечный источник радиоволн частотой $f = 1000$ МГц, диаметр параболического отражателя $D = 6$ м. Из-за дифракции система излучает расходящийся пучок волн. На сколько нужно отодвинуть источник вдоль оси параболоида, чтобы расходимость пучка увеличилась примерно в три раза?

1953. Пуля вылетает из ствола с уровня земли со скоростью 50 м/с и «втыкается» в землю, закончив свой полет. На каком максимальном расстоянии от точки выстрела она могла оказаться через 3 с после выстрела? Земля в тех местах плоская, сопротивлением воздуха можно пренебречь.

1954. Верхний блок с закрепленной осью склеен из двух дисков, один из которых имеет вдвое больший диаметр, чем другой (рис.131). Легкая нерастяжимая нить намотана на диски и охватывает также нижний блок, причем нижний блок имеет такой диаметр, что свободные куски нити вертикальны. Найдите ускорения грузов. Блоки считать легкими.

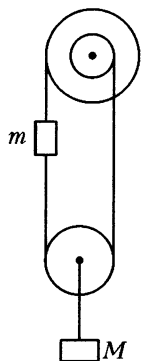


Рис. 131

1955. В вакууме находятся два массивных одинаковых тела, их температуры вначале равны T и $3T$. Если привести тела в соприкосновение, то при выравнивании температур от горячего тела к холодному перетечет количество теплоты Q . Какую максимальную работу можно было бы получить, используя эти тела и тепловую машину? Других тел в нашем распоряжении нет.

1956. Три большие параллельные пластины площадью $S = 2$ м² каждая расположены в вакууме на одинаковых малых расстояниях $d = 1$ мм друг от друга. Заряд средней пластины $Q = 1$ мкКл, заряды двух других Q и $-2Q$. Между крайними пластинами включают резистор сопротивлением $R_1 = 30$ кОм, одновременно с ним еще один резистор сопротивлением $R_2 = 22$ кОм включают между средней пластиной и пластиной с зарядом $-2Q$. Какое количество теплоты выделится при этом в первом резисторе?

1957. Цепь из катушки индуктивностью L и конденсатора емкостью C используют в качестве фильтра низких частот (рис.132). При увеличении частоты генератора начиная с некоторой частоты напряжение на нагрузке уменьшается и при дальнейшем увеличении частоты ста-

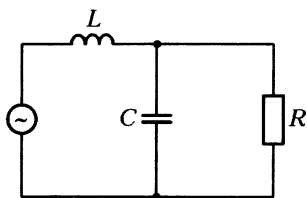


Рис. 132

новится совсем малым. При каком сопротивлении нагрузки R напряжение с увеличением частоты генератора будет меняться монотонно? (Если взять R достаточно большим, то будет явно выражен резонанс – при приближении к собственной частоте LC -контура напряжение нагрузки будет резко возрастать и только потом, на еще больших частотах, будет уменьшаться.)

1958. На тонкий прямой стержень длиной $L = 10$ м насажены $N = 20$ одинаковых маленьких бусинок, которые могут скользить по нему без трения. Скорости бусинок одинаковы и составляют $v = 2$ м/с, а при столкновениях друг с другом и с упорами стержня скорости бусинок меняют направление, оставаясь прежними по величине. В начальный момент половина бусинок едет вправо, половина – влево. Сколько ударов бусинок об упоры стержня произойдет за время $T = 1$ ч? А сколько всего ударов произойдет за это время между бусинками?

1959. Материальная точка движется вдоль отрезка прямой, длина которого $L = 2$ м. Скорость точки в начале отрезка $v_1 = 0,2$ м/с, в конце отрезка $v_2 = 0,4$ м/с. Известно, что скорость все время увеличивалась, но ускорение не превосходило $a_0 = 0,1$ м/с². Каким могло быть среднее ускорение точки на этом отрезке?

1960. Туман состоит из огромного количества мельчайших капелек воды, неподвижно висящих в воздухе. Масса капелек в 1 л воздуха составляет 1 г (средняя плотность тумана получается в 1000 раз меньше плотности воды). Маленькая капля воды начинает падать на землю с высоты 5 м, «впитывая» встреченные капельки. Считая, что капля сохраняет форму шарика, найдите ее диаметр перед падением на землю.

1961. На гладком горизонтальном столе лежит твердый кубик. На него налетает мягкий довольно упругий кубик такой же массы, и между ними происходит лобовой удар. Скорость мягкого кубика после удара уменьшилась в 10 раз. Какая часть максимальной энергии деформации перешла в тепло при этом ударе? Считайте, что все тепло выделяется в мягком кубике при его деформировании.

1962. На сложенных вместе двух нитях длиной L каждая подвешено тело массой M (рис.133). На расстоянии $L/3$ от верхнего конца между нитями вставили очень легкую горизонтальную распорку общей длиной d ,

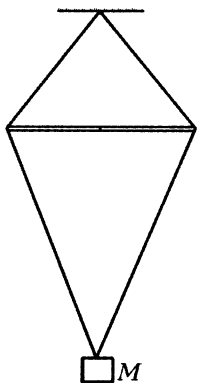


Рис. 133

состоящую из двух соединенных торцами половинок. Найдите силу, с которой одна половинка распорки действует на другую.

1963. На pV -диаграмме изображен замкнутый процесс (рис.134). Кривая – это дуга окружности, прямая – вертикальна и соответствует охлаждению газа при постоянном объеме. Считая, что этот процесс проводят с порцией гелия, найдите

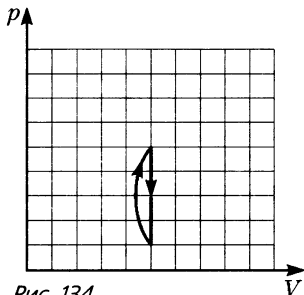


Рис. 134

КПД получившейся тепловой машины. Отношение максимального давления к минимальному в этом цикле равно 5, а минимальный объем составляет 0,9 от максимального.

1964. Три большие проводящие пластины площадью $S = 2 \text{ м}^2$ каждая расположены параллельно друг другу, расстояние между соседними пластинами $d = 1 \text{ см}$. На одну из крайних пластин помещен заряд $Q = 1 \text{ мкКл}$, на вторую, среднюю, пластину – заряд $2Q$, на третью пластину – заряд $-3Q$. Между первой и второй пластинами включают резистор сопротивлением $r = 100 \text{ Ом}$. Одновременно с этим резистор сопротивлением $R = 100 \text{ кОм}$ включают между первой и третьей пластинами. Найдите количество теплоты, которое выделится в каждом из резисторов.

1965. К батарееке подключены три вольтметра, соединенные последовательно. Показания вольтметров составляют при этом 0,5В, 1В и 2 В (должно быть, разные попались вольтметры). Изменим соединение – включим теперь два вольтметра параллельно, к ним присоединим последовательно третий вольтметр, а к выводам всей цепи подключим батарейку. Оказалось, что один из вольтметров при таком переключении свои показания не изменил. А что показывают остальные два вольтметра? Напряжение батарейки считать неизменным.

1966. В экономичном современном фонарике (вместо лампочки там используется очень яркий светодиод) применяют накопитель энергии – конденсатор большой емкости 0,1 Ф (это не шутка, такие конденсаторы выпускают уже больше 30 лет, в последние годы они сильно подешевели). А «накачивают» его энергией, встряхивая фонарик, – при этом цилиндрический магнит длиной 2 см и диаметром 1 см проскакивает то в одну, то в другую сторону через катушку, содержащую 1000 витков и намотанную в 10 слоев на длине 2 см. Длина трубки, в которой движется магнит, равна 7 см, на концах трубки сделаны эластич-

ные упоры – магнит при ударе о такой упор останавливается. Считая магнитную индукцию поля у торца магнита равной 0,2 Тл, оцените время, за которое можно зарядить конденсатор до напряжения 3 В. Чтобы конденсатор не разряжался через катушку, его подключают через диод.

1967. К звуковому генератору подключают последовательно соединенные конденсатор емкостью $C = 1$ мкФ и катушку индуктивностью $L = 1$ Гн. Частоту генератора меняют, измеряя при этом напряжение на катушке вольтметром, имеющим сопротивление $R = 20$ кОм. На какой частоте показания вольтметра будут наибольшими? Найдите максимальное напряжение, которое покажет вольтметр. Напряжение генератора все время равно $U = 1$ В (эффективное значение). А что будет, если вольтметр переключить и измерять напряжение на конденсаторе? Катушку и конденсатор считать идеальными, сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением генератора пренебречь.

1968. Капля ртути на чистой горизонтальной поверхности стекла и капля воды на ворсистой поверхности травинки подобны друг другу по форме. Оцените отношение масс этих капель. Плотности ртути и воды равны $\rho_r = 13,6$ г/см³ и $\rho_v = 1$ г/см³, а их коэффициенты поверхностного натяжения составляют $\rho_p = 0,46$ Н/м и $\rho_v = 0,07$ Н/м соответственно.

1969. Горизонтальный закрытый теплоизолированный цилиндр разделен на две части тонким теплопроводящим поршнем, который прикреплен пружиной к одной из торцевых стенок цилиндра. Слева и справа от поршня находятся по ν молей идеального одноатомного газа. Начальная температура системы T , длина цилиндра $2l$, собственная длина пружины $l/2$, удлинение пружины в состоянии равновесия x . В поршне проделали отверстие. На сколько изменится температура системы после установления нового состояния равновесия? Теплоемкостями цилиндра, поршня и пружины пренебречь. Считать, что трения нет.

1970. Две очень длинные цилиндрические трубы имеют одну и ту же длину, а их радиусы равны R и $R - r$, причем $r \ll R$. Труба меньшего радиуса вставлена в большую так, что их оси и торцы совпадают. Трубы заряжены равномерно по площади электрическими зарядами: внутренняя с поверхностной плотностью заряда $+\sigma$, а внешняя – с поверхностной плотностью $-\sigma$. На оси этой системы вблизи от одного из торцов измеряют напряженность электростатического поля E . Найдите, как зависит E от расстояния x до этого торца.

1971. Имеется бесконечная сетка, составленная из одинаковых проволочек (рис.135). Известно, что сопротивление, измеренное между точками 1 и 2 этой сетки, равно R , а между точками 1 и 3 — r (на самом деле, эти сопротивления связаны определенным образом, но не будем усложнять себе задачу). Найдите сопротивление между точками 1 и 4, выразив его через R и r .

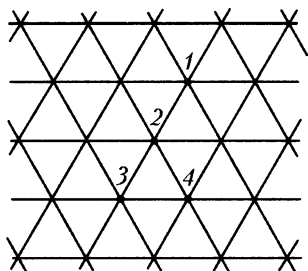


Рис. 135

1972. На высоте h от горизонтальной плоскости находится тонкое непроводящее кольцо массой m и радиусом R , по которому равномерно распределен заряд q . В момент времени $t = 0$ кольцо начинает падать без начальной скорости, сохраняя в полете горизонтальное положение. Одновременно с началом падения кольца включается магнитное поле, ось симметрии которого совпадает с осью кольца. Вблизи кольца магнитное поле однородно, направлено вертикально, а его индукция нарастает со временем по закону $B = kt^2$, где k — постоянная величина. Упав на плоскость, кольцо быстро останавливается и прилипает к ней. Найдите количество теплоты, которое при этом выделится в данной системе. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения равно g .

1973. Камень бросают под углом α к горизонту, придав ему начальную скорость v_0 . Точка падения камня на H ниже точки броска. Вектор скорости камня в полете поворачивается. Найдите максимальное и минимальное значения угловой скорости этого вращения. Земля, как известно, плоская; считайте, что воздуха на ней нет.

1974. По гладкому горизонтальному столу может двигаться куб массой M . На нем находится другой куб — поменьше, его масса m . На кубы действуют горизонтальные силы: F — на нижний и f — на верхний. Силы эти параллельны, приложены к центрам кубов и направлены в одну сторону. Найдите ускорения кубов. Коэффициент трения между верхним и нижним телами равен μ . Кубы двигаются поступательно, не вращаясь.

1975. В системе, изображенной на рисунке 136, грузы имеют одинаковые массы, блоки и нити очень легкие, нити нерастяжимы, свободные их куски

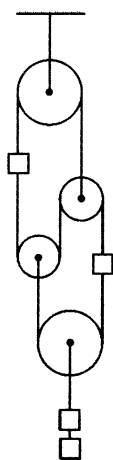


Рис. 136

вертикальны. Найдите ускорения блоков. Ось самого верхнего блока закреплена.

1976. Население Земного шара составляет в наши дни приблизительно 4,5 миллиарда человек. Сколько килограммов воздуха приходится на каждого человека?

1977. Средняя квадратичная скорость молекул воздуха в комнате 500 м/с, длина свободного пробега 0,01 мм. В данный момент выбранная для наблюдения молекула находится посредине квадратной комнаты площадью 25 м². Оцените среднее время, необходимое для ее путешествия до одной из стен.

1978. Медная тонкостенная сфера радиусом R заряжена, полный заряд сферы равен Q . На расстоянии $R/3$ от центра сферы находится точечный заряд q , а на расстоянии $3R$ от центра сферы помещен точечный заряд $2q$. Найдите потенциалы центра сферы и самой сферы. Какой заряд протечет по тонкому проводу, если этим проводом сферу заземлить?

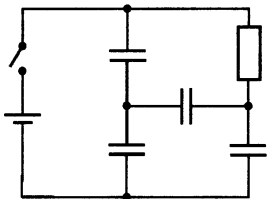


Рис. 137

1979. В изображенной на рисунке 137 цепи конденсаторы одинаковы, емкость каждого $C = 100$ мкФ, резистор имеет сопротивление $R = 100$ кОм, батарейка с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В обладает внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. Цепь замыкают. Какой ток течет по резистору через

время $\tau = 0,1$ с после включения, и какой ток в этот же момент течет через батарейку? Какое количество теплоты выделится в резисторе за большое время?


1980. В одной плоскости с длинным прямым проводом закреплено маленькое сверхпроводящее кольцо из очень тонкого провода. Диаметр кольца $d = 1$ см, центр кольца находится на расстоянии $H = 1$ м от провода, индуктивность кольца $L = 10$ мкГн. По проводу пропускают электрический ток — сила тока быстро возрастает от нуля до $I = 10$ А. Какой установившийся ток потечет по кольцу? Какая сила при этом будет действовать на кольцо?

1981. К источнику переменного напряжения (звуковой генератор) подключена последовательная цепь, состоящая из катушки индуктивностью $L = 1$ Гн, конденсатора емкостью $C = 1$ мкФ и резистора сопротивлением R . Будем увеличивать частоту напряжения источника, сохраняя неизменной его амплитуду. При каких условиях напряжение, измеренное идеальным вольтметром на выводах конденсатора, будет при увеличении частоты вначале увеличиваться, а затем уменьшаться? На какой частоте

1982. Источник света, имеющий очень маленькие размеры, движется вдоль главной оптической оси собирающей линзы с постоянной скоростью v , а линза движется навстречу ему с неизменной скоростью $2v$. В некоторый момент скорость изображения оказалась по величине равной v (все три скорости заданы относительно неподвижной системы отсчета). Найдите увеличение, которое дает линза в этот момент. С каким ускорением движется в этот момент изображение? Изображение получают на экране, расположенном перпендикулярно главной оптической оси линзы, фокусное расстояние линзы равно F .

1984. Моль гелия находится в сосуде объемом 10 л при температуре 300 К. Объем газа увеличивают, при этом теплоемкость его во всем процессе равна $C = 1000$ Дж/К (и остается постоянной!). Оцените изменение температуры газа при его расширении в 20 раз.

1985. Батарейку напряжением $U = 6$ В с малым внутренним сопротивлением подключают к цепи, изображенной на рисунке 139. Конденсаторы имеют одинаковые емкости $C = 100$ мкФ, резисторы также одинаковые, сопротивлением $R = 10$ кОм каждый. Какой полный заряд протечет через «горизонтальный» резистор? Какое количество теплоты в нем выделится?

1986. Катушка содержит $N =$  *Рис. 139*
 $= 1000$ витков провода и намотана на тороидальный сердечник, сделанный из материала с большой магнитной проницаемостью. Катушка включена в сеть переменного напряжения $U = 36$ В последовательно с резистором сопротивлением $R = 100$ Ом. От части катушки ($n = 250$ витков от одного из концов намотки) сделан отвод, и эта часть катушки замкнута проводником, имеющим очень малое сопротивление. Какой ток течет по этому проводнику? Рассеянием магнитного

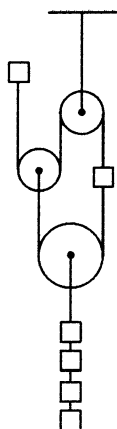


Рис. 138

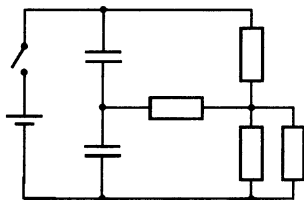


Рис. 139

потока пренебречь. Сопротивление провода, которым намотана катушка, считать малым.

1987. Для уменьшения отражения света от поверхности линзы применяют просветляющий слой из материала с меньшим коэффициентом преломления, чем у стекла линзы. Расчет этого слоя обычно производят для длины волны $0,55 \text{ мкм}$, соответствующей зеленому цвету. Как изменится при этом отражение света для красного и фиолетового краев диапазона видимого света?

2006 год

1988. Кролик бежит по прямой с постоянной скоростью v_1 , за ним по плоскости гонится лиса. Скорость лисы v_2 постоянна по величине и все время направлена в ту точку, где находится в данный момент кролик. В некоторый момент расстояние между участниками забега составляет L , а

угол между векторами их скоростей равен α . Найдите ускорение лисы в этот момент.

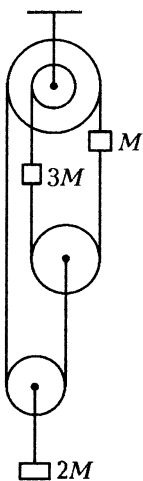


Рис. 140

1989. В системе на рисунке 140 ось верхнего блока закреплена, а сам этот блок склеен из двух блоков разных радиусов – один из радиусов ровно вдвое больше другого. Радиусы подвижных блоков подобраны так, что свисающие концы нити вертикальны. Масса маленького груза справа наверху равна M ; на нити, намотанной на малый диаметр верхнего блока, закреплен груз массой $3M$; масса нижнего груза $2M$. Систему вначале удерживают, затем отпускают, и начинается движение. Найдите ускорения подвижных блоков. Во сколько раз отличаются угловые ускорения верхнего (двойного) и самого нижнего блоков?

1990. На тонкой легкой нити к потолку подвешен маленький шарик массой M ; период малых колебаний получившегося маятника равен T_0 .

Шарик отводят в сторону и толчком придают ему начальную скорость – такую, что он описывает окружность, лежащую в горизонтальной плоскости. Каким может быть время одного оборота шарика, если нить выдерживает натяжение не более $10Mg$?

1991. В компьютерной модели по дну квадратной коробки площадью 1 м^2 скользят две одинаковые шайбы радиусом 1 см . Скорости шайб по величине все время равны 1 м/с , а направление скоростей меняется случайным образом при столкновениях шайб со стенками коробки и между собой. Оцените, за какое

время произойдет 1000 ударов между шайбами. Сколько раз за это время шайбы ударятся о все стенки коробки?

1992. Цикл Карно $1-2-3-4-1$ (рис.141), проводимый с порцией идеального газа, имеет термодинамический КПД η_0 . Цикл разделили на два – первый $1-2-4-1$ и второй $4-2-3-4$ (процесс $4-2$ идет при повышении давления и объема газа, и зависимость давления от объема на этом участке линейная). Известен термодинамический КПД первого цикла ($1-2-4-1$), он равен η_1 . Найдите аналогичный КПД η_2 второго цикла.

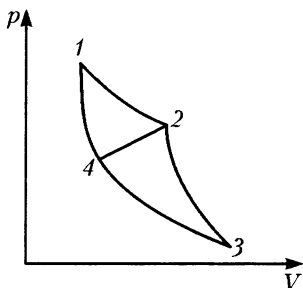


Рис. 141

1993. Из очень тонкой проволоки сделали окружность, припаяли диаметр из такой же проволоки и еще один диаметр – перпендикулярно первому. Середины «диаметральных» проволок соединили между собой. Один из выводов омметра присоединили к произвольной точке окружности, другой – к диаметрально противоположной ее точке. Во сколько раз отличаются максимальное и минимальное значения показаний прибора?

1994. Параллельные проводящие рельсы расположены горизонтально на расстоянии d друг от друга и помещены в однородное магнитное поле, вектор индукции которого \vec{B}_0 направлен перпендикулярно их плоскости. Рельсы замкнуты резистором большого сопротивления R . Вдали от резистора на рельсах лежит массивный проводящий стержень, он составляет угол 45° с рельсами. С какой силой нужно действовать на стержень в горизонтальном направлении, чтобы он скользил вдоль рельсов поступательно с постоянной скоростью v_0 ?

1995. Параллельно друг другу подключены две катушки, индуктивности которых 1 Гн и 2 Гн, и конденсатор емкостью 100 мкФ. Конденсатор в данный момент заряжен до напряжения 200 В, а через катушки текут одинаковые (и одинаково направленные) токи по 0,1 А. Найдите максимальный ток через катушку индуктивностью 1 Гн. Оцените, через какое время напряжение конденсатора изменит знак на противоположный (можно было бы посчитать и точно, но расчет получился бы довольно громоздким). Элементы цепи считайте идеальными.

1996. Конденсатор емкостью C и катушка индуктивностью L соединены друг с другом, и в получившемся контуре происходят

колебания. В тот момент когда напряжение конденсатора составляло U_1 , а через катушку тек ток I_1 , параллельно контуру подключили резистор сопротивлением R . Какое количество теплоты выделится в резисторе? Какой заряд протечет через катушку, начиная с этого момента?

1997. К точка A и B схемы, изображенной на рисунке 142, подключают источник переменного напряжения 36 В, 50 Гц.

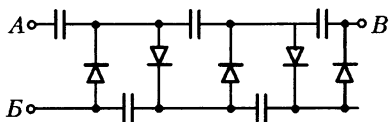


Рис. 142

Что покажет вольтметр с большим внутренним сопротивлением, если включить его между точками B и V ? Конденсаторы в схеме имеют емкости, например, 1 мкФ. Диоды можно считать идеальными. Придумайте также хорошее название для этой схемы.

Оды можно считать идеальными. Придумайте также хорошее название для этой схемы.

1998. Автомобиль едет по прямой дороге. За первый час пути его средняя скорость составила 50 км/ч, еще час он ехал со средней скоростью 70 км/ч, затем ровно час простоял в пробке. Остаток пути он ехал с постоянной скоростью 40 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

1999. Спутник вращается вокруг Земли по круговой орбите, все время находясь над одной и той же точкой экватора («суточный» спутник). По совершенно непонятной причине спутник вдруг остановился (его скорость относительно центра Земли стала нулевой). Оцените время падения спутника на Землю с точностью не хуже 1%.

2000. В горизонтальном цилиндрическом сосуде находится порция гелия. Сосуд закрыт массивным поршнем, который может двигаться по горизонтали без трения. С газом в сосуде проводят два опыта: наружное давление увеличивают в три раза — один раз очень быстро, другой раз очень медленно. В каком из опытов конечный объем газа окажется меньше? Во сколько раз меньше?

2001. Очень тонкий непроводящий стержень длиной L равномерно заряжен по длине полным зарядом Q . Маленькое проводящее кольцо радиусом R сделано из очень тонкой проволоки, его центр совпадает с одним из концов стержня, а плоскость кольца перпендикулярна стержню. Заряд кольца q . С какой силой стержень действует на кольцо?

2002. К батарее с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r подключают параллельно соединенные резистор сопротивлением R и катушку индуктивностью L . Какое количество теплоты выделится в резисторе за большое время?

2003. Тонкое велосипедное колесо раскрутили вокруг его оси, удерживая ее неподвижной. При этом пришлось совершить работу A и вся эта работа пошла на увеличение механической энергии колеса. Колесо осторожно поставили на горизонтальную поверхность тележки такой же массы, которая может свободно двигаться по гладкому горизонтальному столу. Какое максимальное количество теплоты может выделяться в системе, пока колесо не покинет тележку? Колесо во время движения остается вертикальным.

2004. На гладком горизонтальном столе находится тележка массой 3 кг, на ее поверхности лежит очень легкий лист бумаги, на нем – груз массой 1 кг. Лист бумаги тянут в горизонтальном направлении силой 10 Н. С каким ускорением движется этот лист, если коэффициент трения между бумагой и каждым из тел составляет 0,7?

2005. Через легкий блок, закрепленный на большой высоте над горизонтальной поверхностью земли, переброшена гибкая веревка. Концы веревки сложены внизу двумя «бухтами», которые не препятствуют движению. С одной стороны блока за веревку ухватился человек массой $M = 60$ кг, который быстро перебирает руками, стараясь висеть на одной высоте над землей. При некоторой установившейся скорости движения веревки это ему удастся. Найдите эту скорость. Масса одного метра веревки $\rho = 2$ кг/м. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с². Трение в блоке отсутствует.

2006. Теплоизолированный сосуд, содержащий гелий при температуре $T_0 = 30$ К, движется со скоростью $v = 1000$ м/с. Какой станет температура газа в сосуде через некоторое время после резкой остановки сосуда? Теплообменом газа со стенками сосуда пренебречь. Моль гелия имеет массу $M = 4$ г/моль.

2007. В цилиндре под поршнем находится при нормальных условиях порция гелия в количестве $\nu = 2$ моль. Ей сообщают количество теплоты $Q = 100$ Дж, при этом температура гелия увеличивается на $\Delta T = 10$ К. Оцените изменение объема газа, считая его теплоемкость в этом процессе постоянной.

2008. Закрепленная неподвижно непроводящая тонкостенная сфера массой M равномерно заряжена по поверхности полным зарядом Q . Из нее вырезают маленький кусочек, масса которого равна $1/10000$ массы сферы, сминают его в крошечный комочек, помещают в центр сферы (заряд кусочка при этом сохраняется) и отпускают. Какая скорость у него будет на большом расстоянии от сферы? А какую скорость он приобретет к моменту вылета из сферы? Силы тяжести отсутствуют.

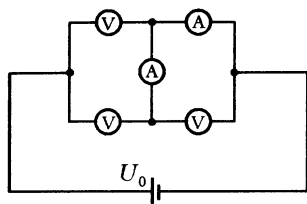


Рис. 143

2009. К идеальной батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 1,3$ В подключена мостиковая электрическая цепь, собранная из трех одинаковых вольтметров и двух одинаковых миллиамперметров, причем один из миллиамперметров включен в диагональ мостика (рис.143). Известно, что показания миллиамперметров отличаются в 3 раза. Определите показания каждого из вольтметров.

Сопротивление вольтметра больше, чем у миллиамперметра.

2010. Две одинаковые легкие пружины прикреплены к маленькому массивному телу. Одна из пружин другим концом прикреплена к полу, другая пружина – к потолку. Рассмотрим два варианта малых колебаний тела – в вертикальном и горизонтальном направлениях. Найдите отношение периодов таких колебаний. Пружины в положении равновесия вертикальны. Начальные длины пружин считать малыми.

2011. Параллельно включены катушки с индуктивностями L и $2L$ и резистор сопротивлением R . В данный момент токи через катушки одинаковы по величине, текут в одну сторону и составляют I_0 каждый. Какой полный заряд протечет через резистор за большое время и сколько тепла выделится в резисторе? Указанные элементы цепи считать идеальными, никаких других элементов в цепи нет.

2012. Катушку индуктивности и конденсатор соединили параллельно и подключили к сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц последовательно с амперметром переменного тока (сопротивление амперметра очень мало). Показания амперметра составили при этом 0,015 А. Теперь катушку и конденсатор соединили последовательно и вновь подключили к сети. Напряжение, измеренное на конденсаторе вольтметром (его сопротивление можно считать очень большим), составило 300 В, а напряжение на зажимах катушки оказалось равным 85 В. Считая показания приборов точными, определите по этим данным емкость конденсатора, индуктивность катушки и сопротивление провода, которым намотана катушка. Конденсатор можно считать идеальным, потери в сердечнике катушки очень малы – неидеальность катушки определяется сопротивлением провода, которым она намотана.

2013. На горизонтальной плоскости сидит лягушка. Навстречу ей издалека катится барабан радиусом R . Центр барабана движется со скоростью v . С какой наименьшей скоростью

должна подпрыгнуть лягушка, чтобы перепрыгнуть барабан, слегка коснувшись его только в верхней точке? Размерами лягушки можно пренебречь.

2014. В системе, изображенной на рисунке 144, массы всех трех грузов одинаковы и равны m . Нить, соединяющая грузы 1 и 2, невесома

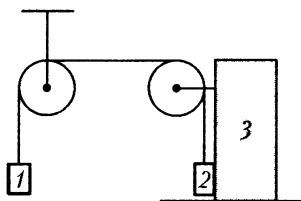


Рис. 144

и нерастяжима; ее участки, не лежащие на блоках, вертикальны или горизонтальны; блоки невесома; трения нет. Груз 3 движется по горизонтальной плоскости не опрокидываясь. Найдите ускорения всех трех грузов. Ускорение свободного падения равно g .

2015. Найдите сопротивление между клеммами A и B цепи, изображенной на рисунке 145 и состоящей из бесконечного числа одинаковых резисторов сопротивлением R каждый.

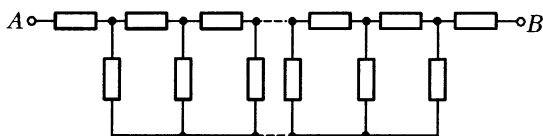


Рис. 145

2016. Во всех точках кривой A , изображенной на рисунке 146, потенциал электрического поля, созданного неподвижными точечными зарядами $q_1 = 4$ нКл и $q_2 = 1$ нКл, равен $\phi = 900$ В. Определите расстояние l между зарядами. Постоянная в законе Кулона равна $k = 9 \cdot 10^9$ Н \cdot м²/Кл².

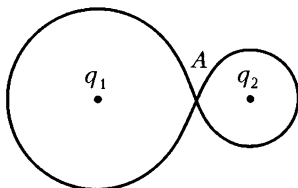


Рис. 146

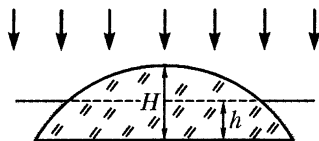


Рис. 147

2017. В воду с показателем преломления n_v частично погружена тонкая стеклянная плосковыпуклая линза, причем ее плоская сторона горизонтальна и находится под водой, а толщина линзы H (рис.147). На эту систему вертикально падает параллельный пучок света. На глубинах l и $L > l$ в воде

возникают два одинаково ярких изображения. Каковы радиус R выпуклой поверхности линзы, показатель преломления n материала линзы и глубина h ее погружения в воду? Отражением света от воды и от линзы, а также поглощением света пренебречь.

2018. Точка движется вдоль оси X , скорость точки пропорциональна квадрату ее координаты. Средняя скорость точки на участке (1 м; 2 м) составила 1 м/с. Найдите среднюю скорость на участках (2 м; 4 м) и (1 м; 4 м).

2019. На тонком и легком жестком стержне длиной L закреплены два тела – массой M посередине стержня и массой $2M$ на одном из его концов. Другой конец стержня закреплен шарнирно. Получившийся маятник раскачивается в вертикальной плоскости, максимальный угол отклонения от вертикали составляет 1° . Найдите период колебаний этого маятника и максимальную разность натяжений половин стержня при движении.

2020. Крыло аиста имеет поперечную площадь 2 м^2 , оно движется вниз с постоянной скоростью 2 м/с в течение интервала времени $0,2 \text{ с}$ и столько же времени – вверх. Может ли аист при собственной массе 2 кг лететь на постоянной высоте с грузом массой 3 кг ? Для тех, кто не видел аиста: у него ровно два крыла.

2021. В глубинах космоса, вдали от всех других тел, летает жидкая планета из ртути – огромный однородный шар. Ускорение свободного падения на поверхности планеты составляет 1000 м/с^2 . Стальной шарик объемом 1 см^3 находится на расстоянии трети радиуса планеты от ее центра. Найдите полную силу, которая действует на шарик. Плотность ртути $13,6 \text{ г/см}^3$, плотность стали $7,8 \text{ г/см}^3$.

2022. Порция разреженного гелия находится в сосуде с поршнем. С гелием проводят замкнутый тепловой цикл, который состоит из четырех стадий. На первой стадии газ расширяется вдвое, при этом давление газа все время пропорционально его объему. На второй стадии газ продолжает расширяться – но уже при неизменном давлении, объем газа на этой стадии увеличивается еще в 4 раза. Следующая стадия – давление газа снова пропорционально его объему, газ охлаждается, пока его давление не упадет вдвое. И, наконец, четвертая стадия – охлаждение при неизменном давлении до начального состояния. Найдите термодинамический КПД этого цикла.

2023. На горизонтально расположенном непроводящем стержне закреплены два маленьких тела, заряженных положительно (заряды нам неизвестны). Еще одно положительно заряженное тело – маленькая бусинка – может двигаться без трения вдоль стержня. Бусинка совершает малые колебания около положения

равновесия. Во сколько раз изменится период таких колебаний, если расстояние между неподвижными зарядами уменьшится вдвое (разумеется, их для этого придется сделать на некоторое время подвижными)?

2024. К обычной сети 220 В, 50 Гц подключены последовательно соединенные конденсатор емкостью 1 мкФ и нагреватель – резистор. Найдите максимальную мощность такого нагревателя. Кстати – зачем там понадобился конденсатор?

2025. К «мосту» из конденсаторов (рис.148) подключили батарейку напряжением U_0 , затем ее отключили, а между точками А и В включили катушку индуктивностью L . Найдите максимальный ток через катушку. Найдите также полный заряд, протекший через катушку, и выделившееся в ней количество теплоты. Сопротивление соединительных проводов очень мало, сопротивление провода, которым намотана катушка, считать небольшим.

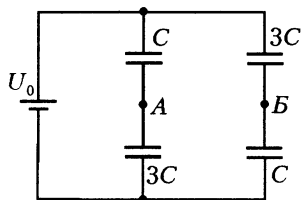


Рис. 148

2026. Для задержки во времени звуковых сигналов в прежние годы часто использовали массивную пружину, вдоль которой распространялась упругая волна. Итак, длинная однородная пружина лежит на гладком горизонтальном столе. За один конец пружину начинают растягивать, при этом ее длина увеличивается за 1 с на 5 см. Через какое время упругая волна добежит до второго конца пружины? Длина всей пружины 5 м, полная ее масса 2 кг, а жесткость 100 Н/м.

2027. Дно очень узкого и глубокого колодца квадратного сечения освещают подвешенной на уровне земли маленькой лампочкой, равноудаленной от его стенок. Стенки колодца зеркальные, но покрыты тонким ровным слоем пыли, так что отражается только 98% энергии падающего света. Во сколько раз темнее станет в центре дна колодца, когда пыли со временем станет в 2 раза больше?

2028. Легкий жесткий стержень длиной L с двумя маленькими массивными шариками на концах – масса нижнего шарика M , верхнего m – поставили на шероховатую горизонтальную поверхность под углом α к вертикали и отпустили. При каких значениях коэффициента трения μ между стержнем и столом проскальзывание начнется сразу после того, как мы отпустим стержень? Найдите ускорения шариков сразу после отпускания для конкретного случая: $M = m$, $\alpha = 30^\circ$, $\mu = 0,2$.

2029. В глубоком космосе летает сосуд, содержащий кислород при температуре 300 К и давлении 1 атм. Непонятно откуда взявшаяся пуля пробивает в стенке сосуда небольшое отверстие, и газ начинает вытекать из сосуда. Рассмотрим момент, когда масса газа в сосуде уменьшилась на 1%. Оцените среднюю кинетическую энергию вылетевших наружу молекул.

2030. Цикл тепловой машины состоит из двух изотермических участков – сжатия при температуре T и расширения при температуре $3T$, а также двух изобарических участков. Известно, что на участке изотермического расширения газ, а именно гелий, получает вдвое больше тепла, чем на участке изобарического расширения. Определите термодинамический КПД этого цикла.

2031. Конденсаторы с емкостями 1 мкФ и 2 мкФ соединили последовательно и подключили к источнику напряжения 300 В. После этого источник отключили, а вместо него включили резистор сопротивлением 30 кОм. Одновременно резистор сопротивлением 10 кОм подключили параллельно выводам конденсатора большей емкости. Найдите заряды, протекающие через каждый из резисторов за большое время. Какое количество теплоты выделилось в меньшем из резисторов? Сопротивление проводов мало.

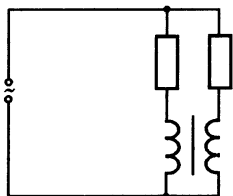


Рис. 149

Найдите заряды, протекающие через каждый из резисторов за большое время. Какое количество теплоты выделилось в меньшем из резисторов? Сопротивление проводов мало.

2032. Трансформатор (рис.149) имеет две одинаковые обмотки, каждая обмотка содержит большое количество витков, тороидальный сердечник трансформатора сделан из материала с большой магнитной проницаемостью. Сопротивления резисторов 1 кОм и 3 кОм, индуктивность одной обмотки 10 Гн. Цепь подключена к источнику переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Найдите токи через резисторы.

2007 год

2033. По прямой дороге бежит кролик, его скорость постоянна и равна $v = 2$ м/с. Кролика замечает лиса – она находится в этот момент на расстоянии $L = 40$ м от дороги (кролик в этот момент также находится на расстоянии L от лисы). Лиса бросается в погоню, ее скорость равна по величине скорости кролика. На каком минимальном расстоянии от кролика лиса сможет оказаться через время $t = 40$ с после начала погони? Считать лису и кролика материальными точками.

2034. По гладкой горизонтальной поверхности подставки скользит маленькая гантелька, состоящая из очень тонкого

легкого стерженька длиной 5 см и двух маленьких массивных шариков на концах (рис.150). Скорость гантели направлена вдоль стержня и составляет 2 м/с. Соскользнув

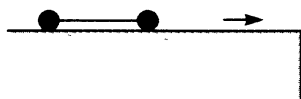


Рис. 150

с края подставки, гантелька продолжает движение. Оцените число оборотов, которое она совершит, падая с высоты 30 м.

2035. Проводится расчет броска камня через тонкую вертикальную стенку. Расчет показал, что при бросании под углом 30° к горизонту минимальная скорость составляет 100 м/с, а при броске под углом 60° достаточно 40 м/с. Какой скорости может хватить, если разрешено подойти к стенке поближе? Бросок производят с поверхности земли.

2036. На гладкой горизонтальной поверхности находится узкая коробка длиной $L = 0,2$ м и массой $M = 100$ г, посередине коробки покоится маленький шарик массой $m = 10$ г. Коробке ударом придают скорость $v = 10$ см/с параллельно ее длинной стороне. Шарик может двигаться только вдоль коробки, ударяясь абсолютно упруго о ее торцы. Сколько ударов произойдет за первую минуту после начала движения коробки? Найдите смещение коробки за это время.

2037. В сосуде постоянного объема находится смесь гелия и кислорода. Смесь нагревают от 300 К до 400 К, при этом половина атомов гелия покидают сосуд через очень мелкие трещины в стенках, а давление газа остается прежним. Во сколько раз изменяется при этом плотность смеси? Моль кислорода имеет массу 32 г, моль гелия – 4 г.

2038. С порцией гелия производят циклический процесс – расширение газа при постоянном давлении, затем охлаждение газа при неизменном его объеме и, наконец, сжатие газа до начального давления без подвода тепла снаружи. Может ли термодинамический КПД такого цикла оказаться больше 50%?

2039. Стрелочные вольтметры высокого класса точности имеют, как правило, очень низкое сопротивление, и включать их в цепь для измерения напряжения во многих случаях просто недопустимо – слишком сильно при этом изменится режим схемы (напряжение между исследуемыми точками при подключенном вольтметре станет совсем другим). Для измерения напряжений порядка 5 В предлагается использовать схему, состоящую из точного вольтметра V – предел измерений 10 В, сопротивление прибора 1000 Ом, класс точности 0,2, т.е. погрешность не превосходит 0,2% от максимального значения шкалы, и микроамперметра A – ток полного отклонения 100 мкА, сопротивление

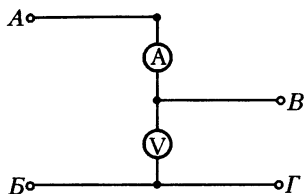


Рис. 151

прибора 1000 Ом, класс точности 2,5, т.е. погрешность не превышает 2,5% от максимального значения его шкалы. К точкам *A* и *B* схемы (рис.151) подключают измеряемое напряжение, между точками *B* и *G* включают регулируемый источник напряжения – лабораторный блок

питания, напряжение которого можно очень плавно изменять в широких пределах. При измерении напряжение источника плавно изменяют, добиваясь минимального тока через микроамперметр. За результат принимают показание вольтметра при «нулевом» токе через микроамперметр. Будем считать, что минимальный ток, уверенно фиксируемый микроамперметром, составляет 2 мкА. Определите погрешность измерений получившегося «вольтметра» и его сопротивление.

2040. Параллельно включены катушки с индуктивностями 1 Гн и 2 Гн, резистор сопротивлением 100 Ом и конденсатор емкостью 100 мкФ. К цепи подключают внешний источник напряжения, и после нескольких переключений элементов в некоторый момент через катушки протекают равные по величине токи 0,2 А, а через резистор в этот момент течет ток 0,1 А. Затем внешний источник отключают, предоставляя параллельную цепь самой себе. Найдите полный заряд, который после этого протечет через резистор, а также полное количество теплоты, которое выделится в резисторе. Элементы цепи считать идеальными.

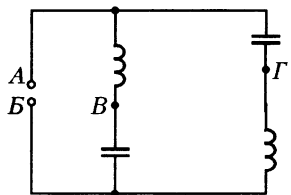


Рис. 152

2041. Источник переменного напряжения включен между точками *A* и *B* цепи (рис.152). При какой частоте источника амплитуда напряжения, измеренного между точками *B* и *G*, будет ровно в 10 раз больше амплитуды напряжения источника? Конденсаторы имеют емкости $C = 10$ мкФ, катушки – индуктивности $L = 1$ Гн.

2042. На гладкой горизонтальной поверхности находится груз массой $M = 2$ кг, к его боковым стенкам приклеены две одинаковые пружины жесткостью $k = 100$ Н/м каждая (рис.153).

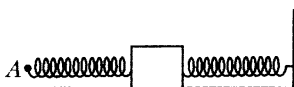


Рис. 153

Одна из пружин прикреплена концом к стене, конец другой пружины мы перемещаем по горизонтали. Координата точки *A* при этом изменяется по закону $x = 0,02 \cos 2t$ (в этой форму-

ле время t измеряется в секундах, координата x – в метрах). Найдите амплитуду колебаний груза на этой частоте.

2043. Груз массой 3 кг поднимают и опускают при помощи легкой нити и блока, ось которого закреплена неподвижно. Однажды блок «заело» – он перестал вращаться вокруг своей оси. При этом удается поднимать груз силой 40 Н, приложенной к свободному концу нити, и груз в этом случае движется вверх с постоянной скоростью. Какой груз нужно подвесить к свободному концу нити, вместо того чтобы тянуть нить, чтобы груз массой 3 кг двигался с той же скоростью вниз? Трение между нитью и блоком – сухое, коэффициент трения не зависит от прижимающего усилия.

2044. Гантелька состоит из тонкого легкого стержня длиной L и двух одинаковых маленьких шариков массой M каждый на концах стержня. В начальный момент гантелька стоит в углу комнаты вертикально, опираясь на пол и вертикальную стену. От очень малого толчка гантелька начинает двигаться, при этом один из концов скользит по полу, а другой продолжает касаться стены. Найдите силы, с которыми гантелька действует на пол и на стену в тот момент, когда она составляет угол 45° с вертикалью. Трения нет.

2045. Массивный клин с углом 60° при основании может двигаться по гладкому горизонтальному столу. На наклонной поверхности клина находится маленькая тележка. Когда тележка едет по неподвижному клину – мы его удерживаем, приложив к нему горизонтальную силу, – она давит на его поверхность силой f . Увеличим горизонтальную силу, действующую на клин, так, чтобы он двигался по горизонтали с постоянным ускорением. Найдите величину этой силы, если известно, что сила, с которой тележка давит на поверхность клина, стала вчетверо больше по величине. Масса клина в 5 раз больше массы тележки.

2046. В двух одинаковых сосудах находятся одинаковые массы кислорода и гелия. Давление кислорода 1 атм, давление гелия 2 атм. Сосуды соединяют тонкой трубкой, и газы перемешиваются. Каким станет давление в системе после установления равновесия? Теплообмен с окружающей средой пренебрежимо мал. Молярная масса кислорода 32 г/моль, гелия 4 г/моль.

2047. Многопредельный ампер-вольтметр для измерений в цепях постоянного тока сделан на основе точного микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА и сопротивлением 850 Ом. При помощи многопозиционного переключателя к нему подключаются точно подобранные резисторы – добавочные сопротивления для измерения напряжений и шунты для измере-

ния токов. Пределы измерения напряжений 1 В, 10 В и 100 В, пределы измерения токов 1 мА, 10 мА и 100 мА. Хотелось бы иметь более «подробные» пределы измерений, но кардинально переделывать точный и удобный прибор совсем не хочется. На передней панели прибора есть отдельный, не используемый для его работы переключатель на два положения – у переключателя три контакта. В одном его положении соединены между собой контакты 1 и 2, а контакт 3 отключен, при другом положении отключен контакт 2, а соединены контакты 1 и 3. Придумайте и рассчитайте простую схему, которая позволяла бы «растянуть» шкалы прибора ровно в три раза на всех переделах измерения (шкала измерения напряжений 10 В превращается в 30 В, шкала измерения тока 1 мА – в 3 мА и т.д.) в одном из положений этого переключателя, а в другом положении все должно оставаться «как было». Кстати, эти положения переключателя можно обозначить $\times 1$ и $\times 3$.

2048. Материальная точка движется с постоянным ускорением. Ее координаты в начальный момент $(0, 0, 0)$, через 1 секунду после начала движения $(1, 1, 2)$, еще через секунду $(2, 3, 4)$. Какой угол составляет вектор начальной скорости точки с вектором ее ускорения?

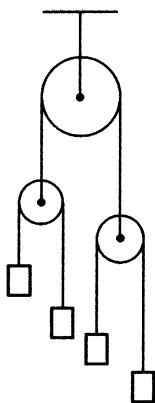


Рис. 154

2049. В системе (рис. 154) трения нет. Массы грузов на левом блоке M и $2M$, на правом блоке – $2M$ и $4M$. Найдите ускорение самого легкого груза при движении.

2050. Снаряд, летевший вертикально, взорвался в верхней точки своей траектории, распавшись на три осколка с массами $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$ и $m_3 = 4m$, которые полетели в разные стороны с одинаковыми начальными скоростями. Через некоторое время после взрыва расстояние между осколками с массами m_1 и m_2 оказалось равным L . Чему было равно в этот момент расстояние между осколками с массами m_3 и m_4 , если ни один из осколков еще не достиг земли? Влиянием воздуха и массой взрывчатого вещества снаряда пренебречь.

2051. По горизонтальному столу катится без проскальзывания велосипедное колесо. Его диаметр 1 м, масса 1 кг, скорость центра 1 м/с. В некоторый момент к колесу приклеился маленький кусочек жвачки массой 2 г, лежавший на столе. Скорость центра колеса теперь меняется. Оцените отличие минимальной скорости колеса от его начальной скорости.

2052. Однородное плоское тело вращается относительно вертикальной оси, лежащей в плоскости тела (рис. 155). Тело раскрутили до угловой скорости ω_0 и отпустили. На тело действует сила сопротивления воздуха такая, что избыточное давление пропорционально скорости v участка поверхности с коэффициентом k (т.е. $\Delta F = k\Delta S v$). Масса тела M , его «поперечная» площадь S . Сколько оборотов совершит тело до полной остановки?

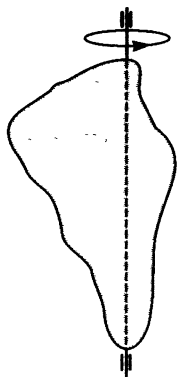


Рис. 155

2053. На столе стоит вертикальный теплоизолированный цилиндрический сосуд, в который вставлены два поршня (рис. 156). Верхний поршень — тяжелый, теплонепроницаемый и может двигаться в цилиндре без трения. Нижний поршень — легкий и теплопроводящий, но между ним и стенками сосуда существует трение. В каждой из частей сосуда находится по ν молей идеального одноатомного газа. Вначале система пребывала в тепловом равновесии, а обе части сосуда имели высоту L . Потом систему медленно нагрели, сообщив ей количество теплоты ΔQ . На какую величину ΔT изменилась температура газов, если нижний поршень при этом не сдвинулся с места? При каком наименьшем значении силы трения F между нижним поршнем и стенками это возможно? Какова теплоемкость системы C в этом процессе? Теплоемкостью стенок сосуда и поршней пренебречь.

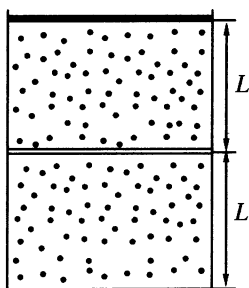


Рис. 156

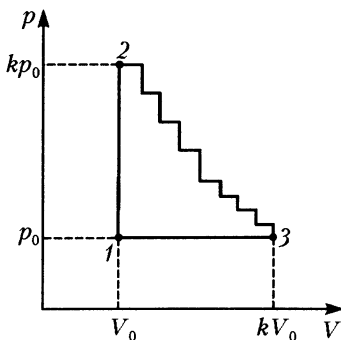


Рис. 157

2054. Над ν молями идеального одноатомного газа проводят циклический процесс, график которого изображен на pV -диаграмме (рис. 157). Цикл состоит из вертикального (1-2) и

горизонтального (3-1) участков и «лестницы» (2-3) из n ступенек, на каждой из которых давление и объем газа изменяются в одно и то же число раз. Отношение максимального

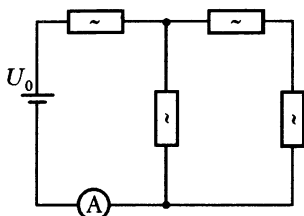


Рис. 158

давления газа к минимальному равно k , отношение максимального объема к минимальному также равно k . Найдите КПД тепловой машины, работающей по данному циклу.

2055. Электрическая цепь (рис. 158) состоит из идеальной батарейки напряжением U_0 , идеального амперметра и четырех одинаковых нелинейных элементов, для каждого из которых, в отличие от закона Ома, связь силы тока I и напряжения U имеет вид $I = \alpha U^2$. Какой ток I_0 показывает амперметр?

2056. Тридцать одинаковых резисторов сопротивлением R каждый соединены между собой в пространстве так, что они являются ребрами выпуклого правильного многогранника

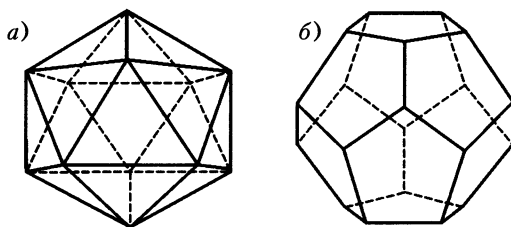


Рис. 159

(рис.159): а) двадцатигранника (икосаэдра); б) двенадцатигранника (додекаэдра). Какое сопротивление будет представлять описанная выше система а) или б), если подключиться к паре ее наиболее удаленных вершин? Сколько разных значений сопротивления можно будет получить в случае а) и в случае б), если подключиться к всевозможным парам вершин этих многогранников?

Справка: грани икосаэдра – это 20 правильных треугольников, в каждой из 12 вершин сходятся по 5 треугольников; грани додекаэдра – это 12 правильных пятиугольников, в каждой из 20 вершин сходятся по 3 пятиугольника.

2057. Конденсатор емкостью C и две одинаковые катушки индуктивностью L каждая соединены параллельно и подключены к внешней цепи. В некоторый момент конденсатор не заря-

жен, а токи катушек равны I и $2I$. В этот момент очень быстро параллельно подключают еще пять таких же катушек, а внешнюю цепь отключают. Найдите максимальное значение заряда конденсатора и максимальное значение силы тока через катушку номер 7 (последняя из подключенных катушек). Элементы цепи считайте идеальными.

2058. В системе на рисунке 160 все грузы одинаковы. Вначале грузы удерживают, затем отпускают, и система приходит в движение без рывков. Найдите ускорения подвижных блоков.

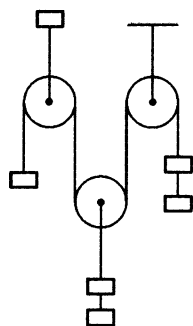


Рис. 160

2059. Новые настенные часы с маятником идут очень точно. Маятник представляет собой очень легкий длинный стержень, подвешенный за один из концов, к другому концу стержня прикреплен массивный диск, радиус которого в 10 раз меньше длины стержня (рис. 161). Диск может свободно вращаться вокруг своей оси. Со временем, из-за трения в оси диска, он перестал поворачиваться вокруг этой оси. Будут ли часы спешить или они теперь начнут отставать? Оцените неточность хода часов за сутки.



Рис. 161

2060. Моль гелия медленно расширяется от объема 10 л до объема 10,1 л, при этом давление газа плавно уменьшается от 1 атм до 0,985 атм. Найдите теплоемкость гелия в этом процессе.

2061. Тонкостенную непроводящую сферу радиусом R зарядили равномерно по поверхности полным зарядом Q , а затем разрезали пополам – по «экватору». Одну половину сферы убрали, а вторую оставили – для изучения. Найдите потенциал электрического поля, создаваемого зарядами полусферы в точке «экваториальной» плоскости, находящейся на расстоянии $R/2$ от центра сферы.

2062. На тороидальный ферромагнитный сердечник, сделанный из материала с большой магнитной проницаемостью, намотана катушка, содержащая большое количество витков. Катушку подключили к сети 220 В, ток через катушку при этом составил 10 мА (действующее значение). Вольтметр, имеющий сопротивление 10 кОм, подключают между одним из концов катушки и отводом, сделанным от середины катушки (половина витков). Какое напряжение покажет вольтметр? Какой ток теперь течет через источник?

2063. Фигурку из металла взвешивают на очень точных весах, используя золотые гирьки, — измеренная масса составила 47,98 г. Когда воздух под колпаком весов откачали до 0,1 атмосферного давления, получилось практически точно 49 г. Определите по этим данным, из какого металла сделана фигурка.

2064. Длинная тонкая прозрачная трубка заполнена глицерином, посередине трубки находится маленький воздушный пузырек. Когда трубка вертикальна, пузырек всплывает практически с постоянной скоростью 1 см/с. Сделаем трубку горизонтальной, подождем достаточно долго — пока все успокоится, а пузырек перестанет двигаться. Теперь разгоним трубку вдоль ее оси до скорости 10 см/с и продолжим двигать ее с этой скоростью. Найдите смещение пузырька относительно его начального положения. Считать силу сопротивления пропорциональной скорости пузырька относительно жидкости.

2065. На гладком горизонтальном столе покоем клин массой M , его наклонная поверхность составляет угол α с горизонтом. Маленькая шайба массой m движется по столу со скоростью v_0 и «въезжает» на наклонную поверхность клина. Считая, что наклонная поверхность имеет плавное короткое сопряжение с горизонталью, найдите время подъема шайбы до верхнего своего положения. Найдите также смещение клина к этому моменту. Трения в системе нет.

2066. Тележки с массами $m = 1$ кг и $M = 2$ кг связаны легким упругим шнуром длиной $L = 0,3$ м. Вначале тележки неподвижны, а шнур почти натянут. Легкой тележке ударом сообщают скорость $v_0 = 2$ м/с в направлении соединяющего их шнура (рис.162). Через какое время произойдет удар тележек друг о друга? Жесткость шнура $k = 20$ Н/м.

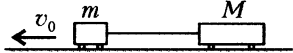


Рис. 162

2067. Цикл тепловой машины, работающей с идеальным газом, состоит из двух изохорических участков и двух изотермических участков с отношением температур $T_1 : T_2 = 3$. Известно, что на участке изохорического нагревания газ получает столько же тепла, сколько и на участке изотермического расширения. Найдите КПД этого цикла.

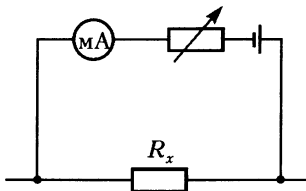


Рис. 163

2068. Простой омметр состоит из последовательно соединенных миллиамперметра с током полного отклонения 1 мА, батарейки напряже-

нием 1,5 В и переменного резистора (рис.163). Регулируя сопротивление этого резистора, мы производим «установку нуля» омметра – при замкнутых выводах омметра стрелку прибора устанавливаем в крайнее правое положение («ноль омметра»). При разомкнутых выводах ток нулевой – это соответствует «бесконечному» измеряемому сопротивлению. Можно ли при помощи этого прибора измерить сопротивления резисторов R_x порядка 1 Ом; 1 кОм; 1 Мом? Какое сопротивление покажет этот омметр, если к его выводам подключить полупроводниковый диод, вольт-амперная характеристика которого приведена на рисунке 164?

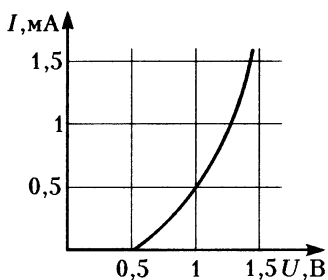


Рис. 164

2069. В схеме на рисунке 165 «горизонтальная» батарейка имеет напряжение 1 В, три из четырех конденсаторов имеют одинаковые емкости, а последний – вдвое большую. Каким может быть напряжение второй, «вертикальной» батарейки, чтобы хотя бы один конденсатор в этой схеме остался незаряженным? До подключения батареек все конденсаторы заряжены не были.

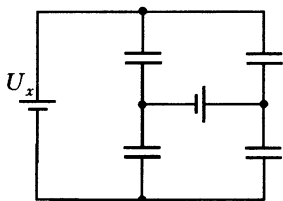


Рис. 165

2070. На одинаковые тороидальные сердечники, сделанные из материала с большой магнитной проницаемостью, намотаны тонким проводом катушки, одна из них содержит вдвое больше витков, чем другая. Катушка с меньшим числом витков имеет индуктивностью 0,5 Гн. Катушки соединены параллельно, к выводам катушек присоединены конденсатор емкостью 10 мкФ и батарейка с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 10 Ом (рис.166). Когда токи в цепи практически перестали изменяться, батарейку отключают. Найдите максимальное значение заряда конденсатора. Какое количество теплоты выделится в каждой катушке после отключения батарейки? Провод, которым намотаны катушки, имеет очень маленькое сопротивление.

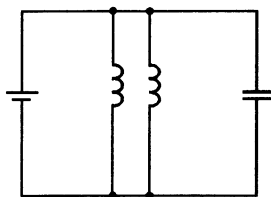


Рис. 166

2071. На двух одинаковых легких пружинах жесткостью k , прикрепленных к потолку, висят одинаковые грузы массой M . На один из грузов аккуратно ставят грузик массой m , а после того как колебания прекратятся, быстро переносят грузик на другой груз. Через какое время грузы поравняются? А через какое время

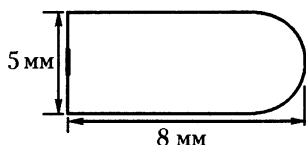


Рис. 167

скорости грузов впервые будут направлены в одну сторону?

2072. Корпус светоизлучающего диода отштампован из прозрачной пластмассы (рис.167). На одном его конце сформирована линза, излучающая область представляет кружок диаметром 2 мм. Оцените диаметр светлого пятна на экране, расположенном на оси излучения на расстоянии 20 см от диода. Отражениями света внутри пластмассового корпуса можно пренебречь.

2073. Тело движется вдоль координатной оси X , его скорость v пропорциональна корню квадратному из координаты x . В точке с координатой $x_1 = 100$ м скорость тела составляет $v_1 = 10$ м/с. Найдите ускорения в точках с координатами $x_2 = 20$ м и $x_3 = 300$ м.

2074. На наклонной плоскости с углом α при основании удерживают клин массой M (рис.168). Угол при основании

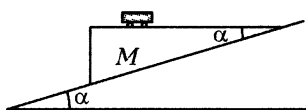


Рис. 168

клина также равен α , а расположен клин «вверх ногами», так что его верхняя поверхность параллельна плоскости земли. На этой поверхности находится очень легкая тележка с четырьмя массивными колесами –

масса каждого колеса m . Трение между поверхностью клина и колесами достаточно велико, поэтому колеса не проскальзывают. Клин отпускают. Найдите его ускорение при движении (пока тележка еще находится на клине). Масса каждого колеса сосредоточена в его ободе.

2075. В компьютерной модели рассматривается кубический сосуд объемом 1 м^3 , заполненный «газом» – в сосуде находятся 1000 частиц диаметром 1 мм каждая и 2 частицы диаметром 1 см. В начальный момент маленькие частицы неподвижны, большие имеют скорости по 100 м/с. Оцените число ударов больших части о стенки сосуда за большое время – за 10 лет. Оцените также число столкновений больших частиц с маленькими за то же время. Считайте, что частицы «сделаны» из одного и того же материала. Внешние силы в модели не пре-

дусмотрены, удары считаются упругими.

2076. В схеме неуравновешенного «мостика» (рис.169) два резистора имеют сопротивления по 10 Ом, два – по 30 Ом. В диагональ мостика включен амперметр, имеющий пренебрежимо малое сопротивление.

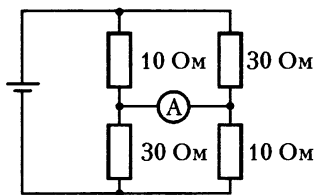


Рис. 169

Батарейка напряжением 3 В подключена к другой диагонали мостика. Вместо одного из резисторов подключают еще одну такую же батарейку. Найдите максимальное и минимальное возможные значения тока через амперметр в получившейся схеме.

2077. На тороидальный сердечник, сделанный из сплава с очень большой магнитной проницаемостью, намотаны три одинаковые катушки индуктивностью $L = 1$ Гн каждая (рис.170). К выводам одной из катушек подключен резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, две другие катушки соединены последовательно (начало одной – к концу другой). К свободным выводам получившейся «двойной» катушки подключают батарейку напряжением $U = 3$ В.

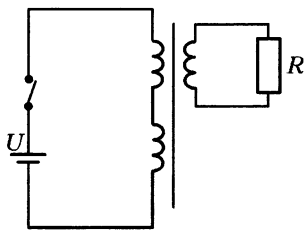


Рис. 170

Через время $\tau = 0,5$ с батарейку отключают. Какой ток течет через батарейку через время $0,5\tau$ после включения? Какое количество теплоты выделится в резисторе за время τ после включения и после отключения батарейки?

2008 год

2078. Из листа фанеры вырезали кусок в форме прямоугольного треугольника с катетами 60 см и 80 см, масса этого куса равна 2 кг. Кусок фанеры подвесили к потолку при помощи двух одинаковых легких нитей. Расстояние между точками прикрепления нитей к потолку равно 100 см (рис.171). Найдите силы натяжения нитей.

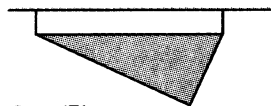


Рис. 171

2079. Клин массой M с углом α при основании находится на гладком горизонтальном столе. На наклонной грани клина стоит тележка массой m , к ней привязана легкая нить, пере-

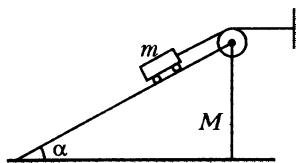


Рис. 172

брошенная через блок, закрепленный осью в вершине клина (рис. 172). Свободный конец нити привязан к стене. Вначале клин удерживают, затем отпускают. С каким ускорением он начнет двигаться?

2080. Две большие параллельные пластины двигают навстречу друг другу с одинаковыми скоростями v_0 . Между пластинами находится очень маленький упругий шарик. В тот момент когда одна из пластин ударяется о него, расстояние между пластинами составляет L . Считая удары абсолютно упругими, найдите скорость шарика в тот момент, когда расстояние между пластинами составит $L/5$. Действием силы тяжести пренебречь. Скорость шарика перед первым ударом равна нулю.

2081. В комнате, заполненной воздухом, находится пустой кубический сосуд объемом 100 л. В стенке сосуда открывается маленькое отверстие площадью 1 см^2 и через 0,001 с закрывается. Оцените количество молекул, попавших в сосуд за это время. Оцените также давление, которое установится в сосуде. Стенки сосуда тепло не проводят, теплоемкостью стенок можно пренебречь.

2082. Моль гелия в сосуде расширяется от начального объема $V_1 = 10 \text{ л}$ до конечного объема $V_2 = 50 \text{ л}$, при этом давление газа в процессе меняется так, что $pV^2 = \text{const}$. Начальная температура газа $T_1 = 300 \text{ К}$. Найдите конечную температуру. Найдите также работу газа в процессе (если не получится найти точно, посчитайте приближенно) и полученное в процессе количество теплоты.

2083. К батарее подключают амперметр (вообще говоря, так поступать не следует!) — он показывает силу тока 1 А. Параллельно подключают еще один такой же амперметр — теперь они в сумме показывают 1,2 А. Сколько в сумме покажут 2008 таких же амперметров, если их подключить к батарее параллельно?

2084. Одна из квадратных пластин плоского конденсатора закреплена, а вторая может свободно смещаться параллельно, оставаясь на расстоянии d от первой. Масса подвижной пластины M , площадь каждой из пластин S . Конденсатор зарядили до напряжения U_0 . Сдвинем теперь подвижную пластину относительно положения равновесия. Найдите период малых колебаний этой пластины. Зависит ли он от того, как мы сдвинули пластину? Сила тяжести отсутствует.

2085. Катушка индуктивностью L и резистор сопротивлением R соединены параллельно, к выводам цепочки очень давно подключен внешний источник, ток в его цепи равен I_0 . Ток в цепи источника очень быстро увеличивают в 3 раза. Какое количество теплоты выделится в резисторе после этого? Какой полный заряд протечет через резистор?

2086. Две одинаковые катушки индуктивности соединены последовательно. Выводы получившейся цепочки подключены к звуковому генератору последовательно с низковольтной лампочкой для фонарика. Параллельно одной из катушек подключают конденсатор и начинают изменять в широких пределах частоту генератора. На частоте $f = 600$ Гц наблюдается четкий минимум свечения нити накала лампочки. На какой частоте (частотах) лампочка будет гореть ярче всего?

2087. Небольшая плосковыпуклая линза отштампована из прозрачной пластмассы. Форма выпуклой поверхности аккуратно рассчитана при помощи ЭВМ, она отличается от сферической (сферическая поверхность «собирает» лучи параллельного пучка в фокусе только приблизительно). Диаметр плоской поверхности линзы 2 см, толщина линзы 0,5 см. Найдите фокусное расстояние линзы. Коэффициент преломления пластмассы 1,5.

2088. Автомобиль «Жигули» самой первой модели едет по огромной горизонтальной асфальтовой площади, описывая круг радиусом 200 м. Его скорость составляет при этом 20 м/с. При каком значении коэффициента трения между асфальтом и шинами автомобиля такое движение возможно? Представим себе, что коэффициент трения ровно вдвое больше этого минимального значения. За какое время автомобиль сможет увеличить свою скорость до 20,5 м/с, не прекращая движения по кругу? Центр тяжести автомобиля находится на его оси симметрии на равных расстояниях от передней и задней осей.

2089. На гладком горизонтальном столе находится брусок кубической формы массой 2 кг. На его верхней поверхности лежит второй брусок, его масса 1 кг. Коэффициент трения между поверхностями брусков составляет 0,7. Большой брусок тянут влево горизонтальной силой 6 Н, малый — вправо горизонтальной силой 3 Н (эти две силы направлены в противоположные стороны!). Найдите ускорения брусков.

2090. Горизонтальный цилиндрический сосуд с теплопроводящими стенками, заполненный аргонном плот-

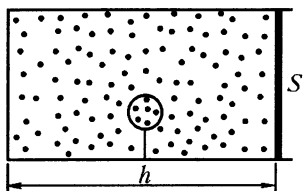


Рис. 173

ностью $\rho = 1,7 \text{ кг/м}^3$, закрыт подвижным поршнем и находится в комнате (рис.173). Площадь поршня $S = 400 \text{ см}^2$, расстояние от края цилиндра до поршня $h = 50 \text{ см}$. В сосуде ко дну на нити прикреплен шар объемом $V_{\text{ш}} = 1000 \text{ см}^3$, сделанный из тонкого нерастяжимого и теплопроводящего материала и заполненный гелием. Масса шара с гелием $m = 1,2 \text{ г}$. После того как протопили печь и воздух в комнате прогрелся, поршень переместился на расстояние $\Delta h = 3 \text{ см}$. Найдите изменение силы натяжения нити, удерживающей шар.

2091. Три одинаковые батарейки напряжением $1,5 \text{ В}$ каждая вначале не соединены друг с другом. Затем между каждым выводом батарейки и каждым из пяти оставшихся выводом подключают резистор сопротивлением 1000 Ом . Сколько всего получится резисторов? Какой ток при этом будет течь через каждую из батареек.

2092. Школьник исследует резонанс в последовательном колебательном контуре, используя генератор звуковой частоты и высокоомный вольтметр переменного напряжения. Конденсатор имеет емкость $0,5 \text{ мкФ}$, индуктивность катушки равна $0,1 \text{ Гн}$. Сопротивление провода, которым намотана катушка, составляет 50 Ом . Вольтметр подключают параллельно конденсатору и изменяют частоту генератора. На какой частоте показания вольтметра будут максимальными? На какой частоте вольтметр покажет максимум, если подключить его к выводам катушки?

2093. Школьник бежит по окружности радиусом $R = 30 \text{ м}$ с постоянной по величине скоростью $u = 3,14 \text{ м/с}$. Второй школьник гонится за ним, стартовав из центра окружности. В процессе погони он все время находится на радиусе, соединяющем центр окружности и первого школьника, а величина его скорости неизменна и равна $v = 2u$. Сколько времени займет погоня?

2094. Небольшой груз массой m , привязанный нитью длиной l к платформе (рис.174), движется по гладкой поверхности стола со скоростью v , описывая окружность. Нить невесома и нерастяжима и образует угол α с вертикалью. Платформа начинает двигаться вверх с ускорением a ; при этом вначале груз не отрывается от стола. Найдите величины действующих на груз сил натяжения нити T и реакции стола N сразу после начала движения платформы.

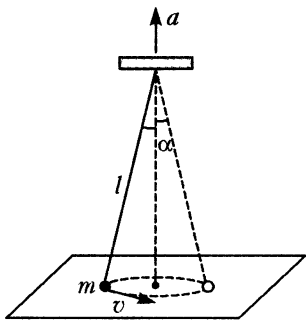


Рис. 174

2095. Тонкий карандаш, подвешенный на нитке за один из концов, начинают погружать в воду, медленно опуская точку подвеса (рис.175). Определите максимальную глубину погружения нижнего конца карандаша, если длина карандаша $l = 18$ см, а его средняя плотность в $n = 2$ раза меньше плотности воды.

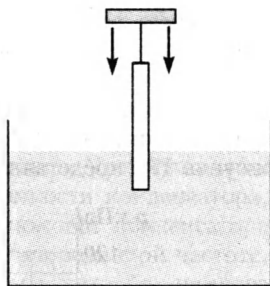


Рис. 175

2096. На гладком горизонтальном столе лежит груз массой m , к которому прикреплены две одинаковые пружины жесткостью k каждая (рис.176). Левый конец пружины 1 прикреплен к стенке, в момент времени $t = 0$ правый конец пружины 2 начинают медленно перемещать с постоянной скоростью u . 1) Через какое время груз впервые приобретет скорость u ? 2) На каком расстоянии от первоначального положения будет находиться он в этот момент?

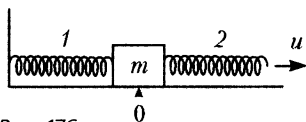


Рис. 176

2097. Через короткую трубку выдувают мыльный пузырь массой $m = 0,01$ г и коэффициентом поверхностного натяжения $\sigma = 0,01$ Н/м (рис.177). Пузырь заряжают зарядом $Q = 5,4 \cdot 10^{-8}$ Кл. Трубка остается открытой. 1) Определите равновесный радиус пузыря R_0 . 2) Определите период малых колебаний пузыря, если при колебаниях он сохраняет сферическую форму. 3) Оцените, с какой скоростью разлетятся брызги, если пузырь внезапно зарядить зарядом $Q_1 = 10Q$. Электрическая постоянная равна $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н · м²).

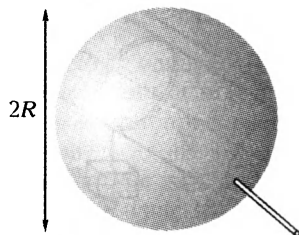


Рис. 177

2098. Найдите сопротивление электрической цепи между точками A и B (рис.178). Сопротивление стороны большого шестиугольника равно R , сопротивление стороны малого шестиугольника равно $R/2$, сопротивление каждого внутреннего проводника, заключен-

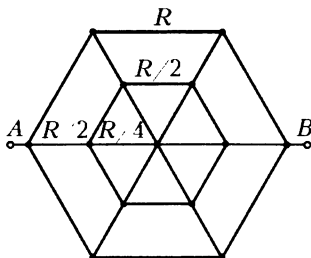


Рис. 178

ного между шестиугольниками, равно $R/2$, а сопротивление каждого проводника, находящегося внутри малого шестиугольника, равно $R/4$.

2099. В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и паров некоторой жидкости. Смесь изотермически сжимают. На рисунке 179 представлена экспериментальная зависимость дав-

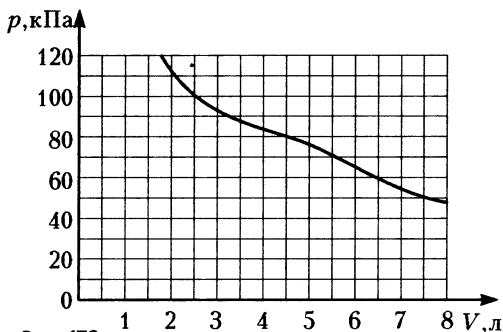


Рис. 179

ления в сосуде от объема в этом процессе. Чему равны давление насыщенных паров жидкости при данной температуре и внутренняя энергия смеси при объеме цилиндра более 5 л?

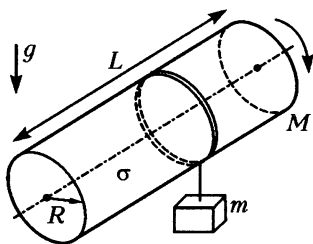


Рис. 180

одинаковой поверхностной плотностью σ . Цилиндр может свободно (без трения) вращаться вокруг своей оси под действием груза массой m , подвешенного на невесомой нити, намотанной на цилиндр (рис.180). Определите ускорение груза. Магнитную постоянную μ_0 считать заданной.

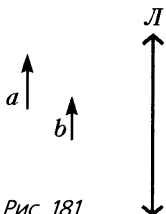


Рис. 181

2101. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертеж оптической схемы. От времени чернила выцвели, и на чертеже остались видны только параллельные друг другу собирающая линза, объект и его действительное изображение (рис.181). Из пояснений к чертежу было ясно, что за линзой находилось плоское

зеркало. Восстановите построением по имеющимся данным положение зеркала и найдите положение фокусов линзы.

2102. Генератор незатухающих колебаний собран по обычной «ламповой» схеме – потери в колебательном LC -контуре компенсируются подкачкой энергии через дополнительную катушку, включенную в анодную цепь лампы-триода. Частота колебаний перестраивается за счет изменения емкости конденсатора, включенного в контур (настройка при помощи конденсатора переменной емкости). Генератор работает на заданной частоте, но его настроили неправильно – если мы хотя бы немного уменьшим подкачку энергии (например, уменьшим число витков вспомогательной катушки на один виток), колебания просто не возникнут. Перестроим частоту колебаний на 5%, уменьшив емкость конденсатора. Как нужно изменить число витков вспомогательной катушки, чтобы генератор мог работать на этой частоте? Считайте, что

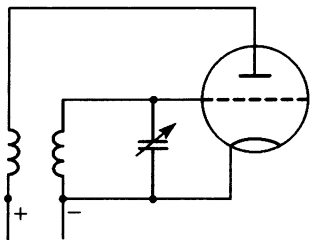


Рис. 182

потери энергии в колебательном контуре связаны главным образом с сопротивлением провода, которым намотана катушка индуктивности. Упрощенная схема генератора приведена на рисунке 182.

2103. Навстречу друг другу по одной прямой с одинаковыми скоростями $v = 1$ м/с движутся шарики с массами $m = 10$ г и $3m = 30$ г. Какую максимальную скорость может приобрести легкий шарик после лобового удара шариков?

2104. Легкая нить намотана множеством витков на гладкую неподвижно закрепленную катушку радиусом R (рис.183). На свободном конце нити закреплен маленький шарик массой m , другой конец нити начинают вытягивать через отверстие в катушке, постепенно увеличивая скорость вдоль поверхности катушки до величины v . В результате через большое время движение шарика устанавливается. Найдите скорость установившегося движения шарика и радиус траектории его движения. Сила тяжести отсутствует, сила трения шарика о воздух пропорциональна его скорости:

$$F_{\text{тр}} = kv.$$

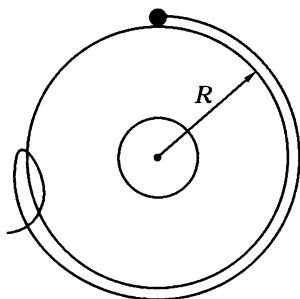


Рис. 183

2105. Цикл тепловой машины проводят с порцией гелия. Он состоит из двух изобар с отношением давлений 2:1 и двух изохор. Найдите максимально возможный термодинамический КПД такого цикла.

2106. Конденсатор емкостью $C = 100$ мкФ подключен к батарейке напряжением $U = 6$ В последовательно с резистором сопротивлением $r = 100$ кОм. Вольтметр, имеющий сопротивление $R = 200$ кОм, периодически подключают параллельно конденсатору и отключают от него. Время подключения составляет каждый раз $\tau = 0,05$ с, а время, в течение которого вольтметр отключен, составляет каждый раз 2τ . Что показывает вольтметр?

2107. Цилиндрический магнит небольшого размера создает на своей оси магнитное поле $B_0 = 0,001$ Тл в точке, находящейся на расстоянии $L = 5$ м от торца магнита. Проволочный виток с током $I = 2$ А расположен в указанной точке на оси магнита так, что плоскость кольца перпендикулярна оси магнита, а ось проходит через центр кольца. Найдите силу, действующую в магнитном поле на кольцо. Кольцо сделано из тонкой проволоки. Магнитная индукция на оси магнита на расстоянии $L_1 = 5,1$ м составляет $B_1 = 0,94B_0$.

2108. Вдоль оси X движется точка. В пределах заданной дистанции скорость точки обратно пропорциональна расстоянию от нее до начала координат. Во сколько раз больше времени она тратит на прохождение второй половины дистанции по сравнению с первой?

2109. В системе, изображенной на рисунке 184, большой груз вдвое тяжелее малого. Блоки одинаковые, очень легкие. Нити нерастяжимые, массы нитей пренебрежимо малы, свободные куски нитей вертикальны. Найдите ускорение большого груза.

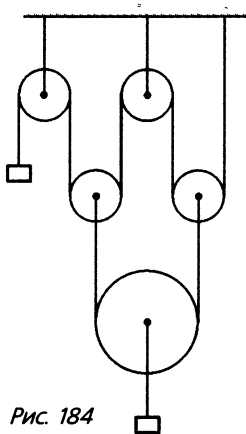


Рис. 184

2110. Яма имеет полусферическую форму, ее радиус $R = 1$ м, стенки гладкие. На уровне горизонтального диаметра приклеено очень маленькое тело. Оно отклеивается и начинает скользить вниз без начальной скорости. Внизу небольшой кусочек поверхности шероховатый, коэффициент трения там $\mu = 0,1$, шероховатый кусочек имеет форму круга, его радиус $r = 1$ см, центр круга находится около самой нижней точки поверхности

ямы. Какая часть начальной потенциальной энергии тела выделится в виде тепла при первом преодолении шероховатого кусочка?

2111. В сосуде находится смесь одинаковых масс криптона и гелия при давлении 1 атм и температуре 300 К. Проследим за одним из атомов криптона. Оцените число его соударений с другими частицами за 1 час.

2112. Давление разреженного газа в сосуде убывает от 1 атм до 0,2 атм при увеличении объема от 2 л до 20 л, при этом зависимость давления от объема линейная. Найдите максимальную температуру газа в этом процессе. Минимальная температура газа в процессе 200 К.

2113. Вольтметр и миллиамперметр соединены последовательно и подключены к батарее, при этом приборы показывают 6,2 В и 1 мА. Параллельно миллиамперметру подключают второй вольтметр – показания первого вольтметра увеличиваются до 6,3 В, а второй вольтметр (он того же типа, что и первый) показывает 0,4 В. Какой ток теперь течет через миллиамперметр? Батарею можно считать идеальной.

2114. В схеме, изображенной на рисунке 185, три конденсатора одинаковые и имеют емкость C каждый, а один имеет вдвое большую емкость. Между точками A и B включают катушку индуктивностью L . Найдите максимальное значение силы тока через катушку. Батарея имеет напряжение U .

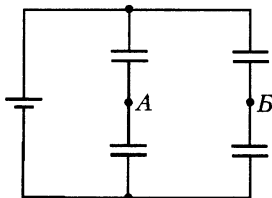


Рис. 185

2115. Катушка индуктивностью $L = 2$ Гн и резистор сопротивлением $R = 100$ Ом соединены параллельно. В некоторый момент к этой цепочке подключают источник постоянного тока силой $I_0 = 3$ А («источник постоянного тока» создает в нагрузке постоянный по величине ток, не зависящий от свойств нагрузки). Найдите количество теплоты, которое выделится в резисторе за большое время.

2116. Вдоль прямого участка дороги стоят люди – они встречают дорогого гостя из далекой страны. Интервал между встречающими составляет 0,5 м. Один из встречающих делает шаг в сторону и тут же возвращается на место. Через 2 с то же самое делает его сосед справа и так далее. С большой высоты кажется, что вдоль шеренги бежит волна. Определите скорость этой волны и ее длину.

2117. До сих пор любители высококачественного звучания используют усилители звуковой частоты на электронных лампах

– они уверены, что качество звучания музыки в этом случае намного лучше, чем при использовании транзисторов (автор задачи не разделяет их уверенности). Рассмотрим практический случай: громкоговоритель имеет сопротивление 4 Ом , и для его подключения к усилителю требуется понижающий трансформатор. Выходной каскад усилителя низкой частоты (УНЧ) содержит одну мощную электронную лампу – ее анодный ток может быть в пределах от 20 до 100 мА , напряжение на аноде этой лампы при таких изменениях анодного тока должно находиться в пределах от 40 до 300 В . Какая «выходная мощность» может быть у такого усилителя? Каков должен быть коэффициент трансформации у выходного трансформатора для получения этой мощности?

2118. Тележка едет по горизонтальному столу под действием привязанной к ней нерастяжимой нити. Нить переброшена через маленький блок, закрепленный на высоте H над плоскостью стола. Свободный конец нити вытягивают с постоянной скоростью v_0 , направленной горизонтально. Найдите скорость тележки и ее ускорение в тот момент, когда угол между нитью и горизонтом составляет 45° .

2119. В длинной трубе, наполненной водой, сделана поперечная перегородка из пробки толщиной 1 см , перегородка делит трубу на две части. Если температуры воды в частях трубы отличаются на 1 градус, поток тепла через перегородку составляет 2 Дж/с . Добавим еще одну перегородку – толщиной 2 см , теперь перегородки «выделяют» в трубе цилиндрическую полость. Слева от этой полости будем поддерживать температуру воды $+50^\circ\text{C}$, справа – температуру $+20^\circ\text{C}$. Найдите установившуюся температуру воды в полости. Определите тепловые потоки через каждую перегородку. Теплопроводность стенок трубы пренебрежимо мала.

2120. В сосуде находится порция гелия при температуре 100 К и давлении 1000 Па . Сосуд двигают поступательно со скоростью 1000 м/с . Какой станет температура газа в сосуде через некоторое время после его мгновенной остановки? Стенки сосуда не проводят тепла. Теплоемкость самого сосуда пренебрежимо мала.

2121. К выводам катушки индуктивностью $L = 2\text{ Гн}$ подключают заряженный конденсатор емкостью $C = 100\text{ мкФ}$, начальное напряжение конденсатора $U_0 = 100\text{ В}$. Напряжение конденсатора начинает уменьшаться, и в тот момент когда оно падает до половины начального значения, параллельно подключают еще один такой же конденсатор и еще одну такую же катушку (все

четыре элемента оказываются соединенными параллельно). Найдите максимальное значение тока через вторую катушку. Сопротивление соединяющих элементы проводников довольно мало. Катушки и конденсаторы считать идеальными.

2122. Лампа дневного света включена в сеть 220 В, 50 Гц последовательно с катушкой индуктивности, причем в горящем состоянии напряжение на катушке в 3 раза больше напряжения на лампе. Во сколько раз можно увеличить «косинус фи» такой цепи, включив параллельно в сеть конденсатор? Как выбрать емкость такого конденсатора?

2009 год

2123. На гладком горизонтальном столе лежат два блока – тонкие легкие диски. Ось одного из них закреплена, так что двигаться он не может, но может вращаться в горизонтальной плоскости. Кусок легкой нерастяжимой нити охватывает блоки, к концам нити прикреплены одинаковые грузы массой M каждый. В начальный момент нить натянута, свободные куски нити параллельны друг другу. На ось «подвижного» блока начинает действовать сила F (рис.186; вид сверху). Найдите ускорение этого блока, если при движении свободные куски нити остаются параллельными. Во сколько раз отличаются скорости вращения блоков? Нить не проскальзывает относительно блоков.

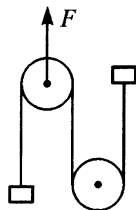


Рис. 186

2124. Грузы массами M и m связаны очень легкой пружинкой жесткостью k . На грузы начинают действовать одинаковые по величине и противоположные по направлению силы F (рис.187). Найдите максимальную скорость груза массой M . Найдите также максимальное смещение груза массой m . В начальный момент пружина не деформирована, грузы неподвижны.

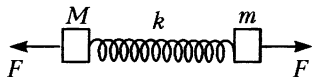


Рис. 187

2125. Моль гелия при нормальных условиях находится внутри эластичной оболочки. Наружные условия изменяются так, что к некоторому моменту газ получает 100 Дж тепла, а температура газа увеличивается при этом на 10 К. Оцените изменение объема газа.

2126. На рисунке 188 изображена известная бесконечная цепочка, состоящая из резисторов с одинаковыми сопротивлениями. Все знают, как посчитать ее сопротивление, измеренное

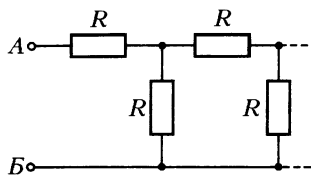


Рис. 188

сопротивление урезанной цепи отличается от сопротивления бесконечной цепочки? Зададим конкретный вопрос: эти отличия меньше миллионной доли процента или намного больше?

2127. Потенциалы точек A , B и B поддерживаются постоянными: $\varphi_A = 100$ В, $\varphi_B = 200$ В, $\varphi_B = 500$ В. Два одинаковых конденсатора емкостью 10 мкФ каждый и резистор сопротивлением 1 МОм соединяем «звездой» и подключаем одновременно свободными выводами к точкам A , B и B (резистор — к точке B ; рис.189). Какое количество теплоты выделится в резисторе за большое время?

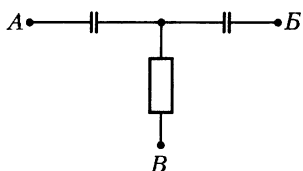


Рис. 189

2128. Две одинаковые катушки соединены последовательно, параллельно одной из них подключен конденсатор, а к выводам цепи подсоединена батарейка напряжением U (рис.190). Найдите максимальное напряжение конденсатора. Элементы цепи считайте идеальными.

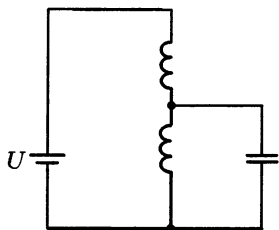


Рис. 190

те максимальное напряжение конденсатора. Элементы цепи считайте идеальными.

2129. В трех вершинах квадрата с длиной стороны 2 м расположены одинаковые маленькие громкоговорители, в четвертой вершине находится очень маленький всенаправленный микрофон. К громкоговорителям поочередно подключают источники переменного напряжения частотой 100 Гц и регулируют их уровни так, чтобы напряжение на выходных зажимах микрофона составляло в каждом случае ровно 1 мВ. Какое напряжение выдаст микрофон, если включить одновременно два соседних громкоговорителя? А если включить все три громкоговорителя? Рассмотрите два разных варианта: используются независимые источники напряжения (три звуковых генератора и три усилителя низкой частоты) и используется один генератор, «размноженный» на три усилителя.

2130. Удав решил установить мировой рекорд в прыжках в высоту среди удавов. Удав может из положения «свернувшись лежа» выпрямиться почти вертикально и разогнаться до скорости v . Длина удава L . Каким может быть рекорд? Как должен двигаться удав, чтобы установить рекорд? Масса удава распределена по его длине равномерно.

2031. Горизонтальная платформа, на которую положили без начальной скорости груз массой m , совершает f раз в секунду такие колебания: сначала она движется вправо с постоянным ускорением a , потом мгновенно останавливается и возвращается в начальное положение с постоянным ускорением $a/2$. Коэффициент трения между грузом и платформой $\mu < 1$, ускорение $a \gg g$, частота $f \gg 1$ Гц. В каком направлении и по какому закону будет двигаться груз, и будет ли он вообще двигаться? Считать, что скорость движения груза всегда много меньше максимальной скорости движения платформы.

2132. Один из концов U-образной трубки постоянного сечения с налитой в нее ртутью наглухо закрыли. Воздух в закрытом конце трубки стали медленно нагревать, измеряя зависимость его давления p от температуры T . Как оказалось, эта зависимость в начале нагревания приближенно является линейной: $p = p_0(1 + \alpha(T/T_0 - 1))$, где $p_0 = 760$ мм рт. ст. – атмосферное давление, T_0 – температура окружающей среды, коэффициент $\alpha = 0,5$. Найдите высоту столба воздуха в закрытом конце трубки в начале процесса.

2133. Проводящие концентрические сферы имеют радиусы R и $3R$, на расстоянии $2R$ от их общего центра находится точечный заряд Q . Сферы соединяют между собой тонким проводом, и получившийся проводник заземляют тонким проводником, имеющим большое сопротивление. Какой заряд протечет по этому проводнику? Какое количество теплоты выделится в системе за большое время?

2134. Обычный «мостик» собран из трех резисторов сопротивлением 100 Ом каждый и одного резистора сопротивлением 20 Ом. В одну из диагоналей мостика включен амперметр, он показывает 0,1 А. Какой ток течет через батарейку, подключенную к другой диагонали мостика? Амперметр считать идеальным.

2135. Конденсатор емкостью $C = 100$ мкФ соединен последовательно с катушкой индуктивностью $L = 1$ Гн. К выводам получившейся цепи подключают батарейку напряжением $U_0 = 1$ В, и ток в цепи начинает увеличиваться. В тот момент когда ток максимален, параллельно катушке подключают резистор

сопротивлением $R = 10$ кОм. Какой заряд протечет через резистор и сколько тепла в нем выделится за большой интервал времени? Элементы цепи считать идеальными.

2136. Для передачи не очень высокоскоростной информации используется витая пара, состоящая из двух тонких изолированных проводов большой длины. Индуктивность проводов в расчете на 1 сантиметр длины пары равна 1 мкГн, емкость между проводами составляет 1 пФ на сантиметр. С какой скоростью бежит электромагнитная волна вдоль такой пары?

2137. Тонкая плосковогнутая рассеивающая линза прижата плоскостью к торцу цилиндрической трубки. В трубку вставлена плосковыпуклая собирающая линза так, что главные оптические оси линз совпадают с осью трубки, а собирающая линза обращена к рассеивающей плоской стороной. Собирающую линзу можно перемещать вдоль оси трубки. Если на первую (рассеивающую) линзу вдоль оси направить узкий параллельный пучок света, то при некотором расстоянии между линзами из системы выйдет также параллельный пучок. Если же пространство между линзами заполнить жидкостью, то для получения на выходе параллельного пучка расстояние между линзами необходимо увеличить в 1,5 раза. Найдите показатель преломления этой жидкости.

2138. Подъемный кран медленно поднимает с помощью троса плавающее в воде бревно (рис. 191). Трос прикреплен к одному

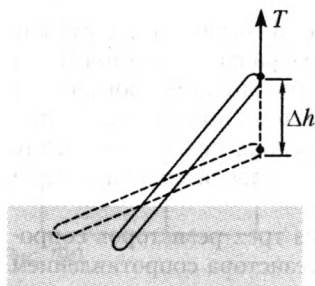


Рис. 191

концу бревна, которое можно считать тонким цилиндром с постоянной плотностью. Масса бревна m , длина L . Отношение плотностей воды и древесины $\gamma = 4/3$. Ускорение свободного падения равно g .

1) Какую минимальную работу A нужно совершить крану, чтобы полностью вытащить бревно из воды? 2) Постройте график зависимости силы натяжения T троса от высоты над водой h приподнимаемого конца

бревна. Укажите характерные точки графика. 3) Какую работу $A_{\Delta h}$ совершит кран при переводе бревна из одного наклонного положения в другое наклонное положение, в котором верхний конец бревна поднялся на высоту $\Delta h = L/5$?

2139. В открытом космосе три небольших астероида из-за гравитационного притяжения сближаются друг с другом вдоль общей прямой, неподвижной относительно звезд. Отношение

расстояний от среднего астероида до крайних остается равным $n = 2$ вплоть до их столкновения (рис. 192). Масса левого астероида m_1 , центрального m_2 . Найдите массу m_3 правого астероида.

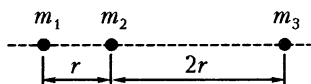


Рис. 192

2140. Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли pV -диаграмму замкнутого циклического процесса тепловой машины (рис. 193). Процесс 1–2 – изобара, процесс 2–3 – адиабата, 3–1 – изотерма. От времени чернила выцвели, и координатные оси на диаграмме исчезли. Известно, что рабочим веществом машины был идеальный газ (гелий) количеством $\nu = 2$ моль. Масштаб по оси давлений: 1 мал. кл. = 1 атм, по оси объемов: 1 мал. кл. = 1 л.

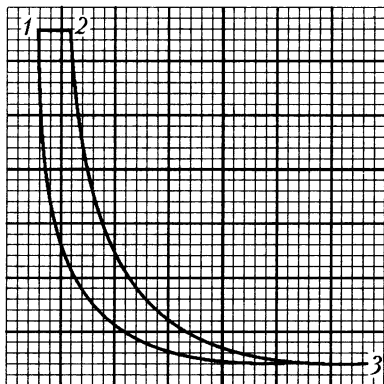


Рис. 193

- 1) Восстановите положение координатных осей и вычислите максимальное давление газа в данном циклическом процессе.
- 2) Вычислите максимальную и минимальную температуры газа в цикле.
- 3) Найдите работу A_T газа на изотерме 3–1.
- 4) Найдите КПД цикла η .

Примечание. Универсальная газовая постоянная равна $R = 0,082$ л.атм/(моль · К).

2141. В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке 194, напряжение между зажимами C и D равно $U_{CD} = 15$ В. Известно, что $R \gg r$. 1) Определите показания идеального вольтметра, подключенного к клеммам A и B . 2) Предположим, что к клеммам A и B подключен идеальный амперметр. Укажите направление тока, текущего через каждый из резисторов и через амперметр.

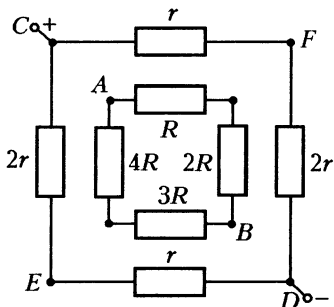


Рис. 194

2142. $N = 2009$ одинаковых конденсаторов емкостью $C = 10$ мкФ каждый зарядили до одинаковых напряжений $U = 10$ В и соединили последова-

тельно, причем $n = 100$ штук оказались подключенными в одной полярности, а остальные – в другой. Концы получившейся цепочки соединили резистором сопротивлением $R = 1$ кОм. Какой полный заряд протечет по резистору и сколько в нем выделится тепла?

2143. На кольцевой сердечник с большой магнитной проницаемостью сложенным вдвое изолированным тонким проводом намотана катушка с большим числом витков, получились две одинаковые катушки – одна с выводами A и B , другая – с выводами B и $Г$. Индуктивность катушки AB равна 1 Гн. К точкам B и $Г$ подключили резистор сопротивлением 1000 Ом, к выводам A и B присоединили источник синусоидального напряжения частоты 1000 Гц с амплитудой 1 В. Какой ток течет через резистор? Как изменится ток, если выводы B и $Г$ поменять местами?

2144. Зрительная труба имеет объектив с фокусным расстоянием 1 м и окуляр с фокусным расстоянием 5 см. Линзы находятся на расстоянии 106 см друг от друга, на объектив падает широкий пучок лучей, параллельный главной оптической оси. Найдите угол расхождения выходящего пучка. Диаметр окуляра $0,5$ см.

2145. Суточный спутник Земли вращается по круговой орбите, лежащей в экваториальной плоскости. В результате кратковременного включения тормозного двигателя скорость спутника уменьшается по величине на 1 м/с, а направление скорости не меняется. Найдите изменение периода обращения спутника.

2146. По прямой бежит кролик, его скорость все время равна $v_0 = 5$ м/с. В точке, отстоящей на $L_0 = 100$ м от этой прямой, сидит лиса. Она замечает кролика и бросается в погоню, когда тот находится на минимальном расстоянии от упомянутой точки. Лиса бежит с такой же по величине скоростью, вектор скорости лисы направлен в любой момент в точку, где находится кролик. Найдите максимальное ускорение лисы в процессе погони. Лису и кролика считать материальными точками.

2147. У Пети и Васи в кухне на даче имеется небольшой автоматический подогреватель воды. Он представляет собой пятилитровую емкость с хорошей теплоизоляцией и электрическим двухкиловаттным нагревателем. Емкость всегда соединена с водопроводной трубой, по которой в нее может поступать холодная вода, а внизу есть краник, через который можно отбирать горячую воду. Нагреватель снабжен реле с регулятором, позволяющим установить желаемую температуру воды. Подогреватель используется в основном для мытья посуды, а

поскольку ночью посуду никто не моет, его на ночь отключают. И тут у братьев зашел спор. Петя считал, что они поступают экономично, отключая электропитание прибора на ночь. Вася же полагал, что разницы никакой нет — ведь за ночь вода сильно остывает, и утром нагреватель включается на более длительное время, а если оставлять электропитание, то за ночь нагреватель будет включаться много раз, зато на небольшое время, поддержания заданную температуру воды. Чтобы решить спор, братья проделали эксперимент. Они установили регулятор температуры на $46\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оказалось, что за 9 ночных часов вода остыла до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха ночью в кухне была $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Достаточно ли этих данных, чтобы оценить, сколько придется платить в месяц, если отключать или не отключать питание подогревателя воды на ночь? Стоимость киловатт-часа принять равной 3 рублям.

2148. Давление насыщенных паров воды при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 1000 Па, а при температуре $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ оно возрастает до 1020 Па. Определите по этим данным молярную теплоту испарения воды при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2149. Конденсаторы емкостями $C = 100\text{ мкФ}$ и $2C$ и резистор сопротивлением $R_1 = 10\text{ Ом}$ соединены последовательно, а параллельно конденсатору емкостью C подключен резистор сопротивлением $R_2 = 100\text{ кОм}$. К выводам цепочки подключают батарейку напряжением $U = 10\text{ В}$. Какое количество теплоты выделится в резисторе сопротивлением R_1 ? А в резисторе сопротивлением R_2 ?

2150. В схеме на рисунке 195 резисторы (слева направо) имеют сопротивления 500 Ом, 200 Ом и 200 Ом, напряжение батарейки 6 В. Амперметры одинаковые: каждый имеет сопротивление 1 Ом, «класс точности» 1%, ток полного отклонения 50 мА. Найдите показания амперметров.

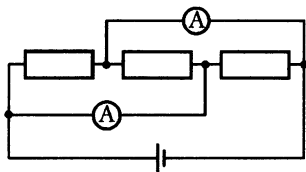


Рис. 195

2151. Три катушки, индуктивности которых 1 Гн, 2 Гн и 4 Гн, соединены «звездой». Общая точка

заземлена куском провода, параллельно этому проводу включен конденсатор емкостью 10 мкФ. В некоторый момент свободные концы катушек подключают к батарейке, создающим в точках подключения одинаковые потенциалы +6 В. Через время 0,1 с после подключения заземляющий провод перерезают. Найдите максимальный заряд конденсатора. Элементы цепи считать идеальными.

2152. Широкий параллельный пучок лучей падает на прозрачный однородный шар из материала с коэффициентом преломления $n = 1,414$. Найдите размер светлого пятна на противоположной стороне шара.

2153. По прямой дороге с постоянной скоростью v_0 бежит кролик. На расстоянии L от дороги находится лиса. В тот момент когда кролик оказывается ближе всего к лисе, она его замечает и бросается в погоню. Скорость лисы такая же, как у кролика, но лиса бежит с «упреждением» – вектор скорости лисы направлен все время в точку, которая находится впереди кролика на расстоянии d от него. Найдите минимальное расстояние между участниками забега.

2154. На гладком горизонтальном столе покоится монета, другая такая же монета скользит по столу. После абсолютно упругого удара скорости монет оказались одинаковыми по величине. Найдите угол разлета монет.

2155. Моль гелия находится в сосуде под поршнем при нормальных условиях. С газом проводят замкнутый процесс. В первой части процесса газ расширяется, при этом теплоемкость его остается постоянной и равной $C = 100$ Дж/К, затем газ охлаждают до начальной температуры при неизменном объеме и, наконец, изотермически сжимают до начального объема. В первой части процесса газ получил количество теплоты $Q = 1$ Дж. Найдите работу газа в этом процессе.

2156. Производят расчет «атома водорода», в котором минимальное расстояние между протоном и электроном составляет $d = 1$ мкм, а максимальное расстояние в 3 раза больше. Какой будет максимальная скорость электрона в таком «атоме»?

2157. Коаксиальный кабель состоит из центральной жилы диаметром $d = 1$ мм и проводящей оплетки диаметром $D = 5$ мм. Пространство между жилой и оплеткой заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Найдите емкость и индуктивность в расчете на 1 м такого кабеля, а также величину волнового сопротивления – при подключении резистора такой величины к концу куска кабеля не происходит отражения электромагнитной волны, бегущей вдоль него.

2158. Конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ, катушка индуктивностью $L = 1$ Гн и резистор сопротивлением $R = 300$ Ом соединены «звездой», а свободные выводы подключены к трем фазам сети напряжением $U = 220$ В и частотой $f = 50$ Гц. Найдите напряжение в общей точке элементов по отношению к «нулевому» проводу.

2159. Экран освещен удаленным источником света. На пути светового пучка располагают линзу, склеенную из двух плоско-

выпуклых стеклянных линз. Диаметр первой линзы $D_1 = 5$ см, ее фокусное расстояние $F_1 = 20$ см, диаметр второй линзы $D_2 = 1$ см, ее фокусное расстояние $F_2 = 10$ см. Линзы склеены плоскими поверхностями, плоскость склейки параллельна плоскости экрана, главные оптические оси линз совпадают. На каком расстоянии от экрана нужно расположить эту линзу, чтобы на экране получилось яркое пятно минимального диаметра? Во сколько раз освещенность в центре этого пятна больше освещенности экрана без линзы?

2160. На графике (рис.196) приведена зависимость скорости точки, которая движется по оси координат X , от ее координаты. Найдите ускорение точки в начале координатной оси. Одна клетка по горизонтальной оси – это 1 м, по вертикальной оси – это 1 м/с.

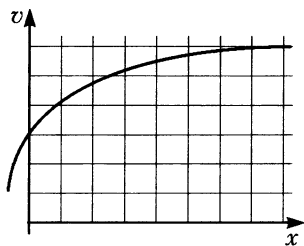


Рис. 196

2161. Статуэтка школьника имеет массу 20 г, голова статуэтки сделана из серебра (плотность 12 г/см^3), остальное – из дерева (плотность $0,8 \text{ г/см}^3$). Известно, что фигурка не содержит полостей и

не тонет в воде. Один грамм дерева стоит 1 рубль, один грамм серебра стоит 100 рублей. Сколько может стоить эта фигурка?

Справка: данная статуэтка художественной ценности не имеет, ее стоимость равна стоимости материалов.

2162. В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде находится порция гелия, отделенная от окружающей среды массивным поршнем, который может двигаться без трения. Наружное давление очень быстро повышают в 3 раза. Во сколько раз уменьшится объем газа к тому моменту, когда поршень окончательно перестанет двигаться?

2163. В глубинах космоса, вдали от других тел и полей, неподвижно висит непроводящее тонкое кольцо радиусом R и массой M , равномерно заряженное по длине зарядом Q . Заряженное таким же зарядом маленькое тело массой m движется вдоль оси кольца, причем на большом расстоянии от кольца скорость тела направлена к кольцу и равна v_0 . Найдите максимальную скорость кольца.

2164. В однородное магнитное поле с индукцией \vec{B} влетает со скоростью \vec{v} частица массой m и зарядом q . Магнитное поле локализовано внутри области радиусом R_0 , скорость \vec{v} направлена перпендикулярно линиям магнитной индукции, прицельный параметр удара p (рис.197). Найдите угол рассеяния θ , т.е.

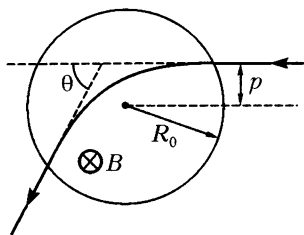


Рис. 197

угол, на который частица отклоняется от первоначального направления.

2165. Вольтметр и миллиамперметр соединили последовательно и подключили к батарее. При этом показания приборов были 1,3 В и 0,5 мА. Теперь соединили последовательно два таких же вольтметра и тот же миллиамперметр и подклю-

чили к той же батарее – один из вольтметров показал 0,7 В. Что показали при этом остальные два прибора? А что покажут приборы, если количество вольтметров увеличить до трех?

2166. DVD-диск вращается очень быстро. Оцените скорость движения точки поверхности диска мимо считывающего устройства, если за 100 секунд считывается 100 миллионов бит информации. Дорожки, на которых записана информация, расположены очень близко друг к другу – расстояние между соседними дорожками составляет примерно $1/1000$ миллиметра.

2167. В фокус маленькой собирающей линзы помещают мощный точечный источник света, при этом на линзу действует очень маленькая сила F . Какой станет эта сила, если источник отодвинуть вдвое дальше? А втрое дальше? Диаметр линзы в 10 раз меньше ее фокусного расстояния.

2010 год

2168. На Венере странная атмосфера – она простирается до высоты 10 км и обладает практически постоянной плотностью. Отпустим мячик с высоты 5 м – он упадет на поверхность через 1 секунду. С высоты 50 м он падает 3,5 с, с высоты 100 м – 5,5 с. Сколько времени он будет падать с высоты 200 м? Оцените, с какой скоростью он движется в этом случае непосредственно перед падением.

2169. На гладком горизонтальном столе находится груз массой M , к нему привязаны легкие нити, к свободным концам нитей прикреплены грузы массами $2M$ и $M/2$. Нити переброшены через неподвижные, расположенные горизонтально пальцы так, что один кусок каждой нити горизонтален, а другой – вертикален. Вначале груз на плоскости удерживают, затем отпускают. При этом пальцы начинают двигать навстречу друг другу по горизонтали, каждый с ускорением $a = g/7$. Найдите ускорение груза массой M сразу после начала движения.

2170. В два стакана налили одинаковые количества воды – в первый горячую при $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, во второй холодную при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ложку горячей воды перелили в холодную и перемешали. Температура воды в этом стакане оказалась $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перелили ложку этой воды обратно в стакан с горячей водой и перемешали. Какой стала температура в горячем стакане? Сколько раз нужно повторить этот процесс (переливание туда и обратно с перемешиванием), чтобы разность температур в стаканах стала меньше одного градуса? Теплоемкостью стаканов и ложки можно пренебречь. Теплообмен с окружающей средой не учитывать.

2171. Три одинаковых резистора соединены последовательно, батарейка напряжением 6 В подключена к концам этой цепочки. Два одинаковых вольтметра включены так, как показано на рисунке 198. Один из приборов показывает 3 В. Что показывает второй прибор? Что он будет показывать, если первый вообще отключить от схемы? Показания приборов считать точными, вольтметры – неидеальными.

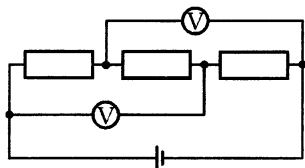


Рис. 198

2172. В глубинах космоса, вдали от всех других тел, висит неподвижно тонкостенная непроводящая сфера радиусом R и массой M . По ее поверхности равномерно «размазан» заряд Q . Издали на сферу налетает очень маленький шарик массой m , заряженный таким же зарядом Q . Начальная скорость шарика равна v_0 и направлена в центр сферы, а в стенках сферы сделаны две маленькие дырки так, чтобы шарик, при большой его скорости, мог проскочить сквозь сферу. Сколько времени шарик летит внутри сферы?

2173. Пружинный маятник состоит из легкой пружины жесткостью k и висящего на ней груза массой M . Вначале система неподвижна (груз в равновесии). В некоторый момент точку подвеса начинают двигать вниз с постоянной скоростью v_0 . Найдите максимальную длину пружины при таком движении. В нерастянутом состоянии пружина имеет длину l .

2174. Очень большое количество одинаковых тонких собирающих линз с фокусным расстоянием F расположены на одинаковых расстояниях l друг от друга так, что главные оптические оси всех линз совпадают. Расстояние l много меньше фокусного расстояния F . На первую линзу перпендикулярно ее плоскости падает луч света. Постройте дальнейший ход этого луча. Найдите расстояние между точками, в которых луч в третий и в четвертый раз пересекает главную оптическую ось.

2175. Шайба скользит по горизонтальной поверхности, сила трения о которую пропорциональна квадрату скорости шайбы. Начальная скорость шайбы упала вдвое через время T после начала движения. За какое время скорость упадет еще втрое?

2176. Конструкция в виде буквы Г (рис.199) сделана из проволоки постоянного сечения, угол прямой, длина короткого куска в 4 раза меньше, чем длинного. Нити, на которых висит конструкция, вертикальны и одинаковы по длине. Найдите отношение сил натяжения этих нитей.

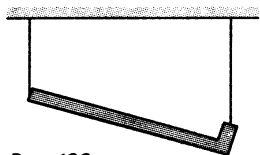


Рис. 199

2177. На корпусе фена, предназначенного для быстрой сушки волос, есть надпись: 1200 Вт. Диаметр отверстия, из которого выходит воздух с температурой 80°C , равен 4 см. Температура воздуха в комнате 20°C , давление воздуха 10^5 Па. С какой средней скоростью относительно корпуса фена движется выходящий наружу горячий воздух?

2178. Твердое вещество CO_2 похоже на плотно слепленный снежок – белый непрочный кусок скомканного снега – и называется «сухой лед», который при атмосферном давлении имеет температуру -65°C . Некоторое количество этого вещества взвесили и положили в нерастянутую резиновую оболочку воздушного шарика, имеющую массу 3 г. Оболочку загерметизировали, дождалась, пока весь сухой лед испарился и нагрелся до комнатной температуры, а затем надувшийся шарик взвесили на тех же весах – получился результат 69 г. Что показывали весы при взвешивании твердого вещества?

2179. Нагреватель идеальной тепловой машины имеет начальную температуру $2T$, его теплоемкость C , температура холодильника в начальный момент T , его теплоемкость вдвое больше. Теплообмена с окружающей средой нет, машина имеет маленькую мощность даже при начальной разности температур. Найдите температуры тел через очень большое время. Какую работу может совершить машина за это очень большое время?

2180. Конденсаторы в схеме (рис.200) одинаковые, емкость каждого 100 мкФ, сопротивление резистора 100 Ом. Батарейку напряжением 12 В с малым внутренним сопротивлением подключают к этой схеме. Какое количество теплоты выделится за большое время в резисторе? Какое полное количество теплоты выделится при подключении батарейки?

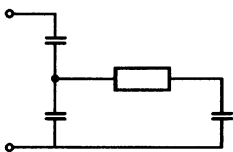


Рис. 200

ОТВЕТЫ

1601. $1,6R$.

1602. -4°C .

1603. В предположении, что перемешивание воды в сосуде плохое, получаем приблизительно 360 г и 30 г.

1604. Скорость равна $\frac{qE}{\sqrt{q^2B^2 + k^2}}$ и составляет с электрическим полем угол $\arctg \frac{qB}{k}$.

1605. $U_0 \pm \sqrt{\frac{2Q}{C}}$.

1606. 1) $\frac{\alpha\pi R^2}{4\sqrt{3}}$, если контур, образованный вольтметром с подводящими проводами и участком 1–2 рамки, не охватывает соленоид, и $\alpha\pi R^2 \left(1 - \frac{1}{4\sqrt{3}}\right)$, если контур охватывает соленоид; 2) $\frac{\alpha\pi R^2 (\sqrt{3} - 1)}{8\sqrt{3}}$, если контур не охватывает соленоид.

1607. 0,03 г (сопротивление нити считается постоянным и не учитывается возрастание излучаемой мощности с ростом температуры).

1608. 2,4 м/с.

1609. $\frac{v^2}{4\mu g}$.

1610. $\frac{1 - (1 - \tau_m)\sqrt{1 + 2\tau_m - \tau_m^2}}{1 + (1 - \tau_m)\sqrt{1 + 2\tau_m - \tau_m^2}}$.

1611. 0, если $x < r$, и $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{r}{\sqrt{r^4 + x^2 R^2}} \right)$, если $x > r$.

1612. Да, есть.

1613. 2,3Mg; 0,2g, g, 0,6g (большой кубик едет вместе с тележкой, а маленький – проскальзывает по ней).

1614. 5μMg.

1615. Еще через 2 часа.

1616. $3 \cdot 10^3$ с; $3 \cdot 10^5$ с.

1617. $1,6T_0$.

1618. 1, 14.

1619. Заряды не должны быть слишком велики, иначе шарики не разлетятся на расстояние 3 м, и не должны быть слишком малы, иначе шарики разлетятся «на бесконечность». Поэтому $0,32 \text{ мКл} \geq q \geq 0,27 \text{ мКл}$.

1620. 2 В и $4/3$ В; 15 В.

1621. 1,004.

1622. 0,25 Ом.

1623. $2g\tau \frac{M+m}{3M+2m}$.

1624. $\frac{L}{GM/(Lv_0^2)-1}$ и $v_0 \left(\frac{GM}{Lv_0^2}-1 \right)$ (проанализируйте полученные выражения в зависимости от соотношения между v_0 и L).

1625. -0,15 К.

1627. $I_0 \sqrt{\frac{CL_1L_2}{L_1+L_2}}$ и $2I_0 \frac{L_1}{L_1+L_2}$.

1628. 0,25 (ускорение жучка в любой точке определяется силой трения, связанной с коэффициентом трения).

1629. *Указание.* До некоторого момента шар касается кубиков, разъезжающихся с одинаковыми скоростями. Затем кубики разлетаются в стороны, а шар продолжает двигаться, свободно падая.

1630. $17L \frac{m}{M+m}$.

1631. Если ускорения первых двух тел направлены в одну сторону, то ускорение третьего тела равно $4a$ и направлено в противоположную сторону. Если же исходные ускорения направлены в разные стороны, то ускорение третьего тела равно $2a$ и направлено против большего ускорения.

1632. 0,31 с, 0,02 м; 0,3–0,4 с (импульс, передаваемый кубу при соударении с шариками, зависит от его скорости – этим и объясняется затухание колебаний).

1633. $1 - \frac{T_2}{T_1}$.

1634. $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1} + \frac{(Q_2 + Q_1 T_2/T_1)(T_2 - T_3)}{T_2} \approx 672 \text{ Дж}$ (нужно использовать обращенную идеальную тепловую машину).

1635. 6,27 Ом.

1636. $\frac{I_1}{\sqrt{Cnr}} \approx 0,022 \text{ А}$.

1637. $\frac{1}{\sqrt{LC}} \approx 316 \text{ с}^{-1}$; $\frac{1}{\sqrt{2LC}} \approx 224 \text{ с}^{-1}$; $\frac{U_0}{R} \sqrt{\frac{L}{2C}} \approx 22,4 \text{ В}$.

1638. Высота подскока не изменится.

$$1639. 6kL^2.$$

$$1640. \frac{U^2 \epsilon_0 S}{18d^2}, 0, \frac{U^2 \epsilon_0 S}{6d^2}, \frac{2U^2 \epsilon_0 S}{9d^2}.$$

$$1641. \frac{2\mathcal{E}}{r} \text{ и } -\frac{\mathcal{E}}{r}.$$

1642. 5 мкФ; 10 мкФ (емкостное сопротивление конденсатора равно индуктивному сопротивлению катушки).

$$1643. \frac{\mu mg}{2}.$$

$$1644. v_0 \sqrt{\frac{2M}{3k}}.$$

$$1645. \sqrt{\frac{Mg}{\rho}}.$$

$$1646. \frac{2mg}{k}; \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mM}{k(M+m)}}.$$

1647. Приблизительно 0,4 с.

$$1648. \frac{N_A S \tau p}{2\sqrt{MRT}} = 3,5 \cdot 10^{22}, 460 \text{ Дж}.$$

$$1649. \frac{CU_0^2}{8}.$$

1650. 6 кОм и 3,36 кОм.

1651. При подключении цепочки в момент нулевого тока через катушку выделится $CU_0^2/2$ тепла. При максимальном токе катушки выделится $CU_0^2/3$ тепла.

1652. 115 мА (амперметр показывает разность токов верхнего резистора и нижнего конденсатора, причем с учетом сдвига фаз на $\pi/2$).

1653. 0,17; 3 камня (кроме первого).

$$1654. NMv_1 = 1600 \text{ Н}; NM(v_2 - v_1) = 800 \text{ Н}.$$

$$1655. \frac{A}{C - 1,5R} \approx 8 \text{ К}.$$

$$1656. -\frac{Q}{2}; \frac{kQ^2\sqrt{3}}{2Ma^2}.$$

$$1657. \text{Максимум; } T \frac{f_2^2}{f_1^2} \approx 352 \text{ К}.$$

$$1658. \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2 \left(\frac{3}{2} + \operatorname{tg}^2 \alpha \right)^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}.$$

$$1659. \frac{\sqrt{8MmgH}}{M - m} \text{ (масса налетающей тележки должна быть меньше}$$

массы неподвижного вагона).

$$1660. \sqrt{2gL} \text{ и } 2\sqrt{\frac{gL}{3\sqrt{3}}}.$$

1661. $\frac{\pi v_0}{2} \sqrt{\frac{M}{2k}}$ (самый громкий удар соответствует самой большой относительной скорости тележек перед ударом).

$$1662. 2,5(p_1 V_1 - p_2 V_2) - p_2 (V_2 - V_1).$$

1663. $\frac{qQ\sqrt{S/\pi}}{8\pi\epsilon_0 R^2}$ (поле внутри сферы создается равномерно заряженной сферой и зарядами дырки противоположного знака).

1664. Уменьшится в $56/51 \approx 1,1$ раза.

1665. Нижний вольтметр показывает $U\left(1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\right) \approx 4,22 \text{ В}$, левый показывает $\frac{U}{\sqrt{3}} \approx 5,78 \text{ В}$, правый показывает $U\left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1\right) \approx 1,56 \text{ В}$. Показания приборов в пятой ячейке меньше соответствующих показаний в $\frac{1}{(2 - \sqrt{3})^4} \approx 189$ раз.

1666. 20 мкДж и 24 мкДж.

1667. 0,5 Гн или 1,5 Гн; 3 Гн; для первой индуктивности ток не изменится, для второй индуктивности ток уменьшится в 3 раза, для третьей – составит $2/3$ от первоначального.

$$1668. \frac{v_1}{2} + \frac{v_2 v_3}{v_2 + v_3} \approx 54,3 \text{ км/ч}.$$

$$1669. \frac{\sqrt{2gh}(m \sin \alpha \cos \alpha - \mu M)}{\sqrt{(2M + m - \mu M \operatorname{ctg} \alpha)(2M + m \sin^2 \alpha)}}.$$

1670. $2,5 \cdot 10^{32}$; молекулы чаще ударяют о пол; 10^{29} .

1671. $-\frac{v_0 + 4u}{3}$, $2u$ и $\frac{2v_0 - u}{3}$, где $u = \sqrt{\frac{2kQ^2}{3Md}}$ (для случая, если налетающая шайба «отразится» от дуплета крайних шайб).

$$1672. \frac{BdCU}{M + CB^2 d^2} \approx 10^{-4} \text{ м/с}.$$

$$1673. g \operatorname{tg}^2 \alpha.$$

$$1674. 2M(g + 6a), 2(M(g + 6a) + m(4a - g)).$$

1675. $1,0004T_0$, где $T_0 \approx 5060 \text{ с}$ – период обращения спутника по околоземной орбите.

1676. На шарик с «хвостом», кроме силы лобового сопротивления, действует еще сила вязкого трения, пропорциональная скорости падения и величине боковой поверхности «хвоста», т.е. длине нити. Эта сила

является главной. В результате получается, что искомая скорость падения шарика равна 3 м/с.

1677. Оценки показывают, что на испарение пойдет очень небольшая часть тепла и испарится приблизительно 0,6 мг воды.

1678. 30 В, в 5 раз.

1679. Одна из возможных схем приведена на рисунке 1. После перерезания провода в точке *A* вся энергия заряженного конденсатора перейдет в энергию катушки, а после перерезания провода в точке *B* – в энергию заряжаемого конденсатора. При этом напряжение на этом конденсаторе достигнет $10U$; есть и другие способы.

1680. ε .

1681. В одном из возможных вариантов включения выводов обмоток напряжение на конденсаторе все время равно нулю. В этом случае при увеличении частоты генератора накал лампочки монотонно убывает. Если теперь выводы одной из обмоток поменять местами, то получим параллельный контур из катушки индуктивностью L и конденсатора емкостью $4C$. Поэтому накал лампочки будет большим на совсем низких и на достаточно больших частотах, а на частоте $1/(2\sqrt{LC})$ накал уменьшится практически до нуля.

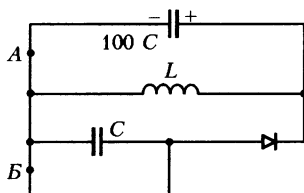


Рис. 1

1682. На расстоянии $1,55R$ от внешней сферической поверхности.

1683. $\frac{v}{3} \sqrt{9 \cos^2 \alpha + 4 \sin^2 \alpha}$, $\frac{2}{3} \frac{v^2 \sin^2 \alpha}{H} \sqrt{\frac{(1,5 \cos^2 \alpha - 1)^2}{\cos^2 \alpha} + \sin^2 \alpha}$, где

H – высота вала над поверхностью воды.

1684. 73°C .

1685. При летней температуре 300 К высота столба воздуха составляет приблизительно 8,6 км, при зимней температуре 250 К – 7,2 км.

1686. Если вольтметр сначала был подключен к батарейке с полярностью, как у большинства, то теперь он покажет 1,6 В либо 6,4 В. Если же вольтметр был подключен к батарейке из меньшинства, то затем он покажет 1,6 В либо 0,4 В.

1687. Минимальное значение относительной скорости соответствует моменту, когда эта скорость перпендикулярна скорости изображения, и составляет $v_0 \sin 2\alpha$.

1688. 19,2 ч; 70 л.

1689.
$$\frac{\sqrt{(v \cos \alpha)^2 + \left(\frac{v}{2}(\sin \alpha + \sqrt{4 - \cos^2 \alpha})\right)^2}}{2L} \cdot \frac{v^2(\sqrt{4 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha)^2}{2L}.$$

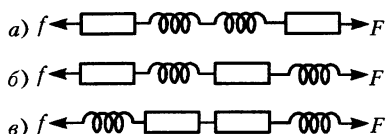


Рис. 2

1690. Тело пролетит приблизительно 800 км.

1691. Для соединения, изображенного на рисунке 2,а, показания динамометров равны

$$\frac{9}{16}f + \frac{7}{16}F \text{ и } \frac{7}{16}f + \frac{9}{16}F.$$

Для схемы на рисунке 2,б динамометры показывают $\frac{9}{16}f + \frac{7}{16}F$ и $\frac{1}{16}f + \frac{15}{16}F$. В случае рисунка 2,в получаем $\frac{15}{16}f + \frac{1}{16}F$ и $\frac{1}{16}f + \frac{15}{16}F$.

1692. $5 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹ (испарился верхний слой воды толщиной 10 м, а оставшийся слой воды расширился до прежнего объема).

1693. Движок нужно установить посередине реостата, подключенного к источнику, а лампочку нужно включить между движком и одним из концов реостата.

1694. Период обращения увеличится в N^2 раз, а время «падения» увеличится в N^4 раз.

1695. Приблизительно $0,25I_0^2RT$.

1696. 220 В; 0,36 А; 24,2 Вт.

1697. Если оба трансформатора понижающие, то амперметр покажет 131,5 мА, если оба повышающие, то – 2,2 А. Если первый трансформатор понижающий, а второй повышающий, то амперметр покажет 0,55 А, в противном случае – тоже 0,55 А.

1698. Сканирование осуществлялось в вертикальном направлении, скорость каретки сканера равна 1 мм/с.

1699. Это квадрат с вершинами в серединах сторон пластинки.

1700. $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$.

1701. $\frac{QM}{mZeN_A U} \approx 0,75 = 75\%$, где М – молярная масса водорода, Z – его валентность, N_A – число Авогадро.

1702. $2\pi\sqrt{\frac{mL(\rho L + R)}{\epsilon l B}}$.

1703. В данный момент под углом $\arccos \frac{1}{3}$; на $\frac{d}{2\sqrt{2}v}$.

1704. $\frac{Mv_0^2 \sin^2 \alpha}{L \cos^4 \alpha}$.

1705. Чтобы при неподвижном теле грузы не двигались, должно выполняться условие $\mu_1 \geq 0,5$, а μ_2 может быть любым. Грузы могут двигаться, а тело остается в покое при условии $\mu_2 \geq \frac{2 - 4\mu_1}{17 + 2\mu_1}$.

1706. 28 с.

1707. $5MgH$; $\frac{5H}{3}$.

1708. $\frac{3Q^2}{8C}$.

1709. Если отключить верхний вольтметр, то показания нижнего упадут до нуля. Если отключить правый вольтметр, то нижний покажет приблизительно 2,47 В.

1710. 375 Ом.

1711. 242 Вт; в грубом приближении при малой емкости конденсатора мощность практически не изменится, а при большой емкости возрастет в 4 раза (аккуратный расчет дает, что в первом случае добавится мощность $2,5 \cdot 10^{-3}$ Вт, а во втором случае мощность возрастет в 3,5 раза).

1712. 2,2 см (впрочем, интересно посмотреть, а не найдутся ли лучи, которые дадут больший диаметр пучка).

1713. $\mu \geq \frac{0,5F - 0,1Mg}{1,5F + 1,3Mg}$ (проанализируйте случаи малых и больших значений силы F).

1714. Сначала давление в сосуде возрастет как за счет увеличения температуры до 330 К, так и за счет увеличения количества газа до 1,25 моль и вырастет примерно до 1,4 атм. По мере выравнивания температур давление снизится до 1,25 атм.

1715. Нижние вольтметры показывают по 11,25 В, показание верхнего вольтметра 15,75 В, а среднего 6,75 В.

1716. Если разорвать цепь первой катушки, то оба тока упадут до нуля. Если же разорвать цепь второй катушки, то первый амперметр покажет $I_1 - I_2^2/I_1 = 0,96$ А.

1717. $n < 1,66...$; выйдет весь поток.

1718. $0,4 \text{ м/с}^2$.

1719. $\frac{mg \sin \alpha}{1 - \frac{m \cos \alpha}{M + m}}$.

1720. Если мел успеет набрать скорость доски, то длина меловой черты будет $\frac{v_0^2}{2\mu g}$. В противном случае длина меловой черты равна $v_0\tau - \frac{\mu g \tau^2}{2}$.

1721. Компот нагрелся на $0,4^\circ\text{C}$, а квас – на $1,6^\circ\text{C}$.

1722. 9,4 г; $3,5 \cdot 10^{23}$.

1723. 76h; 30,4h.

1724. $\frac{CU_0^2}{2}$, 0, $\frac{CU_0^2}{6}$.

1725. 0,025 Дж.

1726. $\frac{5U_0^2}{18R}$.

1727. 0,09 В; 0,08 В.

1728. Приблизительно $8,5 \cdot 10^{-3} \frac{c^2}{d}$.

1729. Скорость направлена в ту же сторону и равна приблизительно $v_0/400$.

1730. Энергия уменьшится в $4/3$ раза; через большой промежуток времени средняя квадратичная скорость станет равной $v_0\sqrt{3/4} \approx 87$ м/с.

1731. Приблизительно $0,25 \cdot 10^{-7}$ Дж.

1732. $\frac{1}{\sqrt{CL}}$; $U_0\sqrt{\frac{C}{L}}$.

1733. 50 м/с.

1734. $2(2M - m)\sqrt{\frac{H}{mg(2M + m)}}$; $\frac{H}{2} \frac{(2M - m)^2}{(M + m)^2}$ относительно точки встречи.

1735. $\frac{d}{D} \sqrt{gh \left(\frac{4M}{\rho \pi D^2 h} - 1 \right)}$ (решение очень приближительное, поскольку характер движения жидкости сильно зависит от формы «входа» отверстия и от вязкости жидкости).

1736. $\pi\sqrt{\frac{3M}{k}}$; $\frac{v_0}{4} \pi\sqrt{\frac{3M}{k}}$.

1737. $R \left(\frac{5}{2} - \frac{1}{1 + 3aT_0/V_0} \right)$ и $R \left(\frac{5}{2} - \frac{1}{1 + aT_0/V_0} \right)$ (заметим, что константа a может быть и отрицательной).

1738. $\frac{(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{R} \frac{\tau_1 \tau_2}{(\tau_1 + \tau_2)^2}$.

1739. Если резистор сопротивлением 200 Ом находится посередине, то через крайние батарейки текут токи по 60 мА, а через среднюю батарейку течет ток 135 мА. Если же большой резистор находится слева, то через левую батарейку течет ток 30 мА, через среднюю батарейку 120 мА и через правую 60 мА.

1740. $\frac{0,01B_0\pi D^2 I_0}{4h} = 7 \cdot 10^{-6}$ Н.

1741. 42 Гц, 0,13 А, $57^\circ \approx 1$ рад.

1742. Если обмотки включены в цепь так, что их магнитные поля вычитаются, то ток через резистор равен $220 \text{ В} / 220 \text{ Ом} = 1,1$ А и сдвига фаз между током и напряжением сети нет. Если же магнитные поля обмоток складываются, то цепь можно заменить последовательным

включением резистора сопротивлением 200 Ом и катушки индуктивностью $4 \cdot 5 \text{ Гн} = 20 \text{ Гн}$. В этом случае ток через резистор составляет приблизительно 35 мА, а сдвиг фаз между током и напряжением отличается от 90° примерно на 2° .

1743. $2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$.

1744. Большие шарики сталкиваются между собой в $\sqrt{2}$ раз чаще.

1745. 0,001 Па, 1333 К.

1746. 14,9 мА, 14,8 мА; 1,5 А, 149 В.

1747. Увеличить в $\sqrt{1,8/0,8} = 1,5$ раза.

1748. $\frac{g\tau^2}{6} = 6,7 \text{ см}$.

1749. Вращаться относительно середины; $2\sqrt{\frac{\pi LM}{F}}$; $2\pi F$.

1750. $\frac{4abh}{\pi d^2 \sqrt{2g(c-h)}} \approx 7,6 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 88 \text{ сут}$.

1751. $\frac{mv^2}{2} \left(\frac{M-m}{M+m} \right)^2$.

1752. $4 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 46 \text{ сут}$.

1753. Приблизительно $0,2\epsilon C$ (точнее, $\frac{\epsilon C}{5 + 12/1000}$).

1754. Между 71-м и 72-м резисторами.

1755. Максимальный заряд уединенного конденсатора равен $CU_0 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \approx 1,7 CU_0$, а соединенного с катушкой — $\frac{CU_0}{\sqrt{2}} \approx 0,7 CU_0$, максимальный ток через катушку равен $U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$, а выделившееся количество теплоты составляет $\frac{CU_0^2}{2}$.

1756. Заменим кабель эквивалентной схемой, содержащей множество одинаковых звеньев, каждое из которых состоит из индуктивности и емкости (рис.3). Для звеньев метровой длины скорость равна $2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Сопротивление такой цепи оказывается обычным активным и равным 200 Ом, поэтому на конце кабеля можно включить именно такое сопротивление.

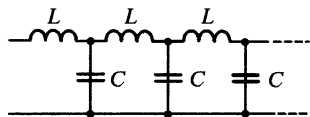


Рис. 3

1757. $\leq \arcsin \left(1 - \frac{L\phi}{D} \right)$.

1758. $\frac{gt_1 t_2}{2}$.

1759. 1) $\sqrt{\frac{mL}{F}} N \sqrt{1 - \frac{1}{N}}$; 2) $\sqrt{\frac{FL}{m}}$.

1760. 1) $\sqrt{\frac{g}{\sqrt{l^2 - a^2}}}$; 2) $\frac{\sqrt{g\sqrt{l^2 - a^2}}}{l}$; 3) $\frac{2}{\sqrt{3}}$.

1761. 0,14 г; нет.

1762. $\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R^2}$.

1763. На расстоянии 17 м от ближайшей точки.

1764. При $F \leq 2\mu mg$ движения нет. При $2\mu mg < F < 3\mu mg \left(1 + \frac{m}{M}\right)$ проскальзывает малый груз и ускорение тележки равно $\frac{F - 2\mu mg}{M + 3m}$. При большей силе проскальзывают оба груза и тележка движется с ускорением $\frac{\mu mg}{M}$.

1765. Возможны два столкновения: а) протона с протоном; б) протона с дейтроном.

1766. $\frac{4L \sin^3 \alpha}{\cos \alpha}$.

1767. $\frac{F\sqrt{5}}{4}$ и $\frac{F}{4}$; $\frac{F\sqrt{10}}{8}$ и $\frac{F\sqrt{2}}{8}$.

1768. 2,5 мм.

1769. 0,017 г.

1770. Внутри «черного ящика» находятся идеальная батарейка напряжением 3,96 В и резистор сопротивлением 0,576 кОм.

1771. Амперметры покажут 0,87 А, 0,5 А, 0,5 А.

1772. Уменьшить в 2,56 раза.

1773. $\frac{l}{D}$.

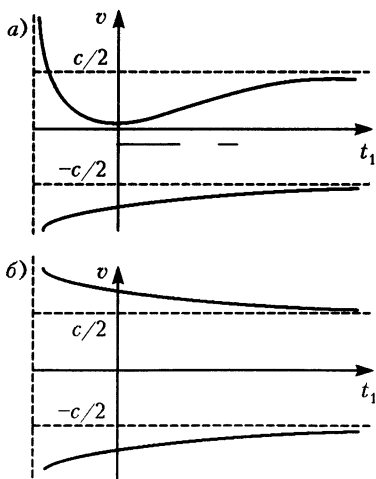


Рис. 4

1774. Уменьшится в 6 раз.

1775. Уменьшится в 1,24 раза.

1776. Уменьшится в 32 раза; увеличить в $\sqrt[3]{32} \approx 3,17$ раза.

1777. $\frac{1 + \sqrt{3}}{2} U \sqrt{\frac{C}{L}}$.

1778. Из-за конечности скорости распространения света наблюдатель видит зайчик не там, где находится световое пятно в момент наблюдения, а там, где зайчик находился в более ранний момент времени. Иными словами, $t_1 = t + \frac{2h}{c \cos \omega t}$. Графики зависимости $v(t_1)$ для случаев $\hbar\omega < c$ и $\hbar\omega > c$ приведены на рисунках 4, а и 4, б.

$$1779. g \left(1 - \frac{d}{D} \right) \frac{M + m(1 - d/D)}{M + m(1 + d/D)^2}.$$

1780. Малые тела отстоят от большого на расстояние $L/2$ каждое и вращаются вокруг него с частотой $\sqrt{\frac{26GM}{L^3}}$.

$$1781. T_1 - 2,5\Delta T = 497,5 \text{ К}, \quad \frac{0,5\Delta T}{T_1} = \frac{1}{1000} = 0,1\%.$$

1782. Приблизительно 1000.

$$1783. 4k \frac{Q}{d}; \quad \frac{4k}{\sqrt{3}} \frac{Q}{d}.$$

1784. 5,4 В; 0,135 А; приблизительно 0,095 А.

$$1785. \frac{1}{6} CU_0^2; \quad \text{приблизительно } \frac{CU_0^2}{108000}.$$

1786. Приблизительно 0,07 А (с учетом идеальности амперметра получается параллельный колебательный контур, настроенный в резонанс).

1787. Первый максимум наблюдается при диаметре $2\sqrt{\lambda L} \approx 0,66 \text{ мм}$, а n -й – при диаметре $2\sqrt{\lambda L(2n+1)}$; приблизительно 1,28 мм (условие максимума для двух длин волн выполняется за счет разных номеров максимумов).

$$1788. \text{ При } \frac{u}{v} > \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}} \text{ время равно } \frac{\sqrt{a^2 + l^2}}{u}, \text{ при } \frac{u}{v} < \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}}$$

$$\text{время равно } \frac{l}{v} + a\sqrt{\frac{1}{u^2} - \frac{1}{v^2}}.$$

1789. С одной и той же скоростью $v/3$.

1790. Приблизительно 10^3 м/с .

$$1791. 2\pi \sqrt{\frac{M}{k + \rho g S(1 + \sin \alpha)}}.$$

1792. Нужно добавить ацетон в объеме 26,7 мл.

1793. $\frac{2\alpha R}{1 - (gR/v^2)} \approx 1780 \text{ км}$ (снаряд будет двигаться по сильно вытянутому эллипсу, большая полуось которого значительно больше радиуса Земли R , и ударится о Землю *позади* орудия).

1794. Максимальная сила натяжения, равная $\frac{6Mv^2}{L}$, соответствует случаю, когда скорости грузов перпендикулярны стержню и направлены в противоположные стороны. Минимальная сила меньше максимальной в 9 раз и соответствует случаю одинаково направленных скоростей грузов.

$$1795. \frac{L_1 + L_2}{4}.$$

1796. Приблизительно 0,1 г.

$$1797. \frac{(p_1 T_0 - p_0 T_1) T_2}{T_0 T_1 p_n} = 74,6\% \quad (\text{здесь } p_n = 1 \text{ атм}).$$

1798. (27 ± 1) л.

$$1799. \frac{\sqrt{5} - 1}{\sqrt{3}} \text{ Ом} \approx 0,71 \text{ Ом}.$$

$$1800. U_0 \sqrt{\frac{2C}{L}}, U_0 \sqrt{\frac{2}{3}}.$$

$$1801. 2\pi \sqrt{\frac{2l_1 l_2}{g(l_1 + l_2)}}.$$

1802. 2–4 мм.

$$1803. \text{Меньше } \arcsin \frac{2\sqrt{2}}{3} = 70,5^\circ.$$

1804. $\frac{16}{5} M$, чтобы неподвижным был груз массой m , и $\frac{16}{11} M$, чтобы неподвижным был груз массой M (ситуация, когда неподвижен груз массой $4M$, нереальна).

1805. 26 г (первоначально бóльшая часть азота находится в жидком состоянии).

1806. 5,92 В и 5,87 В; уменьшится в $\sqrt{2}$ раз.

1807. $2I_0$ (длинную и тонкую проволочку можно считать элементом цепи с некоторой индуктивностью).

1808. $(\pi - 1) \sqrt{\frac{R}{a}} + 2 \sqrt{\frac{L + R}{a}}$ (ответ справедлив для случая $L > R/2$).

$$1809. v\sqrt{7}, \frac{Mv^2}{L}.$$

$$1810. (M_1 + M_2) \left(1 + \frac{m}{M_2} \right) g \operatorname{tg} \alpha.$$

1811. Приближается со скоростью 72 км/ч; изменение тональности определено героиней не очень точно.

1812. Плотность сухого воздуха больше плотности влажного примерно на 0,75%.

1813. 30 Вт, 11%.

$$1814. 8 \sqrt{\frac{\epsilon_0 x M S^{3/2}}{Q^2 d}} \quad (\text{колебания не являются гармоническими}).$$

1815. 2 Ом; амперметр довольно плохой, а вольтметр очень плохой.

1816. 20,8 Гн; 81,6 Гн, если при последовательном соединении катушек витки второй катушки как бы являются продолжением витков

первой, и $8 \cdot 10^{-3}$ Гн – при противоположном включении катушек; чуть больше 20 Гн в случае «согласного» подключения обмоток и 0 – в противном случае.

1817. +3 или +3,5 диоптрии.

1818. $8\sqrt{\frac{d}{a}}$ при нулевой начальной и нулевой конечной скоростях и

$(4 + 2\sqrt{2})\sqrt{\frac{d}{a}}$ при ненулевых скоростях на входе и на выходе.

1819. 111,3 Н; 118 Н (нижние веревки при этом не натянуты).

1820. $7,2 \cdot 10^{-2}$ Н (нужно учесть силы сцепления воды с внутренней и внешней поверхностями трубки).

1821. $\frac{Q^2}{8C}$ (если R не очень велико, то часть энергии уносит электромагнитное поле, обусловленное токами разряда).

1822. В 2,62 раза (в одном «черном ящике» находится катушка индуктивности, в другом – конденсатор).

1823. 0,72 ч; 0,47 ч.

1824. Приблизительно 30 м/с.

1825. $\mu g = 7 \text{ м/с}^2$ и $\frac{\mu mg}{M} = 3,5 \text{ м/с}^2$ (оба тела проскальзывают относительно листа бумаги); $\frac{F}{M + m} = 3,3 \text{ м/с}^2$ (оба тела движутся вместе с листом бумаги).

1826.
$$\sqrt{\frac{2gh}{\left(1 + \frac{M}{m}\right)\left(\frac{2(1 + M/m)}{\cos^2 \alpha} - 1\right)}}.$$

1827. Порядка 0,01.

1828. $1,5RT \approx 3,7 \text{ кДж}$.

1829. 3/5 шкалы; 5/6 шкалы; от 6 кОм до 20 кОм.

1830. 115 мкФ.

1831. Частота источника близка к собственной частоте контура $1/\sqrt{LC} = 1000 \text{ с}^{-1}$ и составляет 995 с^{-1} или 1005 с^{-1} в зависимости от того, напряжение конденсатора больше, чем у катушки, или меньше; 10 Ом.

1832. 2 мм; 1 см.

1833. 5 м.

1834. $\frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

1835. Приблизительно до 200 К.

1836. $4\pi\epsilon_0 d^2 E_0$; d ; $\frac{d}{t_0}$.

1837. $\frac{Bv(R-r)}{2}$ (проще рассматривать движение проводников в

магнитном поле, а не изменение магнитного потока через контуры).

1838. $\frac{L u}{2 v}$, если жук не успевает доползти до верхнего края палочки, и $L\sqrt{1-\frac{v^2}{u^2}}$ — в противном случае.

1839. $1,67\sqrt{\frac{FL}{2M}}$; $1,5F$.

1840. $2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ (колесо не вращается, а маятник ведет себя, как математический); увеличится в $\sqrt{1+\frac{R^2}{L^2}}$ раз.

1841. 26°C .

1842. На 25°C и 200°C .

1843. $\frac{mg}{qB}$, $\sqrt{\left(\frac{E}{B}\right)^2 - \left(\frac{mg}{qB}\right)^2}$, $\frac{E}{B}$.

1844. $\frac{UI_2}{4}\left(1 - \frac{I_1}{I_2}\right)^2 = 50 \text{ Вт}$.

1845. $I(t) = \frac{qv}{d}(1 - \cos \omega_0 t)$, где $\omega_0^2 = \frac{d}{\epsilon_0 SL}$.

1846. 0,275 А, 1,1 А, 1,1 А, 4,4 А (в зависимости от того, включен первый трансформатор в сеть как понижающий или как повышающий, и от варианта включения обмоток второго трансформатора).

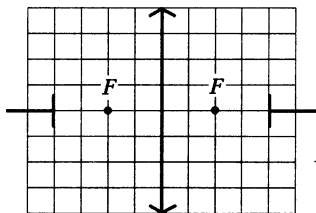


Рис. 5

1847. См. рис.5.

1848. $-\frac{v_0^2}{x_0}$, $\frac{\pi x_0}{2 v_0}$ (точка совершает гармонические колебания).

1849. $g \frac{M+2m}{0,5M+2m} > g$.

1850. 4%.

1851. 0,8 В, 0,8 В, $1/3$ мА; 1,8 В, 1,8 В, 3 мА.

1852. На частоте f_{p1} (рис.6) ток в цепи резко возрастает («резонанс напряжений»), а на частоте f_{p2} ток становится практически нулевым («резонанс токов»), причем $f_{p2} = \sqrt{2}f_{p1}$. Если частоты 1000 Гц и 1100 Гц лежат по разные стороны от f_{p1} , то $f_{p1} \approx (1000 \text{ Гц} + 1100 \text{ Гц})/2 = 1050 \text{ Гц}$ и $f_{p2} \approx 1485 \text{ Гц}$. Если же данные частоты «огибают» частоту f_{p2} , то $f_{p2} = 1050 \text{ Гц}$ и $f_{p1} \approx 743 \text{ Гц}$.

1853. Нужно бросить шарик со скоростью $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \approx 3,5 \text{ м/с}$, где

$v_x = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{L^2 g}{2h}}$ и $v_y = \sqrt{2gh}$, так, что он дважды упруго отразится от пола.

1854. 4 м/с и $0,16 \text{ м/с}^2$.

1855. Самый верхний груз не движется, следующие два груза движутся с ускорением $\frac{4}{37}g$ один вниз, другой

вверх, четвертый груз движется с ускорением $\frac{2}{37}g$ вниз, а самый нижний – с ускорением $\frac{1}{37}g$ вверх.

1856. Скорость верхней шайбы максимальна в самом нижнем положении и равна $\sqrt{2gL}$. Скорость нижней шайбы максимальна при угле наклона стержня к вертикали $\arccos \frac{2}{3}$ и равна $\sqrt{\frac{8}{27}gL}$.

1857. $0,55\%$.

1858. $\frac{5k(T_1 - T_2)}{2\epsilon + kT_2}$ и $\left(1 + \frac{5k(T_1 - T_2)}{2\epsilon + kT_2}\right) \frac{T_2}{T_1}$, где k – постоянная Больцмана.

1859. Одинаковые, $4 \cdot 10^7$.

1860. Искомый резистор имеет сопротивление $5R$ и не находится в диагонали «мостика».

1861. $\frac{U_0^2}{R} \cdot 2\pi\sqrt{LC} \approx 9 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$; $\frac{U_0}{R} \cdot 2\pi\sqrt{LC} \approx 7,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$.

1862. $\frac{3}{13} \text{ м}$ и $\frac{4}{13} \text{ см}$ (считаем, что коэффициент преломления органического стекла равен 1,4).

1863. $\frac{g}{1 + M \cdot (6m)}$.

1864. $\frac{\sin \alpha \cos \alpha}{2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{7}$.

1865. Объем уменьшился на $0,83 \text{ л}$, а давление возросло на 560 Па .

1866. $\frac{kq^2(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}h}$; $\frac{kq^2}{24h}$.

1867. $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$; $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}$.

1868. 56 м .

1869. $\frac{17F_0}{M}$.

1870. Максимальная энергия тарелки равна Mgh ; минимальная энергия равна нулю, если считать, что масса монеты много больше

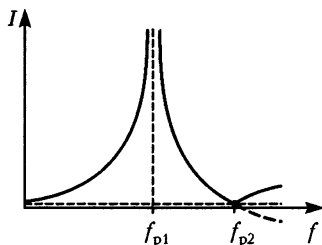


Рис. 6

массы тарелки. В общем случае нужно, конечно, знать отношение массы монеты и тарелки.

1871. 25%.

1872. $2,5 \cdot 10^{-3}$ Дж (столбик ртути в капилляре имеет длину более 1,5 м!).

1873. Возможно (используя обращенную тепловую машину – «тепловой насос»).

1874. Нужно удалить резистор из диагонали «мостика».

1875. Нельзя.

1876. $\frac{3CU_0^2}{8} \leq Q \leq \frac{CU_0^2}{2}$ (в зависимости от момента подключения параллельно соединенных резистора и катушки).

1877. Оба тока равны 0,27 А, но текут навстречу друг другу.

$$1878. \quad mg \sqrt{1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha_0}{\sqrt{3}} + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_0}{3}}.$$

$$1879. \quad \frac{h}{(1 + m_1/m_2)^2}.$$

$$1880. \quad \frac{5}{4} V_0 \left(p_0 + \frac{\rho g V_0}{S} \right).$$

1881. 0,1 мА, 0,2 мА, 0,3 мА.

$$1882. \quad \frac{r}{4\sqrt{2} a/D - 1} \approx 48,6 \text{ м}.$$

$$1883. \quad \frac{4}{3} \tau v_0.$$

1884. Ускорение направлено вниз и равно $\frac{1}{14} g$.

$$1885. \quad \frac{R}{3} \left(\sqrt{5} + \sqrt{\frac{16}{3} \left(\frac{H}{R} - \frac{4}{27} \right)} - \frac{\sqrt{80}}{9} \right).$$

1886. 5 : 3.

1887. В обоих случаях $c_V \frac{\Delta p_2}{\Delta p_1}$.

$$1888. \quad \sqrt{\frac{qQd}{\epsilon_0 m S}}; \sqrt{\frac{5qQd}{\epsilon_0 m S}}.$$

$$1889. \quad \frac{CU_0}{2}; \frac{R}{R + 1,5r} \frac{CU_0^2}{8}.$$

$$1890. \quad \sqrt{\frac{2mv}{a|q|}}.$$

1891. Индуктивность будет равна 0,96L.

$$1892. \quad Ed \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

1893. Ускорение крайнего левого груза направлено вниз и равно $\frac{9}{19}g$, а ускорения всех остальных грузов одинаковы, направлены вверх и равны $\frac{1}{19}g$.

1894. Нулевое.

1895. $cM(T_2 - T_1) - cMT_1 \ln \frac{T_2}{T_1}$; $cM(T_2 - T_1)$, если не требовать цикличности проводимых процессов; cMT_2 , если не использовать внешнюю среду.

1896. 8 В, 7 В (левый вольтметр), 1 В (средний вольтметр).

1897. $\sqrt{2}U_0$; $0,03U_0$.

1898. $2,3 \text{ м/с}^2$.

1899. Возможны 2 варианта. 1) При одинаковых массах грузов, подвешенных к нити, переброшенной через блок Б, блок А должен двигаться вверх с ускорением $\frac{3}{2}g$. 2) При разных массах указанных выше грузов ускорение блока А направлено вниз и равно $\frac{1}{8}g$.

1900. Приблизительно десятая часть начальной потенциальной энергии диска (диск движется с проскальзыванием).

1901. Из графика (рис.7) находим $\alpha_1 \approx 24^\circ$, $\alpha_2 \approx 56^\circ$, $\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \approx 32^\circ$.

1902. Поршень поднимется на $\frac{v_0^2}{7g}$.

1903. А (воспользуйтесь графиком зависимости потенциала поля точечного заряда от координаты).

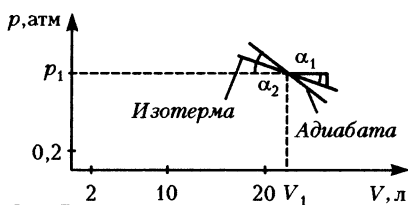


Рис. 7

1904. После отключения левого вольтметра правый покажет 3 В.

1905. $\frac{9}{200}CU$, $\frac{81}{4000}CU^2$ (интересно рассмотреть случай $R \rightarrow 0$).

1906. $\frac{2R\tau}{0,03} \approx 66 \text{ Гн}$ (здесь $R = 100 \text{ Ом}$, $\tau \approx 0,01 \text{ с}$).

1907. $0,5v$; $\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,87$ (изображение перевернутое).

1908. При скоростях концов стержня, перпендикулярных стержню и направленных в противоположные стороны, скорость центра стержня минимальна и равна $0,5 \text{ м/с}$. При скоростях концов, направленных в одну сторону и перпендикулярных стержню, скорость центра максимальна и равна $1,5 \text{ м/с}$.

1909. При $m = \frac{8}{5}M$ останется неподвижным груз массой M ; при

$m = 8M$ неподвижным будет груз массой $2M$; при $m = \frac{8}{3}M$ будет неподвижным сам этот груз. А вот добиться неподвижности сразу двух каких-либо грузов (не говоря уже о трех!) не получится.

1910. Газ расширится.

1911. 8 мА и 2 мА; $20/3$ мА и $10/3$ мА.

1912. Минимальный ток через резистор равен 40 мкА и получается при последовательном подключении к источнику резистора и параллельного LC -контура. Максимальный ток будет, если последовательно соединенные катушка и конденсатор подключаются к источнику, а резистор подключают параллельно конденсатору; этот ток равен примерно 3,2 мА.

1913. $\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{v_0^2}{L - 1,5v_0t}$.

1914. $8,75 \text{ м/с}^2$.

1915. Если проскальзывания блока относительно оси нет, то $a = 0$ и $T = Mg$. Если же проскальзывание есть, то $a = g \frac{M - m(1 + \gamma)(1 - \gamma)}{M + m(1 + \gamma)(1 - \gamma)}$ и

$T = \frac{2mMg}{m + M(1 - \gamma)/(1 + \gamma)}$, где $\gamma = \frac{\mu r/R}{\sqrt{1 + \mu^2}}$.

1916. Шансов нет.

1917. 125 Дж.

1918. $kQ \left(\frac{1}{L} - \frac{1}{R} \right)$, $Q \frac{1/L - 1/R}{1/r - 1/R}$, где R – радиус внешней сферы, а r – радиус внутренней сферы.

1919. $\epsilon_0 \frac{\pi D^2}{4} vB \sin \phi$.

1920. При $C = \frac{2}{\omega^2 L}$ напряжения катушек будут одинаковы по величине, но противоположены по знакам; при $C \rightarrow 0$ напряжения катушек не изменяется вовсе.

1921. $\frac{\Gamma}{\sqrt{2}} \approx \frac{1}{14}$.

1922. $\arcsin \frac{\lambda}{4D} \approx 1,5^\circ$; $\arccos(-0,275) = 1,29 \text{ рад}$; 25.

1923. Ускорение равно $5g$ и направлено вертикально вниз.

1924. Если силу приложить к закрепленному концу пружинки, то динамометр покажет $\frac{1}{12} \text{ Н}$, а если к свободному концу – то $\frac{11}{12} \text{ Н}$.

1925. $\frac{V}{4S}$.

1926. Минимально возможное число резисторов – четыре и возможны две схемы их соединения – см., например, рис.8. В первом случае $U = \varepsilon/6$, во втором случае $U = \varepsilon/5$.

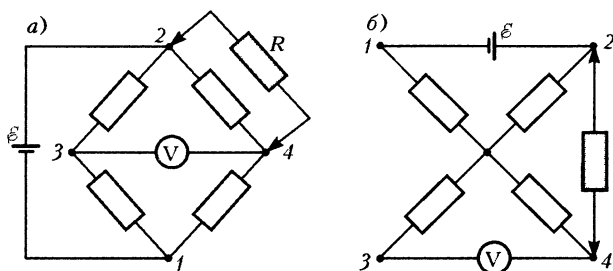


Рис. 8

1927. Интенсивность уменьшилась на $\frac{2\omega^2 h}{g} \frac{n-1}{n} = 0,02 = 2\%$.

1928. $v_0 e^{-\mu 2\pi} = 0,73$ м/с; $v_0 e^{-\mu 13\pi} = 0,13$ м/с.

1929. $\frac{2E}{L}$.

1930. $F_A \sin^2 \alpha \operatorname{tg} \alpha + F_B \cos^2 \alpha$.

1931. $\frac{R}{v}$.

1932. $\frac{1}{12}$.

1933. $\frac{\tau}{\epsilon_0 \ln 2} \approx 10^{14}$ Ом · м.

1934. $Q_R = \frac{10}{9}$ мкДж, $Q_{3R} = \frac{5}{5}$ мкДж.

1935. $\frac{21}{2} ka^2$, $18ka^2$, $\frac{55}{2} ka^2$.

1936. Максимальное показание правого вольтметра равно $U_0/3$, при этом верхний вольтметр показывает $\sqrt{2}U_0/3$. Максимальное показание верхнего вольтметра получается на очень низких частотах и составляет U_0 , а показание нижнего вольтметра при этом близко к нулю.

1937. $\frac{\alpha\beta(\gamma+1)}{\alpha+\beta\gamma}$.

1938. $\arctg \frac{\mu 2}{1-\mu h/L} \approx 20^\circ$; $g \frac{\mu L}{2(L-\mu h)} \approx 3,5$ м/с².

1939. $RT \approx 1,66$ кДж.

1940. 1544 В (это разность потенциалов между точкой, где поля зарядов почти компенсируют друг друга, и бесконечно удаленной от зарядов точкой).

1941. 3,67 А, 2,67 А, 4 А; 4 мКл.

1942. Для малых углов максимальный угол отклонения равен $\frac{D}{2F} \approx \frac{1}{20}$ рад $\approx 2,9^\circ$.

1943. Точки лежат внутри круга с центром $(1; 0)$ и радиусом 3 см.

1944. Ускорение самого верхнего блока равно $\frac{9}{7}g$, а всех остальных — $\frac{6}{7}g$ (все ускорения направлены вертикально вниз).

1945. $\frac{v_0^2}{2g} \frac{1}{1+m/M}$; $\frac{2v_0}{1+M/m}$ (если высота клина недостаточна или тело наезжает слишком быстро, то движение тела удобно представить в виде суммы двух движений — вместе с клином плюс относительно клина — и записать законы сохранения импульса и энергии).

1946. $2R \approx 16,6$ Дж/(моль \cdot К).

1947. 0,84 Вт.

1948. Потенциалы центров крайних пластин равны нулю, а потенциал центра средней пластины равен $\frac{4Qd}{\epsilon_0 \pi D^2}$.

1949. $20\sqrt{3}$ мА $\approx 34,6$ мА.

1950. 0,465 В; 0,1227 В.

1951. $3U\sqrt{\frac{C}{2L}}$; $2,5CU$ и $3,5CU$.

1952. Источник нужно передвинуть ближе к вершине приблизительно на $0,15F$ (F — расстояние от фокуса до вершины).

1953. $v_0 \tau \sqrt{1 - \left(\frac{g\tau}{2v_0}\right)^2} \approx 143$ м.

1954. $a_m = g \frac{M+4m}{0,25M+4m}$, $a_M = g \frac{M+4m}{M+16m}$.

1955. $0,54Q$ (по мере совершения работы изменяются температуры нагревателя, холодильника и, соответственно, изменяется КПД).

1956. $1,5 \frac{Q^2 d}{\epsilon_0 S} \approx 85$ мкДж.

1957. $R < \sqrt{\frac{L}{2C}}$ (постройте векторную диаграмму токов и напряжений).

1958. $\frac{NvT}{L} = 14400$; $\frac{N(N-1)vT}{2L} = 136800$.

1959. $0,0222 \text{ м/с}^2 \leq a_{\text{ср}} \leq 0,0364 \text{ м/с}^2$.

1960. $\frac{\rho_{\Gamma}}{2\rho_{\text{в}}} H = 2,5$ мм.

1961. $18/41 \approx 0,44$.

$$1962. \frac{9}{8} \frac{d}{L} Mg.$$

$$1963. 0,043 = 4,3\%.$$

$$1964. \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 S} \approx 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, \quad \frac{9Q^2 d}{2\epsilon_0 S} \approx 25,2 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.$$

1965. Возможны два варианта. Если параллельно соединены первые два вольтметра и показания первого не изменились, то второй вольтметр покажет тоже 0,5 В, а третий – 3 В. Если же параллельно соединены второй и третий вольтметры и показания третьего не изменились, то второй вольтметр покажет тоже 2 В, а первый – 1,5 В.

1966. Нужно встряхнуть фонарик примерно 1000 раз. Если трести туда-обратно 5 раз в секунду, потребуется приблизительно 100 с.

1967. $1000,625 \text{ с}^{-1}$; $\approx 20 \text{ В}$; напряжение на конденсаторе будет таким же, но на чуть меньшей частоте.

$$1968. \left(\frac{\rho_B}{\rho_P} \right)^{1/2} \left(\frac{\sigma_P}{\sigma_B} \right)^{3/2} \approx 4,6.$$

$$1969. \frac{x}{6} \left(\frac{1}{l+2+x} - \frac{1}{3l+2+x} \right) T.$$

$$1970. E \approx \frac{\sigma r x^2}{2\epsilon_0 (R^2 + x^2)^{3/2}}.$$

$$1971. 2R - \frac{r}{2}.$$

$$1972. mgh \left(1 + \frac{k^2 q^2 R^2 h}{2m^2 g^3} \right).$$

1973. Угловая скорость максимальна в самой верхней точке траектории и равна $\frac{g}{v_0 \cos \alpha}$, а минимальна в самой нижней точке и равна $\frac{g v_0 \cos \alpha}{v_0^2 + 2gH}$.

1974. Если $\frac{F}{M} > \frac{f}{m}$, то при очень большом μ кубы едут вместе с ускорением $\frac{F+f}{M+m}$, при $\mu < \mu_1 = \frac{Fm-fM}{mg(M+m)}$ нижний куб движется с ускорением $\frac{F-\mu_1 mg}{M}$, а верхний – с ускорением $\frac{f+\mu_1 mg}{m}$. Если же $\frac{F}{M} < \frac{f}{m}$, то ускорение при совместном движении не меняется, а при недостаточно большом трении ускорения большого и малого кубов равны $\frac{F+\mu_2 mg}{M}$ и $\frac{f-\mu_2 mg}{m}$ соответственно, где $\mu_2 = \frac{fM-Fm}{mg(M+m)}$.

1975. Пронумеруем подвижные блоки сверху вниз цифрами 1, 2 и 3. Тогда ускорения блоков равны $-0,6g$, $-g$ и $+0,2g$ соответственно.

1976. 10^9 кг.

1977. 5000 с.

1978. $k \frac{q}{R/3} + k \frac{2q}{3R} + k \frac{Q}{R}$ и $k \frac{2q}{3R} + k \frac{Q+q}{R}$; $Q + \frac{5}{3}q$.

1979. 0,08 мА и 0,064 мА; 5 мДж.

1980. $\frac{\mu_0 I d^2}{8HL} \approx 1,5 \cdot 10^{-5}$ А; $\frac{\mu_0^2 I^2 d^4}{64H^3 L} \approx 2,5 \cdot 10^{-15}$ Н.

1981. $R < \sqrt{\frac{2L}{C}} \approx 1,4$ кОм; $997,5 \text{ с}^{-1}$ (чуть меньше резонансной частоты).

1982. Если «пересечь на линзу», то источник движется со скоростью $3v$ в сторону линзы, а изображение движется от линзы либо со скоростью $3v$, либо со скоростью v . В первом случае увеличение равно 1, а ускорение изображения равно $\frac{18v^2}{F}$. Во втором случае увеличение составляет $\frac{1}{\sqrt{3}}$, а ускорение равно $\frac{2\sqrt{3}v^2}{F}$.

1983. Средний блок неподвижен, а ускорение нижнего блока равно $\frac{2}{3}g$.

1984. Увеличилась на 7,5 К.

1985. $\frac{CU}{3} = 2 \cdot 10^{-4}$ Кл; $\frac{CU^2}{48} = 7,5 \cdot 10^{-5}$ Дж.

1986. $\frac{4U}{R} = 1,44$ А.

1987. Для фиолетового света отражение останется практически прежним, а для красного – уменьшится, но немного.

1988. $\frac{v_1 v_2 \sin \alpha}{L}$.

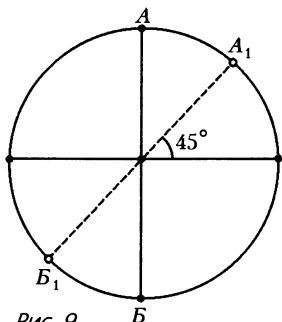


Рис. 9

1989. $\frac{6}{7}g$ и $\frac{1}{7}g$; угловое ускорение нижнего блока больше в 2 раза.

1990. $\frac{T_0}{\sqrt{10}} \leq T \leq T_0$.

1991. $2,5 \cdot 10^4$ с; $3,5 \cdot 10^5$.

1992. $\frac{\eta_0 - \eta_1}{1 - \eta_1}$.

1993. $\frac{R_{AB}}{R_{A_1B_1}} = \frac{8}{\pi + 8} \approx 72$ (см. рис.9).

1994. $\frac{B_0^2 v_0 d^2}{R}$ (с такой же силой надо действовать и в перпендикулярном направлении).

1995. Приблизительно 1,7 А; примерно 0,026 с.

1996. $\frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_1^2}{2}$; $CU_1 + \frac{LI_1}{R}$.

1997. 250 В; «выпрямитель с умножением напряжения» или просто «умножитель».

1998. 40 км/ч.

1999. 15000 с.

2000. Во втором случае объем уменьшится в $3^{3/5} \approx 1,93$ раза, в первом – в $5/3 \approx 1,67$ раза.

2001. $\frac{kQq}{L} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + L^2}} \right)$.

2002. $\frac{L\epsilon^2}{2r(r+R)}$.

2003. $\frac{A}{3}$ (тепло выделяется при движении колеса с проскальзыванием).

2004. 3 м/с^2 .

2005. $\sqrt{\frac{Mg}{\rho}} \approx 17 \text{ м с}$.

2006. $T_0 + \frac{1}{3} \frac{Mv^2}{R} \approx 190 \text{ К}$.

2007. $\frac{Q - \nu C_V \Delta T}{p} = -1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ (здесь $C_V = 3/2 R \approx 12,5 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$, $p = 10^5 \text{ Па}$).

2008. $\sqrt{\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 R M}}$, $\sqrt{\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 R M}} \cdot 7 \cdot 10^{-3}$, где R – радиус сферы.

2009. Верхний вольтметр показывает 1 В, нижний левый показывает 0,9 В, а правый – 0,4 В.

2010. Периоды колебаний одинаковы.

2011. $\frac{4}{3} \frac{LI_0}{R}$, $\frac{4}{3} LI_0^2$.

2012. 0,09 мкФ, 33,5 Гн, 3,5 кОм.

2013. Скорость равна $\sqrt{5gR + v^2 - 2v\sqrt{gR}}$ и составляет с горизонтом угол $\arctg \frac{2\sqrt{gR}}{\sqrt{gR} - v}$.

2014. Ускорение первого груза равно $g/5$ и направлено вертикально вниз, ускорение второго груза равно $g/\sqrt{5}$ и направлено вниз под углом

$\arctg(1/2)$ к горизонту, ускорение третьего равно $2g/5$ и направлено по горизонтали влево.

2015. $R(1 + \sqrt{5})$.

2016. $\frac{k(\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2})^2}{\varphi} = 9 \text{ см.}$

2017. $\frac{lL(n_b - 1)}{n_b(L - l)}, \frac{n_b L - l}{L - l}, \frac{H}{2}$.

2018. $4 \text{ м/с}, 2 \text{ м/с.}$

2019. $\sqrt{\frac{18\pi^2 L}{5g}}, Mg\left(1 + \frac{5}{9}\left(\frac{\pi}{180}\right)^2\right)$.

2020. Нет, не может.

2021. $\frac{1}{3}Vg(\rho_{\text{рт}} - \rho_c) \approx 2 \text{ Н}$ (железный шарик в жидкой ртути всплывет на поверхность).

2022. $\frac{1}{8} = 12,5\%$.

2023. Уменьшится в $2\sqrt{2}$ раз.

2024. $7,6 \text{ Вт}$; конденсатор «гасит» часть сетевого напряжения, а тепло на нем не выделяется.

2025. $\sqrt{\frac{3CU_0^2}{8L}}; \frac{3}{4}CU_0, \frac{3}{16}CU_0^2$.

2026. $\sqrt{\frac{m}{k}} = 0,14 \text{ с.}$

2027. Приблизительно в 4 раза.

2028. Меньше $\frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\cos^2 \alpha + M/m}$; ускорение верхнего шарика равно $g \sin \alpha \approx 5 \text{ м/с}^2$ и направлено перпендикулярно стержню, ускорение нижнего шарика равно $g(\cos \alpha \sin \alpha - \mu(1 + \cos^2 \alpha)) \approx 0,84 \text{ м/с}^2$ и направлено горизонтально.

2029. Приблизительно 10^{-20} Дж .

2030. $\frac{4}{9} \approx 44\%$.

2031. $2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}, 0; 6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$.

2032. Если магнитные поля, создаваемые каждой обмоткой, складываются, то через резистор сопротивлением 1 кОм течет ток 51 мА , а через резистор сопротивлением 3 кОм течет ток 17 мА .

2033. $9,44 \text{ м}$.

2034. Почти два оборота.

2035. 30 м/с .

2036. 30 ударов; ${}_{11}^{29}L \approx 0,5 \text{ м}.$

2037. Плотность уменьшится в $18/17$ раза.

2038. Нет, не может (КПД данного цикла меньше 40%).

2039. 0,2%; $2,5 \cdot 10^6 \text{ Ом}.$

2040. Если токи через катушки направлены в одну сторону, то через резистор протечет заряд $2,67 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$, в противном случае заряд получится нулевым; в первом случае выделится 0,0583 Дж, во втором – 0,005 Дж тепла.

2041. 55,6 Гц, если напряжение на катушке больше, чем на конденсаторе, и 45,5 Гц – в противном случае.

2042. $\frac{0,02k}{2k - M\omega^2} = -0,0033 \text{ м}$ (знак «-» означает, что колебания груза противофазны колебаниям точки A).

2043. 2,25 кг.

2044. $Mg(2,5 - \sqrt{2})$ и $Mg(1,5 - \sqrt{2}).$

2045. $12\sqrt{3}f.$

2046. 1,7 атм.

2047. Самая простая из всех возможных схем изображена на рисунке 10;

здесь $R = \frac{1}{2}r_0 = 425 \text{ Ом}$ и $r = \frac{2}{3}r_0 \approx 567 \text{ Ом}.$

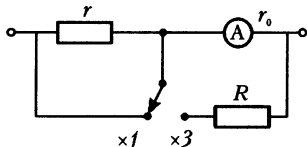


Рис. 10

2048. $\arctg 2\sqrt{5} \approx 77,4^\circ.$

2049. Ускорение равно $\frac{7}{9}g$ и направлено вверх.

2050. $\frac{3}{2}L$

2051. $0,02v_0 = 0,02 \text{ м/с}.$

2052. $\frac{M\omega_0}{2\pi kS}.$

2053. $\frac{\Delta Q}{4vR}; \frac{\Delta Q}{4L}; 4vR.$

2054. $\frac{nk(k^{1/n} - 1) - (k - 1)}{\frac{3}{2}(k - 1) + \frac{5}{2}nk(k^{1/n} - 1)}.$

2055. $\alpha U_0^2 \frac{5}{9 + 4\sqrt{5}}.$

2056. а) $\frac{R}{2}$, возможны 3 разных значения сопротивления – между соседними вершинами, через одну вершину и через две; б) $\frac{7}{6}R$, возможны 5 значений сопротивления – между соседними вершинами, через одну, через две, через три и через четыре вершины.

2057. В случае однонаправленности токов в первых двух катушках заряд конденсатора равен $I\sqrt{\frac{9LC}{7}}$ и через катушку номер 7 течет ток $-\frac{6I}{7}$.

2058. $\frac{23}{15}g$ для левого блока и $\frac{11}{15}g$ для среднего блока.

2059. Часы за сутки отстанут на 3,6 мин.

2060. $-3,55 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ (теплоемкость отрицательна!).

2061. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{2R}$.

2062. 110 В; $\approx 11,4 \text{ мА}$.

2063. Расчет для плотности металла дает $\approx 53 \text{ кг/м}^3$ – металл такой плотности найти непросто... Оказывается, в условие задачи вкралась ошибка – масса фигурки, измеренная под колпаком весов, должна быть не 49 г, а 48 г. Тогда получится плотность $\approx 2600 \text{ кг/м}^3$, что соответствует алюминию.

2064. $\frac{v_1 v_2}{g} = 0,1 \text{ мм}$.

2065. Въезд шайбы на клин следует рассматривать как удар, в результате которого клин получает горизонтальный импульс, а шайба и стол (вместе с Землей в целом) получают компенсирующие друг друга вертикальные составляющие начального импульса шайбы. Тогда время подъема шайбы равно $\frac{v_0}{g(n+1)\sin\alpha} \sqrt{n(n+\sin^2\alpha)}$, где $n = \frac{M}{m}$. Смещение клина складывается из его смещения «вперед» вместе с центром масс системы и смещения «назад» относительно центра масс.

2066. $\pi \sqrt{\frac{mM}{k(M+m)}} + \frac{L}{v_0} \approx 0,7 \text{ с}$.

2067. $\frac{1}{3} \approx 33\%$.

2068. Омметр может измерять сопротивления до 2,25 кОм.

2069. Возможны напряжения $\frac{2}{3} \text{ В}$, 1 В и $\frac{3}{2} \text{ В}$.

2070. $I\sqrt{7,2LC} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$; приблизительно 0,07 Дж и 0,015 Дж (в схеме одновременно происходят два разных процесса – понемногу затухает ток в контуре, образованном двумя катушками, и медленно затухают колебания в контуре из конденсатора и двух параллельно включенных катушек).

2071. $\frac{\pi}{2\left(\sqrt{\frac{k}{M}} + \sqrt{\frac{k}{M+m}}\right)}$; $\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$.

2072. Приблизительно 14 см (считается, что центр излучающей поверхности находится на расстоянии 8 мм, т.е. фокусное расстояние линзы равно 8 мм, и что коэффициент преломления пластмассы равен 1,5).

2073. Тело движется равноускоренно с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$.

2074. $g \frac{(M + 4m) \sin \alpha}{M + 2m + 2m \sin^2 \alpha}$.

2075. $3 \cdot 10^9$; $2 \cdot 10^9$.

2076. 0,5 А и 0,1 А (возможны 4 варианта подключения батарейки).

2077. $\frac{U}{4} \left(\frac{\tau}{L} - \frac{1}{R} \right) = 0,3675 \text{ А}$; $\frac{U^2 \tau}{4R} = 0,01125 \text{ Дж}$, $\frac{LU^2}{2} \left(\frac{1}{2R} + \frac{\tau}{L} \right)^2 \approx 1,15 \text{ Дж}$.

2078. $\frac{Mg}{3} \approx 6,5 \text{ Н}$ для левой нити и $\frac{2Mg}{3} \approx 13 \text{ Н}$ для правой нити (центр тяжести треугольника находится в точке пересечения медиан).

2079. $\frac{mg \sin \alpha}{M + 2m(1 - \cos \alpha)}$.

2080. $4v_0$.

2081. 10^{21} ; 56 Па.

2082. 60 К; $\approx 2 \text{ кДж}$, $\approx -1 \text{ кДж}$ (газ тепло отдавал).

2083. Приблизительно 1,5 А (амперметры и батарейка – не идеальные).

2084. Колебания не будут гармоническими, четверть периода колебаний равна $\sqrt{\frac{2Mdx}{\epsilon_0 \sqrt{S} U_0^2}}$, период колебаний зависит от величины начального смещения пластины.

2085. $4LI_0^2$; $2LI_0$.

2086. $\sqrt{2}f \approx 850 \text{ Гц}$ (лампочка будет светиться ярко также на достаточно низких частотах, когда индуктивное сопротивление цепи небольшое, а ток конденсатора пренебрежимо мал).

2087. Приблизительно 1,6 см.

2088. Больше 0,4; 0,125 с.

2089. Оба тела едут вместе влево с ускорением $\frac{F - f}{M + m} = 1 \text{ м/с}^2$.

2090. Сила натяжения уменьшится на $\frac{\rho S \Delta h g V_{\text{ш}}}{S(h + \Delta h) - V_{\text{ш}}} \approx 10^{-3} \text{ Н}$.

2091. Всего в схеме 27 резисторов, но токи текут только через 9; ток через каждую батарейку равен 4,5 мА.

2092. В первом случае частота в 1,006 раза меньше резонансной, равной $1/\sqrt{LC} \approx 4472 \text{ с}^{-1}$, во втором – больше резонансной во столько же раз.

2093. $\frac{\pi R}{6u} = 5 \text{ с}$.

2108. В 3 раза.

2109. Ускорение направлено вверх и равно $g/9$.

2110. $\frac{6\mu r}{R} = 0,6\%$.

2111. $3,5 \cdot 10^{14}$.

2112. Приблизительно 667 К.

2113. Приблизительно 0,97 мА.

2114. $\frac{U}{2} \sqrt{\frac{C}{3L}}$.

2115. $\frac{LI_0^2}{2} = 9$ Дж.

2116. 0,25 м/с; колебания не гармонические, но если их представить как сумму различных гармоник, то длина волны самой длинноволновой гармоники будет равна 0,5 м.

2117. 1,3 Вт; 57.

2118. $v_0 \sqrt{2}$, $\frac{v_0^2}{H}$.

2119. 40 °С ; 20 Дж/с.

2120. 400 К.

2121. $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{\frac{3CU_0^2}{4L}} \approx 0,66$ А.

2122. Примерно в 3 раза; $\approx 4,6$ мкФ (для индуктивности катушки 2 Гн).

2123. $\frac{F}{2M}$; подвижный блок, в отличие от закрепленного, не вращается.

2124. $F \sqrt{\frac{m}{k(M+m)M}}$; $\frac{2FM}{k(M+m)}$.

2125. Объем уменьшился примерно на 0,25 л.

2126. Сопротивление цепочки из 50 звеньев практически не отличается от сопротивления бесконечной цепочки, равной $\frac{R(\sqrt{5}+1)}{2}$.

2127. 1,225 Дж.

2128. U .

2129. Если используются независимые источники звука, то $U_2 = U\sqrt{2} \approx 1,4$ мВ и $U_3 = U\sqrt{3} \approx 1,7$ мВ. При одном «размноженном» источнике $U_2 = U\sqrt{2} \approx 1,4$ мВ и $U_3 = U\sqrt{5} \approx 2,2$ мВ.

2130. $\frac{3L}{4} + \frac{v^2}{2g}$; удав должен сложиться пополам, чтобы его середина оказалась над планкой, установленной на рекордной высоте, а голова и хвост свешивались вниз.

2131. Груз будет скользить относительно платформы влево с ускорением $\mu g \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1}$.

2132. $\frac{p_0}{2(\alpha^{-1}-1)\rho g} = 380 \text{ мм}$ (здесь ρ – плотность ртути).

2133. $Q; \frac{9}{48} k \frac{Q^2}{R}$.

2134. 0,3 А.

2135. $U_0 \frac{\sqrt{LC}}{R} = 1 \text{ мкКл}$, $\frac{1}{2} C U_0^2 = 50 \text{ мкДж}$.

2136. 10^7 м/с .

2137. 1,5.

2138. 1) $\frac{mgL}{2}$; 2) см. рис.12; 3) $\frac{mgL}{15}$.

2139. $\frac{104m_1 + 63m_2}{19}$.

2140. 1) 32 атм; 2) $\frac{p_2 V_2}{\nu R} \approx 780 \text{ К}$, $\frac{p_1 V_1}{\nu R} \approx 195 \text{ К}$; 3) $-11,2 \text{ кДж}$;
4) $\approx 54\%$.

2141. 1) $\frac{U_{CD}}{15} = 1 \text{ В}$; 2) см. рис.13.

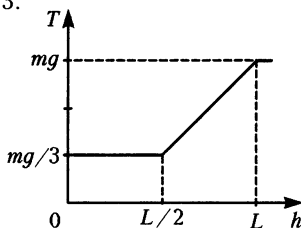


Рис. 12

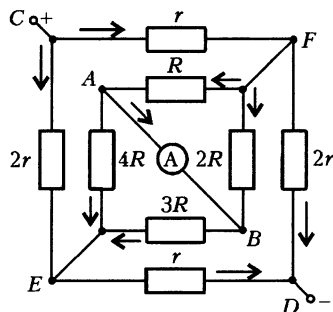


Рис. 13

2142. $\frac{CU(N-2n)}{N} \approx 0,9 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$, $\frac{CU^2(N-2n)^2}{2N} \approx 0,8 \text{ Дж}$.

2143. Если магнитные потоки через катушки вычитаются, то через резистор течет ток $\frac{U}{R} = 1 \text{ мА}$. В противном случае этот ток равен $\frac{U}{\sqrt{R^2 + 16\omega^2 L^2}} \approx 0,24 \text{ мА}$.

2144. Приблизительно 1° .

2145. Период обращения уменьшится на 86,4 с.

$$2146. \frac{3\sqrt{3}}{4} \frac{v_0^2}{L_0} \approx 0,3 \text{ м/с}^2.$$

2147. Данных достаточно; надо платить 9 руб. или 12,6 руб.

2148. 29 кДж/моль.

$$2149. \frac{CU^2}{3} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}; \quad \frac{2CU^2}{3} = 6,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

2150. Приблизительно 42 мА и 60 мА.

2151. $3 \cdot 10^{-3}$ Кл.

2152. Радиус светлого пятна равен $0,272R$, где R – радиус шара.

$$2153. \frac{\sqrt{L^2 + d^2} + d}{2}.$$

2154. 90° (заметим, что такой же угол получается при любом отношении скоростей монет после удара).

2155. $1,7 \cdot 10^{-5}$ Дж.

2156. 20 км/с.

$$2157. \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(D/d)} \approx 10^{-10} \text{ Ф (здесь } l = 1 \text{ м)}, \quad \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{D}{d} \approx 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ Гн},$$

$$\sqrt{\frac{L}{C}} \approx 55 \text{ Ом (чисто активное сопротивление)}.$$

2158. Напряжение в общей точке либо равно $220(\sqrt{3} + 1) \text{ В} \approx 600 \text{ В}$ и совпадает по фазе с напряжением на резисторе, либо равно $220(1 - \sqrt{3}) \text{ В} \approx -160 \text{ В}$ и противофазно ему.

2159. 15 см; освещенность пятна в $(1,25)^2$ раз меньше освещенности экрана без линзы.

2160. $4,5 \text{ м/с}^2$.

2161. От 20 руб. (когда серебра совсем мало) до 445,7 руб.

2162. В $5/3$ раза.

2163. Если тело может пролететь через кольцо, то максимальная скорость кольца равна $\frac{mv_0}{M+m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2kQ^2(M+m)^2}{RMm^2v_0^2}} \right)$. В противном случае скорость кольца максимальна в тот момент, когда тело «отразится» от кольца и отлетит очень далеко, и равна $\frac{2mv_0}{M+m}$.

$$2164. 2\text{arctg} \frac{\sqrt{R_0^2 - p^2}}{R - p}, \text{ где } R = \frac{mv}{qB}.$$

2165. 0,7 В и $7/26 \text{ мА} \approx 0,27 \text{ мА}$; 0,48 В и $7/38 \text{ мА} \approx 0,18 \text{ мА}$.

2166. 10 м/с.

2167. Обратится в ноль; уменьшится приблизительно в 30 раз и изменит направление.

2168. 9,2 с; 29 м/с.

2169. $\frac{18}{49} g$. **2170.** 65°C ; 18 пар переливаний.

2171. 3 В; 2,4 В.

2172. $\frac{2R(1+\gamma)}{v_0(1+A)}$, где $\gamma = \frac{M}{m}$ и $A = \sqrt{1 - \frac{2kQ^2(1+\gamma)}{Rm\gamma v_0^2}}$.

2173. $L + \frac{Mg}{k} + \sqrt{\frac{Mv_0^2}{k}}$.

2174. $\pi\sqrt{IF}$. **2175.** Еще через $4T$.

2176. Приблизительно 0,75.

2177. $\frac{8PT_1}{7\pi D^2(T_1 - T_2)} \approx 16$ м/с.

2178. $\frac{1,02M_{\text{газа}}(M - m_0)}{1,02M_{\text{газа}} - M_{\text{воздуха}}} \approx 186,5$ г.

2179. Температуры нагревателя и холодильника будут одинаковыми и равными $\sqrt[3]{2}T = 1,26T$; машина совершит работу $0,21CT$.

2180. $\frac{CU_0}{12} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ Дж; $\frac{CU_0^2}{3} = 4,8 \cdot 10^{-3}$ Дж.

ЗАДАЧНИК «КВАНТА»

Физика

Часть 3

Под редакцией А.И.Черноуцана

Библиотечка «Квант». Выпуск 123

Приложение к журналу «Квант» №1/2012

Редактор *В.А.Тихомирова*

Обложка *А.Е.Пацхверия*

Макет и компьютерная верстка *Е.В.Морозова*

Компьютерная группа *Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева*

Формат 84×108 1/32. Бум. офсетная. Гарнитура кудряшевская

Печать офсетная. Объем 5 печ.л. Тираж: 1-й завод 900 экз.

Заказ № 3740

119296 Москва, Ленинский пр., 64-А, «Квант»

Тел.: (495)930-56-48, e-mail: math@kvantjournal, phys@kvantjournal

Отпечатано «ТДДС-СТОЛИЦА-8»

Тел.: 8(495)363-48-86, <http://capitalpress.ru>



Библиотечка КВАНТ

Задачник «Кванта»



Физика



Часть 3

ВЫПУСК

123