

118

Библиотечка КВАНТ

ВЫПУСК

## 118

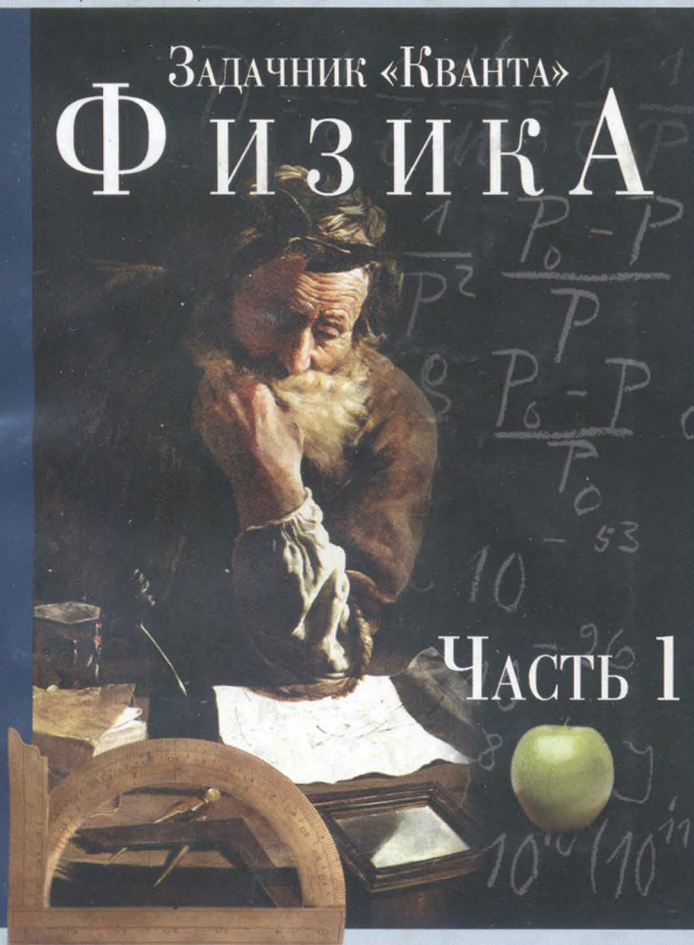


Библиотечка КВАНТ

ЗАДАЧНИК «КВАНТА»

## ФИЗИКА

Часть I



Б Ю Р О



КВАНТУМ



БИБЛИОТЕЧКА

**КВАНТ**

ВЫПУСК

**118**

Приложение к журналу  
«Квант» № 5/2010

ЗАДАЧНИК «КВАНТА»

**Ф И З И К А**

**Часть 1**



Москва

2010

УДК 373.167.1:53+53(076.1)  
ББК 22.3я721  
3-93

Серия «Библиотечка «Квант»  
основана в 1980 году

Редакционная коллегия:

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

**3-93 Задачник «Кванта». Физика.** Часть 1/Под редакцией  
А.Р.Зильбермана и А.И.Черноуцана. – М.: Бюро Квантум,  
2010. – 192 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 118. Приложение к  
журналу «Квант» №5/2010.)

ISBN 978-5-85843-108-4

В книге собраны задачи по физике из раздела «Задачник «Кванта» за первые 14 лет существования журнала «Квант» (с 1970 по 1983 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 978-5-85843-108-4

© Бюро Квантум, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

---

|               |     |
|---------------|-----|
| Предисловие   | 4   |
| Условия задач | 5   |
| 1970 год      | 5   |
| 1971 год      | 16  |
| 1972 год      | 25  |
| 1973 год      | 35  |
| 1974 год      | 46  |
| 1975 год      | 57  |
| 1976 год      | 68  |
| 1977 год      | 79  |
| 1978 год      | 91  |
| 1979 год      | 103 |
| 1980 год      | 117 |
| 1981 год      | 129 |
| 1982 год      | 142 |
| 1983 год      | 155 |
| Ответы        | 163 |



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

Отметим, что многие задачи вошли в два сборника «Библиотечки «Квант»: И.Ш.Слободецкий, Л.Г.Асламазов, «Задачи по физике» (вып.5, 86, 89); А.И.Будзин, А.Р.Зильберман, С.С.Кротов, «Раз задача, два задача...» (вып.81). Авторы сборников – члены редколлегии, ведущие в журнале в разные годы раздел «Задачник «Кванта» по физике.

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

Желаем успехов!

## УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

1970 год

1. Три сообщающихся сосуда с водой, центры которых находятся на одинаковом расстоянии  $a$  друг от друга, прикрыты поршнями одинаковой толщины, сделанными из одного и того же материала (рис. 1). К поршням прикреплены вертикальные одинаковые штоки, которые шарнирно соединены со стержнем  $AB$ . В какой точке стержня можно прикрепить груз, чтобы в положении равновесия стержень оставался горизонтальным, если массы стержня и штоков пренебрежимо малы по сравнению с массой поршней и груза. Диаметры сосудов указаны на рисунке.

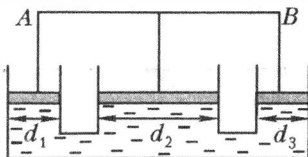


Рис. 1

2. На горизонтальной плоскости лежат два шарика массами  $m_1$  и  $m_2$ , скрепленные между собой пружиной жесткостью  $k$ . Плоскость гладкая. Шарики сдвигают, сжимая пружину, затем одновременно отпускают. Определите периоды возникших колебаний шариков.

3. Из двух одинаковых кусков стальной проволоки свили две пружины. Диаметр витков одной из них  $d$ , другой  $2d$ . Первая пружина под действием груза растянулась на одну десятую своей длины. На какую часть своей длины растянется под действием того же груза вторая пружина?

4. В баллоне содержится очищенный газ, но неизвестно какой. Чтобы поднять температуру 1 кг этого газа на один градус при постоянном давлении требуется 958,4 Дж тепла, а при постоянном объеме требуется 704,6 Дж. Что это за газ?

5. Имеется электрическая цепь, изображенная на рисунке 2. Что покажет вольтметр с очень большим внутренним сопротивлением, если его присоединить к точкам  $C$  и  $D$ ?

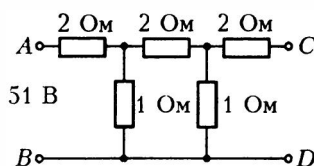


Рис. 2

6. Найдите, чему равен заряд заземленного металлического шара радиусом  $r$ , если на расстоянии  $R$

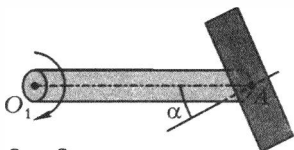


Рис. 3

от его центра находится точечный заряд  $q$ .

7. Горизонтальный стержень  $O_1A$  длиной  $l$  вращается вокруг вертикальной оси  $O_1$  (рис.3). На ось, прикрепленную к концу стержня  $O_1A$ , насажено колесо радиусом  $r$ . Ось колеса горизонтальна и составляет угол  $\alpha$  со стержнем  $O_1A$ . Колесо вращается на оси без трения и катится по земле. Трение между колесом и почвой большое. Сколько оборотов сделает колесо, когда стержень  $O_1A$  сделает один оборот вокруг вертикальной оси?

8. Длинный стержень  $AB$  с резьбовым отверстием на конце накручен на вертикальный винт (рис.4). Стержень отпускают.

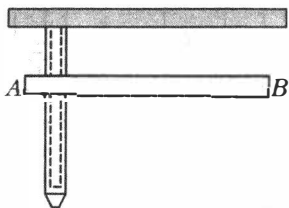


Рис. 4

Трение между винтом и стержнем пренебрежимо мало. Как будет двигаться стержень после того, как он слетит с винта?

9. На горизонтальном столе находится грузик, прикрепленный к столу при помощи длинной пружины. Сначала пружина не была растянута. Затем грузик сдвинули на 20 см от положения равновесия и отпустили. Грузик начал колебаться вдоль пружины. За счет трения амплитуда его колебаний за период уменьшилась на 7%. Сколько всего колебаний совершит грузик до остановки? На каком расстоянии от положения равновесия он остановится?

10. Как из четырех тонких проволочных спиралей с сопротивлениями 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом и 40 Ом, рассчитанных на выделение мощности не более 2 Вт на каждой, составить нагреватель наибольшей возможной мощности, если имеется источник тока с ЭДС 20В и внутренним сопротивлением 20 Ом?

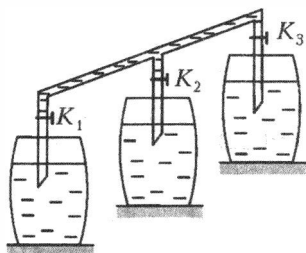


Рис. 5

11. Три открытые бочки наполнены водой и установлены на разной высоте (рис.5). Из каждой бочки проведены вверх трубки, соединяющиеся вместе. Трубки тоже заполнены водой. Куда будет перетекать вода по трубкам, если одновременно открыть краны  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ ?

12. Два одинаковых тяжелых стальных шарика вращаются на лег-

ких стержнях длиной  $l$  и  $2l$  вокруг точек  $O_1$  и  $O_2$ , расстояние между которыми равно  $3l$  (рис.6). В начальный момент шарики находятся в точках  $A$  и  $B$ , имея скорости  $v$  и  $2v$  соответственно. Сколько раз столкнутся шарики за время  $t$ ? За какое время шарики столкнутся  $k$  раз? Удары шариков считать абсолютно упругими.

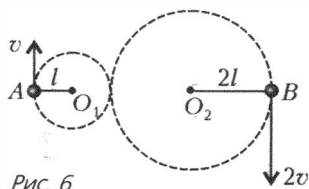


Рис. 6

**13.** Два одинаковых цилиндра с поршнями соединены трубкой (рис.7). В цилиндрах находится вода. Сверху на поршни ставят одинаковые цилиндрические стаканы с равными количествами воды. Затем в один из стаканов опускают тело массой  $m$ , а в другой — тело массой  $M$ , которые не тонут. На каких расстояниях друг от друга будут находиться концы поршней ( $x$ ) и уровни воды в стаканах ( $y$ ), когда система придет в равновесие? Площади дна стаканов  $S_1$ , площади поршней  $S_2$ .

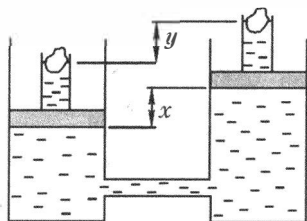


Рис. 7

**14.** Две трубы сечениями  $S_1$  и  $S_2$  соединены друг с другом и

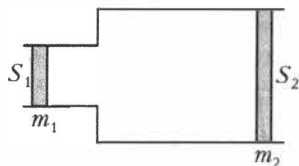


Рис. 8

закрыты поршнями, массы которых  $m_1$  и  $m_2$  (рис.8). После взрыва в пространстве между поршнями поршни вылетают из труб. Один из них вылетел со скоростью  $v$ . С какой скоростью вылетел второй, если: а) трубы закреплены и не могут перемещаться; б) трубы не закреплены и их общая масса равна  $M$ ? Трением поршней о стенки труб пренебречь.

**15.** Через стенки холодильника проникает за час количество теплоты  $Q = 190$  ккал. Температура внутри холодильника  $t_1 = +5^\circ\text{C}$ , а в комнате  $t_2 = +20^\circ\text{C}$ . Какую минимальную мощность потребляет этот холодильник от сети?

**16.** Автомобиль массой  $m$ , обе оси у которого ведущие, трогается с места. Двигатель автомобиля работает с постоянной мощностью  $N$ , коэффициент трения скольжения колес о дорогу  $\mu$ . Найдите зависимость скорости автомобиля от времени и нарисуйте график этой зависимости. Сопротивлением воздуха и трением в механизмах пренебречь.

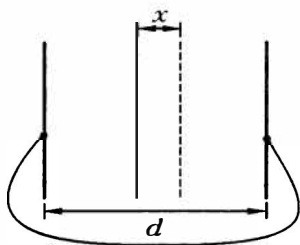


Рис. 9

17. Между пластинами коротко замкнутого плоского конденсатора поместили пластину, имеющую заряд  $q$ . Платину перемещают параллельно самой себе на расстояние  $x$  (рис.9). Какой заряд проходит при этом по внешней цепи конденсатора, если расстояние между его пластинами  $d$ ?

18. Если смотреть на свет сквозь две гребенки с разной частотой зубьев, наложенные друг на друга, то светлые участки будут чередоваться с темными. С какой скоростью будут перемещаться эти участки, если одну из гребенок двигать относительно второй со скоростью  $1 \text{ см/с}$ ? Неподвижная гребенка имеет 5 зубьев на сантиметр, а движущаяся – 6.

19. Форма сообщающихся сосудов показана на рисунке 10. Куда потечет вода по трубке, соединяющей сосуды, если нагреть воду в одном из сосудов?

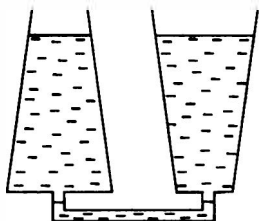


Рис. 10

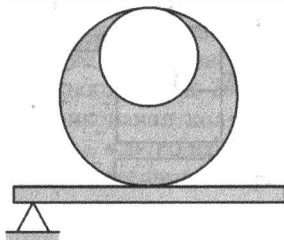


Рис. 11

20. Параллельно оси цилиндра радиусом  $R$  на расстоянии  $R/2$  от его центра просверлено отверстие. Радиус отверстия равен  $R/2$ . Цилиндр лежит на дощечке, которую медленно поднимают за один конец (рис.11). Найдите предельный угол наклона дощечки, при котором цилиндр еще будет находиться в равновесии. Коэффициент трения цилиндра о дощечку равен  $0,2$ .

21. Оси якорей двух одинаковых электродвигателей постоянного тока жестко соединены друг с другом. Если к обмоткам якорей подключены одинаковые источники ЭДС  $\mathcal{E}$ , то угловая скорость вращения якорей без нагрузки равна  $\omega_0$ ; если двигатели затормозить, чтобы они не вращались, то через обмотки якорей идет ток  $I_0$ . Один из источников тока переключили так, что теперь вращающие моменты двигателей противоположны.

Какой внешний момент нужно приложить к оси якорей для того, чтобы они вращались с заданной угловой скоростью  $\omega$ ? Трение в двигателях пренебрежимо мало; магнитное поле статора создается постоянным магнитом.

**22.** Два кузнеца обрабатывают кусок железа. Сначала его кладут на наковальню и бьют молотком по очереди, потом подвешивают к потолку и бьют одновременно с разных сторон. Сила удара каждого кузнеца одна и та же в обоих случаях. В каком случае кусок железа больше нагревается за один удар?

**23.** На горизонтальной плоскости находятся две одинаковые тонкостенные трубы массой  $m$  каждая. Оси их параллельны, а радиусы равны  $R$ . Вначале одна из труб покоится, а вторая катится без проскальзывания по направлению к первой до столкновения. Скорость поступательного движения этой трубы равна  $v_0$ . Как зависят от времени (нарисуйте графики) поступательные и угловые скорости вращения труб? Коэффициент трения скольжения труб о горизонтальную поверхность  $\mu$ , трение между трубами при столкновении пренебрежимо мало, удар абсолютно упругий.

**24.** Подставку, на которой лежит тело, подвешенное на пружине, начинают опускать с ускорением  $a$ . В начальный момент пружина не растянута. Через какое время тело оторвется от подставки? Каково максимальное растяжение пружины? Масса тела  $M$ , жесткость пружины  $k$ .

**25.** Если потенциал анода фотоэлемента (рис.12) выше, чем потенциал катода, то через фотоэлемент идет ток  $I = 10$  А (ток насыщения). В противном случае ток через фотоэлемент не идет.

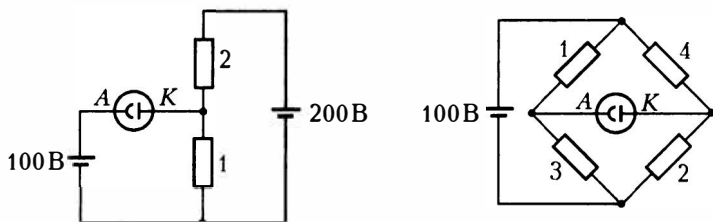


Рис. 12

Пренебрегая внутренними сопротивлениями батарей, найдите напряжения на фотоэлементах в изображенных на рисунке схемах (величины сопротивлений указаны в килоомах).

**26.** Две горизонтальные полуплоскости, расположенные на высоте  $h$  одна над другой, плавно переходят друг в друга, как показано на рисунке 13. По верхней полуплоскости под углом  $\alpha$

к направлению на спуск движется со скоростью  $v$  небольшой брусок. С какой скоростью он будет двигаться по нижней полуплоскости? Считать, что брусок не подпрыгивает, т.е. движется, не отрываясь от поверхности спуска. Трением пренебречь.

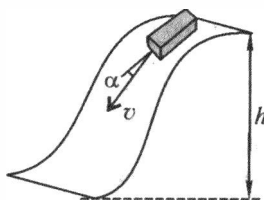


Рис. 13

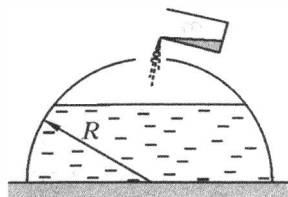


Рис. 14

**27.** В полусферический колокол, плотно лежащий на столе, наливают через отверстие вверху воду (рис.14). Когда вода доходит до отверстия, она приподнимает колокол и начинает вытекать снизу. Найдите массу колокола, если его радиус  $R$ , а плотность воды  $\rho$ .

**28.** Две параллельные пластины находятся на расстоянии, малом по сравнению с их размерами. Между пластинами помещают несколько тонких и хорошо проводящих тепло перегородок – экранов. Как это влияет на теплопроводность между пластинами, если: а) длина свободного пробега молекул газа, заполняющего пространство между пластинами (т.е. расстояние, которое пролетают молекулы газа между двумя столкновениями), мала по сравнению с расстоянием между экранами; б) длина свободного пробега молекул газа велика по сравнению с расстоянием между пластинами?

**29.** Найдите скорость испарения с единицы поверхности воды в вакуум при температуре  $20^\circ\text{C}$ . (Давление насыщенных паров при этой температуре равно  $17,5$  мм рт.ст.) За какое время испарится в комнате вода, налитая доверху в обычное чайное блюдце? Испарение небольшого количества воды практически не меняет в комнате влажность воздуха, равную  $70\%$ .

**30.** В киноаппарате и кинопроекторе проходит  $8$  кадров в секунду. На экране движется автомобиль с колесами, реальный диаметр которых  $1$  м. Изображения колес делают  $2$  оборота в секунду. Какова скорость автомобиля?

**31.** Как световое давление ориентирует относительно Солнца космический корабль сферической формы, одна половина которого зеркальная, а другая черная, полностью поглощающая

излучение Солнца? Центр тяжести корабля находится в центре сферы.

**32.** На поверхности воды плавает деревянный брусок квадратного сечения. Какое из двух положений равновесия, показанных на рисунке 15, будет устойчивым?

Плотность материала, из которого сделан брусок, равна половине плотности воды.

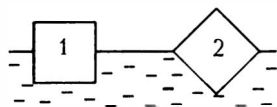


Рис. 15

**33.** По гладкому горизонтальному проволочному кольцу могут скользить без трения две бусинки массами  $m_1$  и  $m_2$ . Вначале бусинки соединены ниткой, и между ними находится сжатая пружинка. Нитку пережигают. После того как бусинки начинают двигаться, пружинку убирают. В каком месте кольца бусинки столкнутся в одиннадцатый раз? Бусинки сталкиваются абсолютно упруго.

**34.** На рисунке 16 изображена капельная электростатическая машина (генератор Кельвина). Из трубки в полый изолированный металлический шар радиусом  $R$  падают капли воды, заряженные до потенциала  $\Phi$ . Как зависит предельный потенциал, до которого может зарядиться шар, от высоты падения капель?

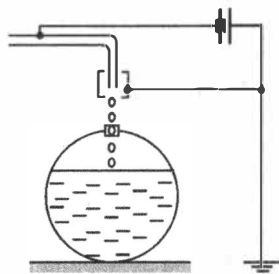


Рис. 16

**35.** Спутник Земли летит на высоте 300 км. Какой величины неподвижные предметы можно рассмотреть на фотографии, сделанной со спутника, если время экспозиции составляет 0,2 с?

**36.** Капля жидкости лежит на плоской стороне полусферической стеклянной пластинки. Покажите, как можно определить показатель преломления жидкости из наблюдений полного внутреннего отражения. Показатель преломления стекла неизвестен, и его тоже надо определить.

**37.** В двух вертикально расположенных цилиндрах, площади сечения которых  $S_1$  и  $S_2$ , находятся два невесомых поршня, соединенных тонкой невесомой нитью длиной  $l$  (рис. 17). Пространство между поршнями заполнено водой. Найдите натяжение нити, если концы сосудов открыты в атмосферу. Плотность воды  $\rho$ .

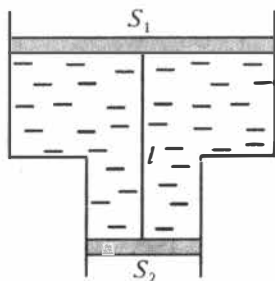


Рис. 17



**38.** Широкое колено U-образного ртутного манометра имеет втрое больший диаметр, чем узкое. К какому колену следует прикрепить шкалу для отсчета измерения давления, чтобы точность измерения была выше?

**39.** Планету радиусом  $r$  и массой  $M$  окружает равноплотная атмосфера, состоящая из газа с молярной массой  $M$ . Какова температура атмосферы на поверхности планеты, если высота атмосферы  $h$ ?

**40.** При какой разности потенциалов между электродами зажигается неоновая лампочка, если энергия ионизации неона составляет 21,5 эВ, а среднее расстояние между двумя последовательными столкновениями электрона с атомами газа равно 0,4 мкм? Электроды имеют вид больших пластинок, расположенных на расстоянии 3 мм друг от друга.

**41.** Во сколько раз освещенность в лунную ночь в полнолуние меньше, чем в солнечный день, при одной и той же высоте Луны и Солнца над горизонтом? Считать, что освещенная полусфера Луны равномерно рассеивает свет в пространство. Радиус Луны принять равным 2000 км, а расстояние от Луны до Земли – 400000 км.

**42.** Канат перекинут через блок, причем часть каната лежит на столе, а часть – на полу. После того как канат отпустили, он начал двигаться. Найдите скорость установившегося равномерного движения каната. Высота стола  $h$ .

**43.** Найдите давление в центре жидкой планеты радиусом  $R$ , если жидкость несжимаема и имеет плотность  $\rho$ .

**44.** Два дельфина плывут навстречу друг другу. Один из них издает звук частотой  $f$ . Какой частоты звук слышит другой дельфин, если скорости дельфинов относительно воды одинаковы и равны  $v$ ? Скорость звука в воде  $u$ .

**45.** Сферический конденсатор, заполненный диэлектриком и заряженный до некоторой разности потенциалов, разряжается через свой диэлектрик. Каким будет магнитное поле токов разряда в пространстве между сферами?

**46.** На мячик с высоты 1 м падает кубик, подскакивающий затем почти на 1 м. На какую высоту подскочит мячик, если на него с высоты 1 м упадет точно такой же мячик?

**47.** Если над идеальным газом совершается процесс  $ABC$  (рис. 18), то ему сообщается количество теп-

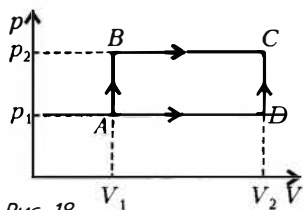


Рис. 18

лоты  $Q$ . Какое количество теплоты сообщается газу при процессе  $ADC$ ?

**48.** На вал якоря динамо-машины намотана веревка, к которой прикреплен груз. Опускаясь, груз вращает якорь. Когда якорь достаточно раскрутился, к клеммам машины присоединили сопротивление нагрузки. Изобразите на графике зависимость скорости вращения якоря от времени с момента начала движения груза.

**49.** U-образная трубка заполнена водой. Из одного колена воздух удален, давление воздуха в другом колене при температуре  $20^\circ\text{C}$  равно атмосферному. Оба конца трубки запаены. Разность между уровнями воды в коленах равна  $15\text{ м}$ . Какой будет разность уровней воды в коленах, если трубку нагреть до  $100^\circ\text{C}$ ?

**50.** На гладком горизонтальном столе лежат два одинаковых кубика массой  $m$  каждый, соединенные пружинкой жесткостью  $k$  и длиной  $l_0$  в нерастянутом состоянии. На левый кубик (рис. 19) внезапно начинает действовать постоянная по величине и направлению сила  $F$ . Найдите минимальное и максимальное расстояния между кубиками при дальнейшем движении системы.

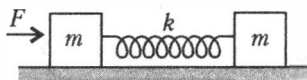


Рис. 19

**51.** Фотографировать тигра с расстояния менее  $20$  метров опасно. Какой размер может иметь камера-обскура с отверстием диаметром  $1\text{ мм}$ , чтобы тигр на фотографии был полосатым? Расстояние между полосами на шкуре тигра равно  $20\text{ см}$ .

**52.** Мяч брошен вертикально вверх. Что больше: время подъема или время падения?

**53.** В сосуде находятся две несмешивающиеся жидкости с плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$  и толщинами слоев  $h_1$  и  $h_2$  соответственно. С поверхности жидкости в сосуд опускают маленькое обтекаемое тело, которое достигает дна как раз в тот момент, когда его скорость становится равной нулю. Какова плотность материала, из которого сделано тело?

**54.** Что покажет амперметр в схеме, изображенной на рисунке 20? Сопротивление амперметра очень мало.

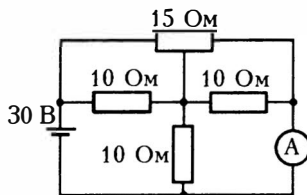


Рис. 20

**55.** Оцените, на какую высоту поднимется стрела, выпущенная из лука вертикально вверх. Масса стрелы  $20\text{ г}$ , длина тетивы  $1\text{ м}$ . Тетиву

оттягивают на 5 см. Натяжение тетивы считать постоянным и равным 250 Н.

**56.** Почему флаг «полощется» на ветру?

**57.** Два одинаковых шарика, связанных невесомой пружинкой, движутся по гладкому горизонтальному полу с одной и той же скоростью, перпендикулярной вертикальной стенке. Опишите, как происходит соударение системы со стенкой. Как будут двигаться шарики после удара? Удар шарика о стенку абсолютно упругий, время соударения пренебрежимо мало по сравнению с периодом колебаний шариков на пружинке.

**58.** В магнитном поле с большой высоты падает кольцо, имеющее диаметр  $d$  и сопротивление  $R$ . Плоскость кольца все время горизонтальна. Найдите установившуюся скорость падения кольца, если индукция поля изменяется с высотой по закону  $B = B_0(1 + \alpha h)$ .

**59.** Какое из ребер проволочного куба следует удалить, чтобы сопротивление между точками  $A$  и  $B$  (рис.21) изменилось как можно сильнее? Сопротивления всех ребер куба одинаковы.

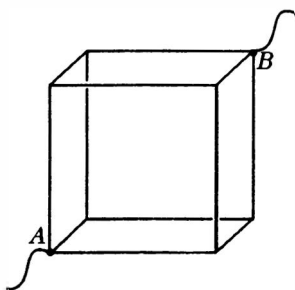


Рис. 21

**60.** В плоском зеркале видно изображение свечи. Что произойдет с ним, если между зеркалом и свечой поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку?

**61.** Кубик, скользящий без трения по гладкому горизонтальному полу, ударяется одной из своих боковых граней о вертикальную стенку. Коэффициент трения кубика о стенку  $\mu$ .

Под каким углом к стенке отскочит кубик, если до столкновения с ней он двигался по направлению, составляющему со стенкой угол  $\alpha$ ?

**62.** Тонкая нерастяжимая веревка состоит из двух частей: масса единицы длины одной из частей  $\rho_1$ , а другой  $\rho_2$ . Вербка охватывает очень легкий обруч радиусом  $R$  (масса обруча пренебрежимо мала по сравнению с массой охватывающей его веревки), концы ее прикреплены к полу (рис.22). По участку веревки, масса единицы длины которого  $\rho_1$ , обруч катится со скоростью  $v_1$ . С какой скоростью будет катиться обруч по второму участку веревки?

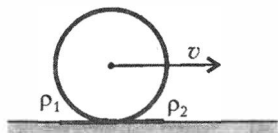


Рис. 22

63. Человек, чтобы не поскользнуться на обледеневшей горке, сбегает с нее. Почему это целесообразно?

64. С деревянным шариком и высоким сосудом с водой проводятся четыре опыта (рис.23): в первом опыте шарик взвешивается плавающим в сосуде, во втором опыте шарик взвешивается, будучи привязанным ко дну сосуда, в третьем опыте шарик удерживается под водой с помощью тонкого стержня, и, наконец, в четвертом опыте шарик

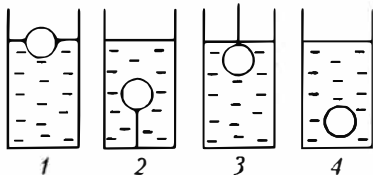


Рис. 23

всплывает во время взвешивания. В каком случае масса гири, уравновешивающей сосуд с шариком, будет больше?

65. Пластины плоского конденсатора заряжены до потенциалов  $+ \Phi$  и  $- \Phi$  относительно земли. Емкость конденсатора, образованного пластинами, равна  $C$ , а емкости конденсаторов, которые образуют каждая из пластин с землей, равны  $C_1$ . Во сколько раз изменится напряженность электрического поля между пластинами, если одну из них заземлить?

66. К батарее ЭДС 9 В и неизвестным внутренним сопротивлением подключены последовательно амперметр и вольтметр (рис.24). Сопротивления приборов неизвестны. Если параллельно вольтметру включено сопротивление (его величина тоже неизвестна), то показание амперметра вдвое увеличивается, а показание вольтметра вдвое уменьшается. Каким стало показание вольтметра после подключения сопротивления?

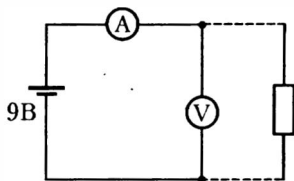


Рис. 24

67. Буферное устройство (рис.25) состоит из стержня  $A$ , пружины  $B$ , надетой на стержень, и направляющей втулки  $C$ . Втулка может перемещаться внутри канала, сделанного в массивной стене  $D$ . При движении втулки  $C$  между ее внешней поверхностью и стеной действует постоянная по величине сила трения  $F_{тр}$ . Стержень внутри втулки и пружина по стержню перемещаются без трения. На торцевую поверхность стержня  $A$  налетает шар массой  $M$ , имея перед соударением скорость  $v_0$ . С какой скоростью шар отлетит? Массы стержня, пружины

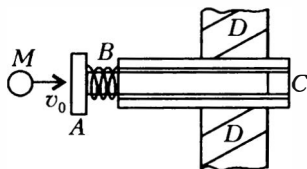


Рис. 25

жины и втулки пренебрежимо малы по сравнению с массой шара. Жесткость пружины  $k$ .

**68.** Стенки сосуда, в котором находится газ, имеют температуру  $T$ . Температура газа  $T_1$ . В каком случае давление газа на стенки сосуда больше: когда стенки сосуда холоднее газа ( $T < T_1$ ) или когда теплее ( $T > T_1$ )?

**69.** В сосуд с водой погружается свинцовый шар. В какую сторону выгнется поверхность воды в сосуде за счет дополнительного поля тяготения, создаваемого шаром?

**70.** Велосипедист легко развивает силу тяги 100 Н. Сила трения не превышает 50 Н. Казалось бы, за несколько часов велосипедист может достичь второй космической скорости. Однако это еще никому не удавалось. Почему?

**71.** Имеется равномерно заряженный отрезок  $AB$ . Как направлена напряженность электрического поля, создаваемого этим отрезком в точке  $C$ : по медиане треугольника  $ACB$ ; по его биссектрисе; по высоте; ни по одной из этих линий?

### 1971 год

**72.** Почему в марте продолжительность дня меняется быстрее, чем в декабре?

**73.** Внутри стеклянной трубки налит раствор сахара. Нижний конец трубки затянут пленкой, проницаемой для воды, но непроницаемой для молекул сахара. Трубку погружают в чистую воду до уровня раствора сахара и закрепляют в этом положении. Уровень жидкости в трубке при этом начинает подниматься и через достаточный промежуток времени устанавливается на некоторой высоте над уровнем воды (рис.26). Чем объясняется это засасывание воды внутрь цилиндра? Откуда берется энергия для поднятия жидкости?

**74.** Два конденсатора включены последовательно. Первый имеет емкость  $C_1$  и рассчитан на максимальное напряжение  $U_1$ ,

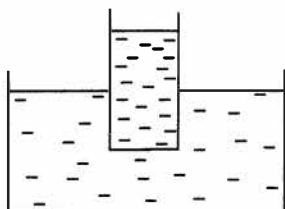


Рис. 26

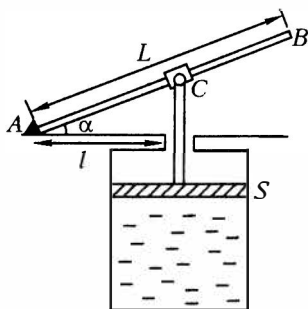


Рис. 27

второй имеет емкость  $C_2$  и рассчитан на напряжение  $U_2$ . К какому максимальному напряжению можно подключить эту батарею конденсаторов?

**75.** Поршень площадью  $S$  шарнирно связан с шайбой  $C$ , скользящей без трения по рычагу  $AB$  (рис.27). Какую наименьшую силу нужно приложить к рычагу  $AB$  для того, чтобы увеличить давление в жидкости на  $\Delta p$ ?

**76.** Тяжелый обруч радиусом  $R$  с невесомыми спицами расположен в вертикальной плоскости и может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. В толще его обода закреплена материальная точка, имеющая такую же массу, как и сам обруч. Каким будет период колебаний обруча вокруг оси? Как он изменится, если: а) маятник перенести на Луну; б) поместить его в жидкость, в которой он будет двигаться без трения?

**77.** Прямоугольный брусок, высота которого значительно превышает его длину и ширину, стоит на горизонтальной поверхности. Как определить коэффициент трения между бруском и поверхностью, имея лишь один измерительный прибор – линейку?

**78.** 20 г гелия, заключенного в цилиндре под поршнем, очень медленно переводят из состояния 1 ( $p_1 = 4,1$  атм,  $V_1 = 32$  л) в состояние 2 ( $p_2 = 15,5$  атм,  $V_2 = 9$  л). Какой наибольшей температуры достигает газ при этом процессе, если график зависимости давления от объема – прямая линия (рис.28)?

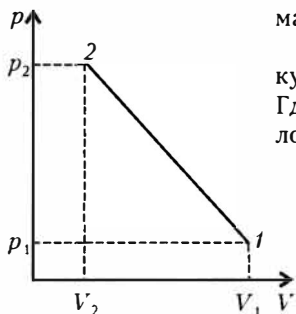


Рис. 28

**79.** Уровень воды, попавшей в лодку, совпадает с уровнем воды в озере. Где уровень воды будет выше, если в лодку бросить полено?

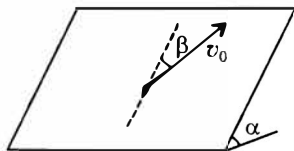


Рис. 29

**80.** Вдоль наклонной плоскости под углом  $\beta$  к направлению спуска бросают кубик с начальной скоростью  $v_0$  (рис.29). Найдите установившуюся скорость движения кубика, если коэффициент его трения о плоскость  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ , где  $\alpha$  – угол наклона плоскости к горизонту.

**81.** В настоящее время используются соленоиды со сверхпроводящей обмоткой. Такие соленоиды могут длительное время создавать магнитное поле без затраты энергии. Однако если вследствие каких-либо причин участок обмотки утратит сверхпроводящие свойства, то произойдет авария – на этом участке будет выделяться большое количество тепла и произойдет взрыв. Придумайте простейшее приспособление, исключающее подобные аварии. (Не пытайтесь изобретать какие-либо схемы с реле, размыкающими цепь. Они не помогут.)

**82.** Найдите условие, при котором через сопротивление  $r$ , подключенное в точках  $A$  и  $B$  схемы, изображенной на рисунке

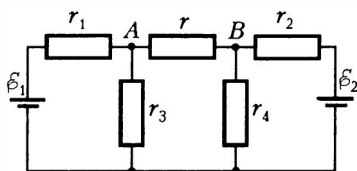


Рис. 30

30, не будет идти ток. (Помимо симметричного, существует еще и другое решение.)

**83.** Доска массой  $m$  и длиной  $l$  лежит на горизонтальном полу. Коэффициент трения доски о пол  $\mu$ . Какую работу надо совершить для того, чтобы повер-

нуть доску в горизонтальной плоскости на малый угол  $\alpha$  вокруг одного из ее концов?

**84.** «Черный ящик» (коробка с неизвестной схемой внутри) имеет две пары выводов. Если к выводам I приложить напряжение  $U$ , то вольтметр с очень большим внутренним сопротивлением, подсоединенный к выводам II, покажет напряжение  $U/2$ . Если же подать напряжение  $U$  на выводы II, то вольтметр, подсоединенный к выводам I, покажет  $U$ . Какая электрическая схема находится в «черном ящике»?

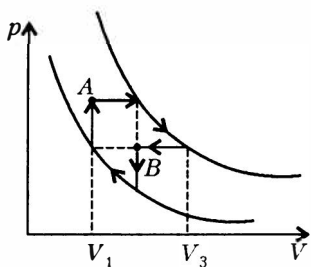


Рис. 31

**85.** Можно ли провести с идеальным газом замкнутый процесс (цикл) так, чтобы точки  $A$  и  $B$  (рис. 31) лежали на одной изотерме? Температуры  $T_1$  и  $T_2$ , которым соответствуют изотермы, проведенные на рисунке, и объем  $V_1$  (или  $V_3$ ) заданы.

**86.** В опыте Милликена положение капельки массой  $10^{-5}$  г определяется микроскопом с точностью до 10 мкм. Какова неточность в определении ее скорости?

**87.** Источник сферических волн движется по поверхности воды со скоростью  $u$ . Нарисуйте картины волн на поверхности воды, когда скорость волн  $v$  больше и когда меньше скорости источника.

**88.** Сосуд, частично заполненный ртутью, движется с горизонтальным ускорением, вследствие чего поверхность ртути наклонена к горизонту под некоторым постоянным углом. Сверху сосуд закрыт крышкой. Как изменится этот угол, если сосуд доверху заполнить водой?

**89.** Напряженность электрического поля в электромагнитной волне частотой  $\omega = 2 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ , модулированной по амплитуде с частотой  $\Omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ , меняется со временем по закону  $E = a(1 + \cos \Omega t) \cos \omega t$ , где  $a$  – постоянная. Определите энергию электронов, выбиваемых этой волной из атомов газообразного водорода с энергией ионизации  $W = 13,5 \text{ эВ}$ .

**90.** Идеальный газ массой  $m$  и молярной массой  $M$ , находящийся при температуре  $T$ , охлаждается изохорически так, что давление падает в  $n$  раз. Затем газ расширяется при постоянном давлении. В конечном состоянии его температура равна первоначальной. Определите произведенную газом работу.

**91.** Для питания прибора напряжение на его входе нужно устанавливать как можно точнее. Для этого используют два реостата, соединенных так, как показано на рисунке 32. Длины реостатов одинаковы, а сопротивление одного из них в 10 раз больше сопротивления другого. Во сколько раз точность установки напряжения будет больше, чем в том случае, когда используется лишь один реостат? Как надо включить реостаты, если для питания приборов нужно устанавливать поточнее не напряжение, а ток?

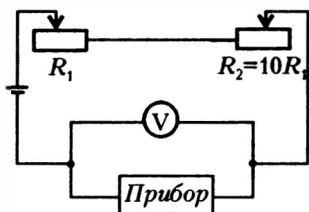


Рис. 32

**92.** Обруч массой  $m$  стоит на доске массой  $M$  (рис.33). Коэф-

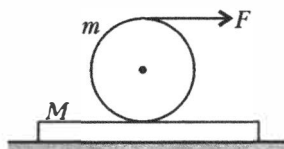


Рис. 33

фициент трения между доской и обручем  $\mu$ . Доска лежит на гладком столе. С каким ускорением будет двигаться доска, если обруч тянуть с силой  $F$ ?

**93.** В боковой стенке сосуда, наполненного жидкостью с показателем преломления  $n$ , проделано отверстие небольшого радиуса  $r$ . По оси отверстия из сосуда направляют горизонтально тонкий луч света. До какого уровня над отверстием должна вытечь жидкость, чтобы луч света вышел из струи, ни разу не



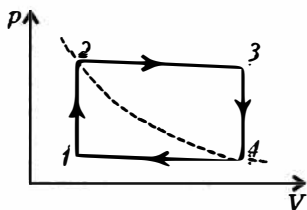


Рис. 34

испытываем полного внутреннего отражения? Изменением поперечного сечения струи пренебречь, показатель преломления жидкости считать достаточно большим.

**94.** Над одним молем идеального газа совершают цикл (замкнутый процесс), состоящий из двух изохор и двух изобар (рис.34). Температуры в точках 1 и 3 равны  $T_1$  и  $T_3$  соответственно. Определите работу, совершенную газом за цикл, если известно, что точки 2 и 4 лежат на одной изотерме.

**95.** Поверхность реки образует наклонную плоскость. Может ли тело свободно плыть по реке со скоростью, превышающей скорость течения?

**96.** Два одинаковых шарика связаны нитью. Найдите высоту подъема этой системы, если один из шариков бросили вверх со скоростью  $v$ .

**97.** Виток изолированного провода изогнут в виде восьмерки, кольца которой имеют радиусы 1 см и 3 см. Виток находится в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл, перпендикулярном плоскости витка. Изоляция провода рассчитана на напряжение 10 В. Произойдет ли пробой изоляции, если магнитное поле резко выключить? Время выключения поля  $10^{-3}$  с.

**98.** Какую максимальную разность потенциалов можно получить, имея в своем распоряжении источник с ЭДС  $\mathcal{E}$  и  $n$  одинаковых конденсаторов емкостью  $C$  каждый?

**99.** На рисунке 35 показаны  $VT$ -диаграммы для двух круговых процессов. При каком из них газ совершает большую работу: при процессе 1-2-3-1 или при процессе 1-3-4-1?

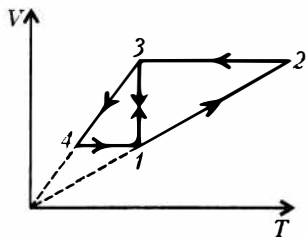


Рис. 35

**100.** На высоте 200 км плотность атмосферы равна  $1,6 \cdot 10^{-10}$  кг/м<sup>3</sup>. Оцените силу сопротивления, испытываемого спутником с поперечным сечением 0,5 м<sup>2</sup> и массой 10 кг, летящим на этой высоте.

**101.** К висящей очень легкой пружине жесткостью  $k$  подвешен шарик. Вначале пружина не растянута. Затем шарик отпускают. Какой максимальной скорости достигнет шарик при своем движении? Масса шарика  $m$ .

**102.** В герметическом закрытом сосуде смешали поровну

кислород и гелий. Затем в стенке сосуда сделали небольшое отверстие. Каким будет состав молекулярного пучка, выходящего из отверстия?

**103.** Из пушки делают две серии выстрелов, наклонив ствол под углами  $30^\circ$  и  $40^\circ$  к горизонту. В каком случае попадания снарядов будут более кучными, если разброс вызван неточным прицеливанием, а не разбросом начальных скоростей снарядов? Сопротивление воздуха считать пренебрежимо малым.

**104.** В закрытом сосуде имеется несколько капель жидкости разной величины. Что произойдет с ними через продолжительное время?

**105.** Груз массой  $m$  прикреплен к стержню длиной  $l$ . Другой конец стержня шарнирно скреплен с вертикальной осью (рис.36). Нарисуйте примерный график зависимости угла  $\alpha$ , образуемого стержнем с вертикалью, от угловой скорости  $\omega$  вращения оси.

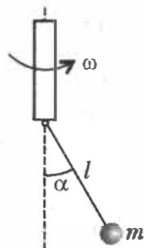


Рис. 36

**106.** Два электрона находятся на расстоянии  $l$  друг от друга, причем в этот момент скорость одного из них равна нулю, а скорость другого равна  $v$  и направлена под углом  $45^\circ$  к линии, соединяющей электроны. Каким будет угол между скоростями электронов, когда они вновь окажутся на расстоянии  $l$  друг от друга?

**107.** В схеме, изображенной на рисунке 37, вольтметр измеряет падение напряжения на сопротивлении  $R = 300$  кОм. Каким должно быть сопротивление вольтметра для того, чтобы его показания отличались не более чем на 2% от действительного значения  $U_R$ ?

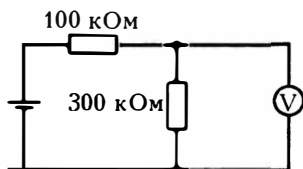


Рис. 37

**108.** Десять муравьев решили утащить со стола лежащую на нем соломинку. Как им нужно поступить, если сила, с которой может

тащить соломинку каждый из муравьев, несколько меньше  $1/10$  силы трения, действующей на соломинку, когда она перемещается по столу? Поднять соломинку муравьям тоже не под силу.

**109.** В опыте было установлено, что температура  $142$  г ледяной воды в легком сосуде, подвешенном посредине комнаты, поднялась на  $4^\circ\text{C}$  за полчаса. Когда же в сосуде находилось такое же количество льда, то на его таяние потребовалось  $10$  часов. Какова, исходя из этого эксперимента, удельная теплота плавления льда? Удельная теплоемкость воды равна  $4,2 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{K})$ .

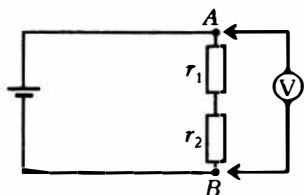


Рис. 38

**110.** Если вольтметр подключить параллельно верхнему сопротивлению  $r_1$ , то он покажет 6 В, если параллельно нижнему сопротивлению  $r_2$ , то 4 В, а если его подключить к точкам А и В, то он покажет 12 В (рис.38). Каковы в действительности падения напряжения на сопротивлениях? Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**111.** Имеется однородный шнур со взрывчатým веществом. Скорость горения шнура равна  $v$ , скорость распространения взрывной волны по воздуху равна  $c$ . Найдите форму линии, по которой нужно расположить шнур, чтобы волны от всех точек шнура пришли в заданную точку одновременно. Можно ли сделать то же самое с поверхностью со взрывчаткой и получить сходящуюся сферическую волну с большой плотностью энергии?

**112.** Имеется стопка из  $k$  плоскопараллельных пластинок, показатели преломления которых равны  $n_1, n_2, \dots, n_k$ . Толщина каждой пластинки  $d$ . На сколько сместится после прохождения стопки пластинок луч, падающий на пластинку с показателем преломления  $n_1$  под углом  $\alpha$  к ее поверхности?

**113.** Сосуд наполовину заполнен водой, в которой плавает кусок льда. Поверх льда наливают керосин, верхний уровень которого устанавливается на высоте  $h$  от дна сосуда. Как изменится эта высота, когда лед растает?

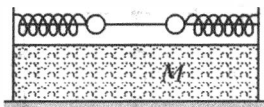


Рис. 39

**114.** Два шарика массами  $m_1$  и  $m_2$  могут колебаться на пружинках одинаковой жесткости вдоль стержня, прикрепленного к бруску массой  $M$  (рис.39). Брусок лежит на горизонтальной плоскости. В начальный момент шарики притянуты друг к другу с помощью ниточки, сила натяжения которой равна  $T$ . Ниточку пережигают. При каком минимальном коэффициенте трения между бруском и плоскостью брусок не сдвинется с места?

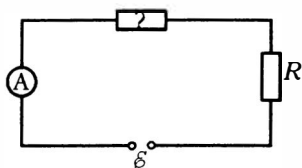


Рис. 40

**115.** «Черный ящик» – коробка с неизвестной схемой внутри – имеет два вывода. Последовательно с ящиком включают сопротивление  $R = 4 \text{ Ом}$ , и затем эту цепь подключают

к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 5 \text{ В}$  (рис.40). При этом по цепи идет ток  $I_1 = 1 \text{ А}$ . Если цепь подключить к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 20 \text{ В}$ , то по ней будет идти ток  $I_2 = 2 \text{ А}$ . Какая схема находится внутри «черного ящика»? Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы.

**116.** Если температура воздуха в цилиндре, показанном на рисунке 41, равна  $t_0$  ( $t_0 > 0^\circ \text{С}$ ), то он остывает до температуры  $t_0/2$  примерно за 30 с. Поршень начинают двигать и выдвигать с некоторой частотой. В каком случае растает больше льда, окружающего цилиндр, за 50 ходов поршня, если они сделаны за: а) 1 мин; б) 1 ч; в) 30 суток?

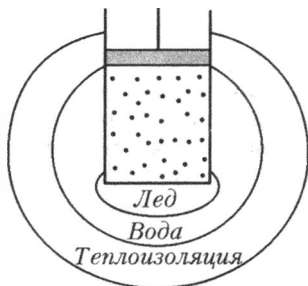


Рис. 41

**117.** По обледенелой дороге обычно идут, делая маленькие шаги. С какой шириной шага должен идти человек, не боясь упасть, если длина его ног 1 метр, а коэффициент трения подошв обуви о дорогу 0,1?

**118.** В камере сгорания ракетного реактивного двигателя поступает в секунду масса  $m$  водорода и необходимое для полного сгорания количество кислорода. Выходное сечение сопла  $S$ , давление в этом сечении  $p$ , абсолютная температура  $T$ . Определите силу тяги двигателя.

**119.** К маятнику  $AB$  с шариком массой  $M$  подвешен маятник  $BC$  с шариком массой  $m$  (рис.42). Точка  $A$  совершает колебания в горизонтальном направлении с периодом  $T$ . Найдите длину нити  $BC$ , если известно, что нить  $AB$  все время остается вертикальной.

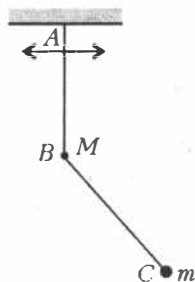


Рис. 42

**120.** Конькобежец на ледяной дорожке старается пройти вираж как можно ближе к внутренней бровке. Велосипедист на велотреке проходит вираж возможно дальше от внутренней бровки. Почему? Профиль трека изображен на рисунке 43.

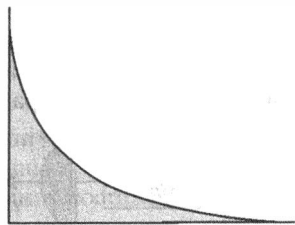


Рис. 43

**121.** В герметически закрытом сосуде в воде плавает кусок льда массой  $M$ , в который вмерзла свинцовая дроби́нка массой  $m$ . Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы дро-

бинка начала тонуть? Плотность свинца  $11,3 \text{ г/см}^3$ , плотность льда  $0,9 \text{ г/см}^3$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda$ . Температура воды в сосуде  $0^\circ\text{C}$ .

**122.** Три тела массами  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  могут скользить по горизонтальной плоскости без трения (рис.44), причем  $m_1 \gg m_2$  и  $m_2 \ll m_3$ . Определите максимальные скорости, которые могут приобрести два крайних тела, если в начальный момент времени они покоились, а среднее тело имело скорость  $v$ . Удары считать абсолютно упругими.

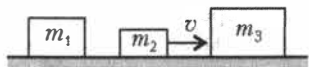


Рис. 44

**123.** На рисунке 45 показана часть схемы, состоящей из неизвестных сопротивлений. Как, имея амперметр, вольтметр, источник тока и соединительные провода, можно измерить величину одного из сопротивлений, не разрывая ни одного контакта в схеме?

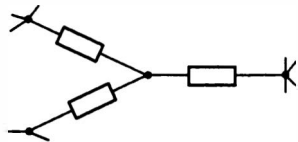


Рис. 45

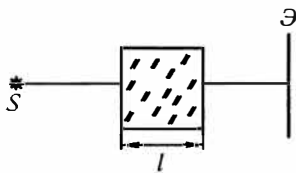


Рис. 46

**124.** Свет от источника  $S$  по пути к экрану проходит через покоящийся стеклянный кубик с ребром  $l$  (рис.46). На сколько быстрее свет дойдет до экрана, если кубик привести в движение со скоростью  $v$ ? Скорость света в воздухе  $c$ , показатель преломления стекла  $n$  ( $v \ll c$ ,  $n > 1$ ).

**125.** В цилиндре с поршнем находится вода, внутри которой в начальный момент имеется полость объемом  $V$ . Давление газов в полости пренебрежимо мало. Поршень оказывает на воду постоянное давление  $p$ . Какую кинетическую энергию приобретет вода в момент, когда полость исчезнет? Начальная скорость воды равна нулю, силу тяжести можно не учитывать.

**126.** Оцените максимальную силу, которую будет показывать динамометр, присоединенный к плоскостям, закрывающим «магдебургские полушария» (полусферы) радиусом  $20 \text{ см}$  (рис.47). Полусферы растягиваются в противоположные стороны силами  $F$ . Атмосферное давление  $1 \text{ атм}$ .

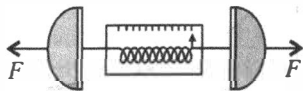


Рис. 47

**127.** В стакан с водой, вращающийся вокруг своей оси, бросают шарик, который может плавать на

поверхности воды. В каком месте поверхности будет находиться шарик в положении равновесия?

**128.** Тонкую однородную палочку кладут так, что она опирается на две плоскости, наклоненные к горизонту под углами  $\alpha$  и  $\beta$ , а угол между плоскостями равен  $90^\circ$  (рис.48). Что будет происходить с палочкой? Каким будет ее окончательное положение, если трение между палочкой и плоскостями пренебрежимо мало?

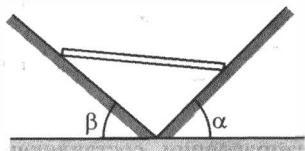


Рис. 48

**129.** Тело находится в точке  $A$  внутри неподвижной полый сферы. В каком случае тело скорее достигнет нижней точки  $B$  сферы: если оно будет скользить по поверхности сферы или если будет скользить вдоль прямой  $AB$ ? Трение в обоих случаях пренебрежимо мало, начальная скорость тела равна нулю, а расстояние  $AB$  много меньше радиуса сферы.

**130.** Внутри гладкой сферы находится маленький заряженный шарик. Какой величины заряд нужно поместить в нижней точке сферы для того, чтобы шарик удерживался в ее верхней точке? Диаметр сферы  $d$ , заряд шарика  $q$ , его масса  $m$ .

**131.** Легкая стеклянная трубка длиной  $l$  и поперечным сечением  $S$ , заполненная целиком ртутью и запаянная с одного конца, расположена горизонтально в резервуаре со ртутью вблизи поверхности ртути. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы перевести трубку в вертикальное положение, в котором она будет касаться поверхности ртути своим открытым концом? Атмосферное давление равно  $p_0$ .

**132.** Цилиндр массой  $m$  раскрутили и поместили между двумя закрепленными плоскостями, расположенными под углом  $2\alpha$  друг к другу (рис.49). Зная, что коэффициент трения между цилиндром и плоскостями равен  $\mu$ , определите силы, с которыми цилиндр действует на плоскости.

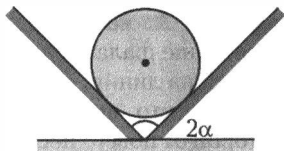


Рис. 49

## 1972 год

**133.** Замкнутая металлическая цепочка соединена нитью с осью центробежной машины и вращается с угловой скоростью  $\omega$  (рис.50). При этом нить составляет угол  $\alpha$  с вертикалью. Найдите расстояние от центра тяжести цепочки до оси вращения.

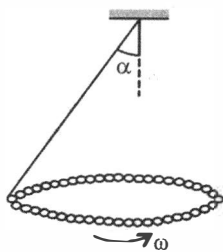


Рис. 50

**134.** Тяжелая плита движется со скоростью  $v$  в направлении, перпендикулярном ее плоскости. Под углом  $\alpha$  к направлению движения плиты движется со скоростью  $u$  легкий шарик. Определите величину и направление вектора скорости шарика после его упругого столкновения с плитой. а) Рассмотрите случаи, когда скорость шарика направлена к плите и от нее. б) Как изменится ответ, если плита движется в

направлении, составляющем угол  $\beta$  с ее плоскостью?

**135.** Мина, лежащая на земле, взрывается от детонации. Осколки мины начинают двигаться симметрично во все стороны с одинаковыми скоростями  $v$ . Размеры всех осколков одинаковы. Какая часть осколков упадет вне круга радиусом  $R$  с центром в точке взрыва?

**136.** Плоский конденсатор имеет емкость  $C$ . На одну из пластин конденсатора поместили заряд  $+q$ , а на другую — заряд  $+4q$ . Определите разность потенциалов между пластинами конденсатора.

**137.** Инфракрасное излучение определенной длины волны поглощается метаном ( $\text{CH}_4$ ). При нормальных условиях слой чистого метана толщиной 1 см поглощает 98% энергии излучения. Во сколько раз ослабится такое излучение при прохождении по вертикали атмосферы Земли? При расчете массовое содержание метана в атмосфере принять равным  $1,4 \cdot 10^{-6}$ .

**138.** Космонавт массой 100 кг находится вне космического корабля, масса которого 5 т, на фале длиной 64 м. Найдите натяжение фала, если корабль находится между космонавтом и Землей на линии, соединяющей их центры тяжести. При расчете считать, что корабль движется по круговой орбите, высота которой от поверхности Земли пренебрежимо мала по сравнению с радиусом Земли ( $R_3 = 6400$  км).

**139.** Футболист ударил по мячу, сообщив ему скорость  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту, и попал в ближний нижний угол ворот. Если бы футболист ударил по мячу в том же месте футбольного поля и мяч полетел бы под тем же углом к горизонту, но со скоростью, на 5% большей скорости  $v$ , то он попал бы в верхнюю штангу ворот. Найдите скорость, с которой начинает двигаться мяч, если высота ворот  $h = 2$  м, а угол  $\alpha = 30^\circ$ .

**140.** Будет ли давать правильные показания чашечный ртутный барометр, если часть его трубки (ниже уровня ртути в ней) сделана из очень мягкой резины?

**141.** Из «черного ящика», содержащего неизвестную электрическую схему, выведены три провода. Два из них соединяют с землей и затем снимают зависимость тока, идущего по третьему проводу, от разности потенциалов между концом этого провода и землей. Соединяя разные пары выводов с землей, строят графики для трех возможных вариантов включения схемы. Эти графики показаны на рисунке 51. Ток считается положительным, если он идет к схеме, находящейся в ящике, и отрицательным в противоположном случае. Придумайте простейшую схему содержимого «черного ящика» и определите ее параметры.

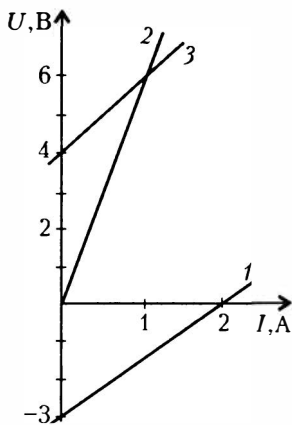


Рис. 51

**142.** Стальной шарик, подвешенный на нити длиной  $l$ , отклонили так, что нить приняла горизонтальное положение, и отпустили. В тот момент, когда нить составляла угол  $\alpha = 30^\circ$  с вертикалью, шарик ударился о неподвижную стальную плиту (рис. 52). На какую высоту поднимется шарик после удара о плиту, если удар можно считать абсолютно упругим?

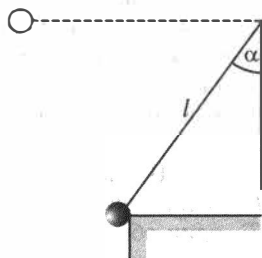


Рис. 52

**143.** Самолет садится на палубу авианосца, имея скорость 100 км/ч. Зацепившись за канат торможения, самолет пробегает до полной остановки 50 м. Определите перегрузки при посадке, если коэффициент упругости каната не меняется по мере его растяжения. Масса пилота 70 кг.

**144.** Каким должен быть коэффициент трения стержня о пол для того, чтобы он мог стоять так, как показано на рисунке 53? Длина нити, удерживающей стержень, равна длине стержня.

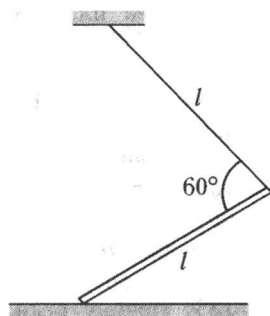


Рис. 53

**145.** Идеальный газ сначала переходит из состояния 1 ( $p_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$ ) в состояние 2 ( $p_2$ ,  $V_2$ ,  $T_2$ ). Затем из состояния 2 газ медленно и адиабати-



чески (без подвода тепла) переходит в состояние 3 ( $p_3, V_3, T_3$ ). Известно, что при переходе 2-3 газ совершает работу, равную количеству теплоты, сообщенного газу при переходе 1-2. Покажите, что  $T_3 = T_1$ . Изобразите процессы 1-2 и 2-3 на плоскости  $VT$ .

**146.** Имеется батарея с ЭДС 100 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. На нагрузке нужно получить напряжение 20 В, причем при изменении сопротивления нагрузки от 50 до 100 Ом напряжение на ней должно меняться не более чем на 2%. Придумайте простую схему для питания нагрузки и рассчитайте параметры этой схемы.

**147.** В модели атома Резерфорда и Бора электроны вращаются вокруг ядра на определенных круговых орбитах. При переходе с одной орбиты на другую, более близкую к ядру, атом испускает фотон. Каковы энергия и частота фотона, испущенного атомом водорода при переходе электрона с орбиты радиусом  $r_1 = 2,1 \cdot 10^{-8}$  см на орбиту радиусом  $r_2 = 5,3 \cdot 10^{-9}$  см?

**148.** Ядро массой  $M$ , летящее со скоростью  $v$ , распадается на два одинаковых осколка. Внутренняя энергия ядра  $E_1$ , внутренняя энергия каждого из осколков  $E_2$  ( $E_1 > 2E_2$ ). Определите максимально возможный угол между скоростью одного из осколков и скоростью ядра.

**149.** Во сколько раз уменьшится сила притяжения двух маленьких шариков, один из которых заряжен, а другой нейтрален, если расстояние между шариками увеличить вдвое?

**150.** В некоторой галактике обнаружена звезда  $Z$  с планетой  $P$ , делающей за время  $T_1$  один оборот вокруг звезды и за время  $T_2$  один оборот вокруг собственной оси. Спутник  $S$  планеты  $P$  делает один оборот вокруг планеты за время  $T_3$ . Через какое время повторяется в данном месте планеты затмение спутника  $S$ ? Все тела вращаются в одной плоскости.

**151.** Два плоских зеркала образуют двугранный угол с раствором  $90^\circ$ . В угол вставлена линза с фокусным расстоянием  $F$  так, что главная оптическая ось линзы составляет угол  $45^\circ$  с каждым зеркалом. Радиус линзы равен ее фокусному расстоянию. Найдите положение изображения источника, расположенного на главной оптической оси линзы на расстоянии  $1,5F$  от нее.

**152.** Объем газового пузыря, образовавшегося в результате глубинного подводного взрыва, колеблется с периодом, пропорциональным  $p^a \cdot \rho^b \cdot E^c$ , где  $p$  – давление,  $\rho$  – плотность воды,  $E$  – полная энергия взрыва. Найдите  $a$ ,  $b$  и  $c$ .

**153.** Почему реки, текущие даже по совершенно плоской однородной почве, изгибаются?

**154.** Оцените, сколько капелек воды имеется в  $1 \text{ м}^3$  тумана, если видимость составляет  $10 \text{ м}$  и туман оседает через  $2 \text{ ч}$ ? Высота слоя тумана  $200 \text{ м}$ . Сила сопротивления воздуха, действующая на каплю воды радиусом  $R(\text{м})$ , движущуюся со скоростью  $v \text{ (м/с)}$ , равна  $4,3Rv(H)$ .

**155.** Один моль газа сжимают так, что его объем во время процесса сжатия пропорционален давлению:  $V = \alpha p$ . Давление газа увеличивается от  $p_1$  до  $p_2$ . Найдите коэффициент  $\alpha$ , если теплоемкость этого газа при постоянном объеме равна  $C_V$  и во время процесса газу сообщается количество теплоты  $Q$ .

**156.** Имеется бесконечная проводочная сетка с прямоугольной ячейкой (рис.54). Сопротивление каждой из проволок, составляющих ячейку сетки, равно  $r$ . Найдите сопротивление сетки между точками  $A$  и  $B$ .

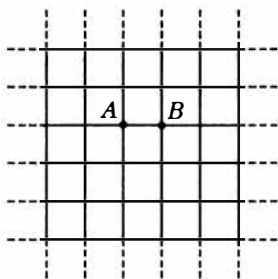


Рис. 54

**157.** По плоскости катится обруч радиусом  $R$ . Ускорение центра обруча равно  $a$ . Найдите ускорение точек  $A, B, C$  и  $D$  обруча (рис.55) через время  $t$  после начала его движения, если начальная скорость центра обруча равна  $v_0$  и обруч не проскальзывает.

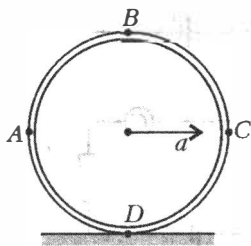


Рис. 55

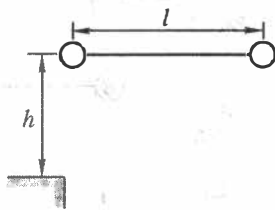


Рис. 56

**158.** Гантелька, расположенная горизонтально, падает с высоты  $h$  и ударяется одним из концов о стол (рис.56). Какое расстояние пролетит гантелька после удара до того, как она опять станет горизонтальной? Гантелька состоит из двух одинаковых тяжелых шариков, насаженных на невесомый стержень длиной  $l$ . Удар гантельки о стол абсолютно упругий. Стол после удара мгновенно убирают.

**159.** Разность между давлениями внутри и снаружи резинового шарика возросла на  $\alpha_1\%$ , при этом радиус увеличился на

$q_1\%$ . На сколько процентов возрастет радиус шарика, если разность между давлениями внутри и снаружи шарика возрастет на  $\alpha_2\%$ ?

**160.** Диск радиусом  $R$  раскручивают вокруг вертикальной оси с помощью веревки (охватывающий диск) длиной  $l$ , которую тянут с постоянной силой  $F$ . После этого диск соскакивает с оси и попадает на горизонтальную плоскость. Сколько оборотов сделает диск на плоскости до полной остановки, если его масса  $M$ , а коэффициент трения диска о плоскость  $\mu$ ?

**161.** Вольт-амперные характеристики элементов  $C$  и  $B$  показаны на рисунке 57 (это идеализированные вольт-амперные

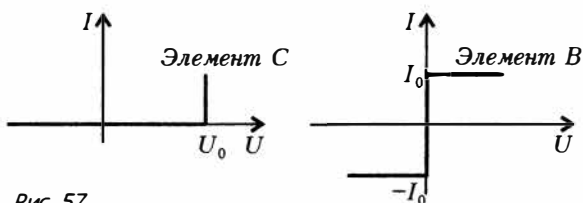


Рис. 57

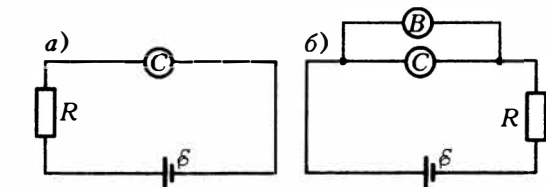


Рис. 58

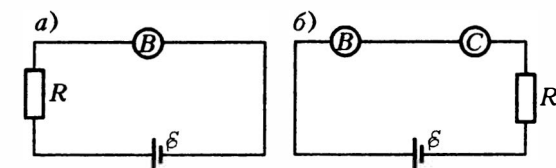


Рис. 59

характеристики стабилотрона и бареттера). Какой ток идет через элемент  $C$  в цепях, показанных на рисунке 58? Каково падение напряжения на элементе  $B$  в схемах, изображенных на рисунке 59?

**162.** Противостоянием Марса называется момент, когда Марс, Солнце и Земля находятся на одной прямой. Великое противостояние – это момент, когда расстояние Земля – Марс минимально. Считая, что орбита Земли – окружность, а орбита Марса – эллипс, найдите, через сколько лет повторяются великие проти-

востояния. Полный оборот вокруг Солнца Марс делает за 687 дней.

**163.** Согласно одной из первых моделей атома водорода (модель Томсона), он представляет собой равномерно заряженный положительным электричеством шар, в центре которого находится электрон. В целом атом нейтрален. Найдите радиус такого атома, если известно, что минимальная энергия, которую нужно сообщить электрону для удаления его из атома на большое расстояние, равна  $W$ . Заряд электрона  $e$ .

**164.** Кубик из пенопласта массой  $M = 100$  г лежит на горизонтальной подставке. Высота кубика  $a = 10$  см. Снизу кубик пробивает вертикально летящая пуля массой  $m = 10$  г (рис.60). Скорость пули при входе в кубик  $v_1 = 100$  м/с, при вылете  $v_2 = 95$  м/с. Подпрыгнет ли кубик?

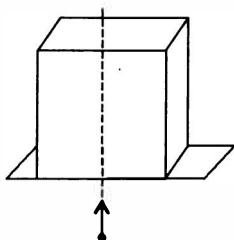


Рис. 60

**165.** Определите, во сколько раз изменится освещенность изображения Солнца, полученного плосковыпуклой линзой, если линзу разрезать по диаметру и сложить плоскими сторонами.

**166.** В расположенном горизонтально цилиндре (рис.61) с одной стороны от закрепленного поршня находится 1 моль идеального газа. В другой части цилиндра вакуум. Пружина, расположенная между поршнем и стенкой цилиндра, находится в недеформированном состоянии. Цилиндр теплоизолирован от окружающей среды. Поршень освобождают, и после установления равновесия объем, занимаемый газом, увеличивается вдвое. Как изменятся температура газа и его давление? Теплоемкости цилиндра, поршня и пружины пренебрежимо малы.

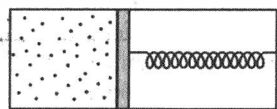


Рис. 61

**167.** К выходу «черного ящика» подключен идеальный амперметр. Если ко входу подключена батарея с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ , то ток через амперметр ровно в 2 раза меньше, чем в том случае, когда ко входу ящика подключены две такие батареи, соединенные последовательно. Придумайте простейшую возможную схему внутреннего устройства «черного ящика».

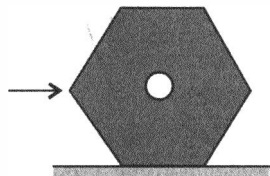


Рис. 62

**168.** Шестиугольный карандаш толкнули вдоль горизонтальной плоско-

сти, как показано на рисунке 62. При каких значениях коэффициента трения между карандашом и плоскостью карандаш будет скользить по плоскости, не вращаясь?

**169.** Для дальней космической связи используется спутник объемом  $V = 100 \text{ м}^3$ , наполненный воздухом при нормальных условиях. Метеорит пробивает в его корпусе отверстие площадью  $S = 1 \text{ см}^2$ . Оцените время, через которое давление внутри спутника изменится на 1%. Температуру газа считать неизменной.

**170.** В однородной плазме с плотностью (числом зарядов каждого знака в единице объема)  $n$  все электроны, первоначально

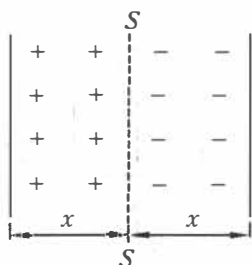


Рис. 63



Рис. 64

находящиеся в слое толщиной  $x$ , смещаются по нормали к этому слою на расстояние  $x$ . Найдите электрическое поле в сечении  $SS$  (рис.63).

**171.** На гладкий горизонтальный стол поставили вертикально гантельку, состоящую из невесомого стержня с двумя

одинаковыми маленькими шариками на концах (рис.64). Верхнему шарiku ударом сообщают скорость  $v$  в горизонтальном направлении. При какой максимальной длине гантельки нижний шарик сразу оторвется от стола?

**172.** Проводящий стержень подвешен горизонтально на двух легких проводах в вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$  (рис.65). Длина стержня  $l = 0,2 \text{ м}$ , масса  $m = 10 \text{ г}$ , длина каждого провода  $l_1 = 0,1 \text{ м}$ . К точкам закрепления проводов подключают конденсатор емкостью  $C = 100 \text{ мкФ}$ , заряженный до напряжения  $U = 100 \text{ В}$ . а) Определите

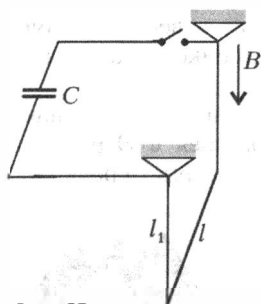


Рис. 65

максимальный угол отклонения системы от положения равновесия после разряда конденсатора, считая, что разряд происходит за очень малое время. б) Определите емкость конденсатора, при разряде которого система отклонится на угол

$\alpha = 3^\circ$ , если при разряде заряженного до такого же напряжения конденсатора емкостью  $C_0 = 10 \text{ мкФ}$  угол отклонения равен  $\alpha_0 = 2^\circ$ .

**173.** В однородно заряженном шаре радиусом  $R$  имеется сферическая полость радиусом  $r$ , центр которой находится на расстоянии  $a$  от центра сферы (рис.66). Найдите напряженность электрического поля в различных точках полости, если объемная плотность заряда шара равна  $\rho$ .

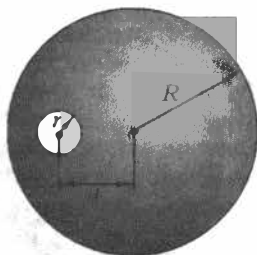


Рис. 66

**174.** Найдите теплоемкость идеального газа в процессе, при котором температура газа: а) пропорциональна квадрату его объема; б) обратно пропорциональна его объему. Молярная теплоемкость газа при постоянном объеме равна  $C_V$ .

**175.** Оцените время упругого столкновения двух стальных или двух резиновых шаров с одинаковыми радиусами  $R = 1$  см. Для стали модуль Юнга  $E_c = 2,1 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>, плотность  $\rho_c = 7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Модуль Юнга резины  $E_p \approx 10^6$  Н/м<sup>2</sup>, ее плотность  $\rho_p \approx 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Шарики движутся навстречу друг другу со скоростями  $v = 1$  м/с. Какова средняя сила взаимодействия шариков?

**176.** Почему легче проткнуть шилом дыру, если шило вращается? Почему нужно вращать гвоздь, чтобы вытащить его из стены? Почему, когда вы режете хлеб или мясо, вы двигаете нож взад-вперед, а когда режете сыр, то только давите на нож?

**177.** Частота колебаний струны зависит от ее длины, натяжения и погонной плотности — массы единицы длины струны. Определите вид этих зависимостей.

**178.** В закрытом кубическом сосуде с ребром 1 см имеется  $n$  молекул газа. Стенки кубика таковы, что молекула газа, попав на стенку, остается на ней  $10^{-2}$  с. Оцените, сколько молекул газа «сидят» на стенках. Сосуд находится при комнатной температуре.

**179.** Подводная лодка, погружаясь вертикально, излучает короткие звуковые импульсы сигнала гидролокатора длительностью  $\tau_0$  в направлении дна. Длительность отраженных сигналов, измеряемых гидроакустиком на лодке, равна  $\tau$ . Какова скорость погружения лодки? Скорость звука в воде  $v$ . Дно горизонтальное.

**180.** В однородное электрическое поле, напряженность которого равна  $E$ , внесли металлический шар. Известно, что плотность поверхностных зарядов на «полюсе» шара в точке  $A$  (рис.67) равна  $\sigma_0$ . Определите плотность поверхностных заря-

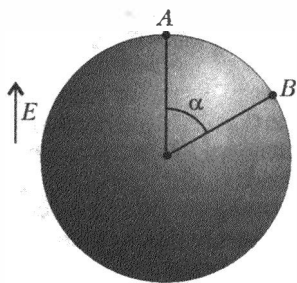


Рис. 67

дов в точке  $B$ , направление на которую из центра шара составляет угол  $\alpha$  с направлением внешнего электрического поля.

**181.** Спутник движется вокруг Земли по почти круговой орбите со скоростью  $v$ . Изменение его орбиты связано с тем, что на спутник действует со стороны космических микрочастиц сила трения  $F = Av^\alpha$ , где  $A$  и  $\alpha$  — константы. Найдите  $\alpha$ , если

известно, что радиус орбиты спутника меняется очень медленно и с постоянной скоростью.

**182.** Оцените, на какую высоту вы смогли бы подпрыгнуть на Луне.

**183.** Динамометр, который скользит по гладкому горизонтальному столу, тянут с постоянной силой  $F = 4$  Н. Что показывает динамометр, если масса его пружины равна массе корпуса и отградуирован динамометр был в горизонтальном положении?

**184.** При передаче телевизионного изображения на Земле за 1 секунду передается 25 кадров. Это означает, что 1 кадр передается за  $1/25$  секунды. В то же время, как известно, передача одного кадра изображения Луны советской автоматической станцией «Луна» длилась 25 минут. Почему так велика разница во временах передачи 1 кадра изображения в обоих случаях?

**185.** Волейбольный мяч массой 200 г и объемом 8 л накачан до избыточного давления 0,2 атм. Мяч был подброшен на высоту 20 м и после падения на твердый грунт подскочил почти на ту же высоту. Оцените максимальную температуру воздуха в мяче в момент удара о грунт. Температура наружного воздуха 300 К.

**186.** При повороте автобуса или автомобиля пассажиров отбрасывает в сторону, противоположную направлению поворота. В то же время, поворот самолета совсем не ощущается его пассажирами. Объясните эту разницу.

**187.** Тонкая металлическая пластина площадью  $S$  залита слоем жидкого диэлектрика с плотностью  $\rho$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  так, что толщина этого слоя много меньше линейных размеров пластины. Что произойдет с жидкостью, если пластине сообщить электрический заряд  $+Q$ ?

**188.** Холодильник мощностью  $P$  за время  $\tau$  превратил в лед  $n$  литров воды, которая первоначально имела температуру

$t$ . Какое количество теплоты выделилось в комнате за это время?

**189.** Заряд  $q = 10^{-8}$  Кл равномерно распределен по дуге окружности радиусом  $R = 1$  см с углом раствора: а)  $\pi$  радиан; б)  $2\pi/3$  радиан. Определите напряженность электрического поля в центре окружности.

**190.** Груз привязан на веревке к брусу квадратного сечения с ребром  $a$  (рис.68). Длина веревки  $l = na$  ( $n$  – целое число). Грузу сообщена скорость  $v$  в направлении, перпендикулярном веревке. За какое время вся веревка наматывается на брус, если в начальный момент она составляет с горизонтом угол  $\alpha$ ?

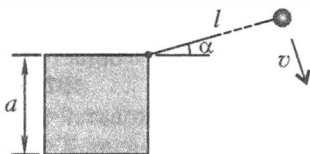


Рис. 68

**191.** С какой максимальной постоянной скоростью может двигаться автомобиль по мосту с радиусом кривизны  $R$ , если длина моста  $l$ , а коэффициент трения шин о дорогу  $\mu$ ?

**192.** По водопроводной трубе течет вода со скоростью  $10$  м/с. Каким будет давление на кран, если его быстро закрыть?

### 1973 год

**193.** Имеются две системы линз с одинаковыми фокусными расстояниями (рис.69). Оптические оси линз совпадают. Первая система линз состоит из собирающих линз, во

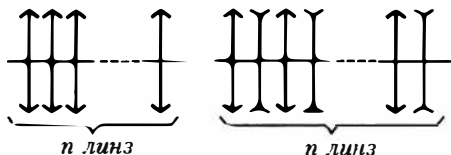


Рис. 69

второй собирающие линзы чередуются с рассеивающими. Найдите траектории лучей в каждой из систем, если расстояние между линзами много меньше фокусного.

**194.** Между обкладками плоского конденсатора помещен заряд. Как он будет двигаться, если на конденсатор подать синусоидальное напряжение с нулевой начальной фазой?

**195.** Между двумя кубиками массами  $m_1$  и  $m_2$  находится сжатая пружина жесткостью  $k$ , кубики связаны ниткой, расстояние между ними  $l$  (рис.70). На какую высоту поднимется центр масс системы, если нить пережечь? Пружину считать



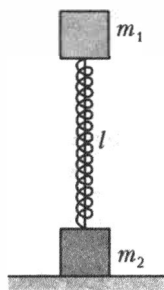


Рис. 70

невесомой, ее длина в нормальном состоянии равна  $l_0$ .

**196.** В камере ускорителя по окружности радиусом  $R$  движется очень тонкий пучок протонов (масса протона  $m$ , заряд  $e$ ). Величина тока в начальный момент  $I$ , полное число частиц в камере  $n$ . Магнитный поток через неизменяющуюся орбиту пучка изменяется со скоростью  $\Phi$ . Какой станет величина тока после того, как частицы сделают один оборот? Скорость частиц остается много меньшей скорости света.

**197.** На тело массой  $m$ , лежащее на горизонтальной шероховатой поверхности с коэффициентом трения  $\mu$ , в момент времени  $t = 0$  начала действовать под углом  $\alpha$  к горизонту сила, пропорциональная времени:  $F = At$ . Определите скорость движения тела через время  $\tau$ .

**198.** Конькобежец решил затормозить и свел вместе пятки. Хотя это и трудно (почему?), но конькобежцу удастся удерживать пятки вместе. Как он будет двигаться дальше?

**199.** Нейтрон легко проходит через слой свинца, но задерживается в таком же слое парафина, воды или другого соединения, содержащего водород. Объясните, почему.

**200.** В результате импульсного разряда конденсатора через разреженный гелий происходит нагревание газа до температуры  $T$ . Оцените величину  $T$ , если напряжение на конденсаторе 30 кВ, емкость конденсатора 18 мкФ, а газ занимает объем 10 л при давлении  $10^{-2}$  мм рт.ст.

**201.** Если к некоторому сопротивлению подключить аккумулятор, то зависимость тока в цепи от времени будет такой, как показано на рисунке 71,а. Если к этому же сопротивлению

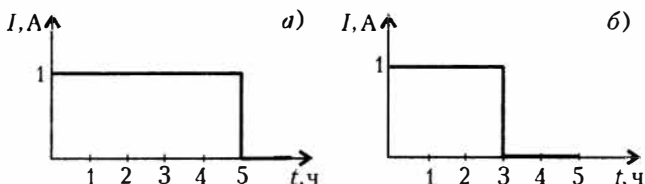


Рис. 71

подключить другой такой же аккумулятор, но частично разряженный, то зависимость тока от времени будет такой, как показано на рисунке 71,б. Если оба аккумулятора подключить вместе, соединив их параллельно, то вначале по цепи будет идти ток 1,5 А. Нарисуйте график дальнейшего изменения тока в цепи

со временем. Внутреннее сопротивление аккумулятора в процессе разрядки не изменяется.

**202.** Труба радиусом  $r$  заполнена пористым веществом плотностью  $\rho_0$ . Невесомый поршень, на который действует постоянная сила  $F$ , вдвигаясь в трубу, уплотняет вещество до плотности  $\rho$  (рис.72). С какой скоростью движется поршень, если уплотнение происходит скачком, т.е. в трубе как бы перемещается с некоторой скоростью поверхность, справа от которой плотность вещества  $\rho_0$ , а слева  $\rho$ ? В начальный момент поверхность совпадает с плоскостью поршня.

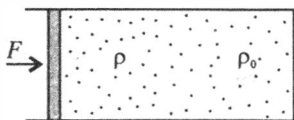


Рис. 72

**203.** В электронном генераторе использован триод, в котором расстояние между катодом и анодом равно 1 мм. Оцените максимальную частоту колебаний, которые можно получить, используя этот генератор, если анодное напряжение составляет 200 В.

**204.** Космический корабль подлетает к Луне по параболической траектории, почти касающейся поверхности Луны. В момент максимального сближения с Луной на короткое время включается тормозной двигатель, и корабль переходит на круговую орбиту спутника Луны. Определите изменение скорости корабля при торможении. Радиус Луны 1740 км, ускорение свободного падения на поверхности Луны  $1,7 \text{ м/с}^2$ .

*Примечание.* На параболической траектории полная энергия корабля равна нулю.

**205.** Осколком стекла  $A$  неправильной формы на вертикальную стенку пускают солнечный зайчик: один раз в точку  $B$ , другой раз в точку  $C$  (рис.73). Зайчик в точке  $B$  оказывается круглым, а освещенность его в центре втрое больше, чем на участках, освещенных только рассеянным светом. Какова освещенность в центре зайчика в точке  $C$ ? Лучи  $SA$ ,  $AB$  и  $AC$  лежат в одной вертикальной плоскости, луч  $AB$  горизонтален,  $\angle SAB = \angle BAC = 45^\circ$ .

**206.** Оцените, до какой максимальной температуры может нагреться из-за трения о воздух поверхность самолета, который летит со скоростью, близкой к скорости звука. Для оценки можно считать, что воздух состоит из двухатомных молекул азота, энергия которых равна  $(5/2)kT$ , где  $k$  – постоян-

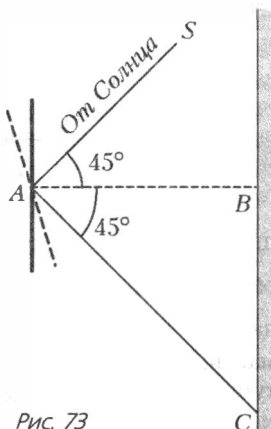


Рис. 73

ная Больцмана и  $T$  – абсолютная температура. Температуру окружающего воздуха считать равной  $-10^\circ\text{C}$ .

**207.** На поверхности масла, налитого в цилиндрический сосуд, плавает кусочек водяного льда. Температура всей системы  $0^\circ\text{C}$ . Как изменятся уровень масла и давление на дно сосуда, когда лед растает, а образовавшаяся вода опустится на дно сосуда?

**208.** У автомобиля, участвующего в гонке, лопаается шина. Оцените, с какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы шина не сминалась.

**209.** Смоделировать траекторию заряженной частицы в магнитном поле можно, поместив в однородное магнитное поле закрепленный на концах гибкий проводник, по которому пропускается ток. Каким будет натяжение такого провода при токе 1 А, если он имитирует траекторию движения протона с энергией 1 МэВ, влетающего в магнитное поле перпендикулярно магнитным линиям?

**210.** Два одинаковых открытых сосуда соединены двумя одинаковыми трубками и доверху заполнены водой. Трубки закрыты кранами  $K_1$  и  $K_2$  (рис.74). Температура воды в сосудах поддерживается постоянной, причем  $t_1 > t_2 > 4^\circ\text{C}$ . Что будет происходить с водой в сосудах, если сначала открыть кран  $K_2$ , а затем (при открытом кране  $K_2$ ) открыть кран  $K_1$ ?

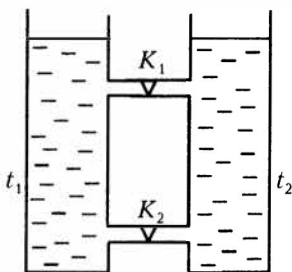


Рис. 74

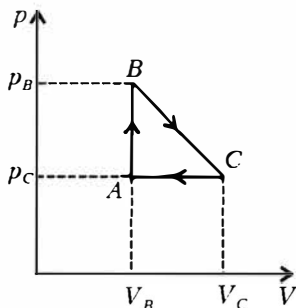


Рис. 75

**211.** С идеальным одноатомным газом проводится замкнутый процесс (цикл), показанный на рисунке 75. В точке С газ имел объем  $V_C$  и давление  $p_C$ , а в точке В – объем  $V_B = \frac{1}{2} V_C$  и давление  $p_B = 2p_C$ . Найдите КПД этого цикла и сравните его с максимальным теоретическим КПД цикла, у которого температуры нагревателя и холодильника равны, соответственно, максимальной и минимальной температурам рассматриваемого цикла.

**212.** От сползающего в океан по крутому склону ледника на глубине 1 км откалывается глыба льда – айсберг (его высота меньше 1 км). Какая часть айсберга может расплавиться при всплывании? Температура льда и воды  $0^\circ\text{C}$ .

**213.** Максимально допустимая скорость движения автомобиля по скользкой дороге при прохождении поворота радиусом  $R$  равна  $v_{\text{max}}$ . На повороте дорога наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту. Какова минимальная скорость, с которой должен двигаться автомобиль, чтобы проехать поворот?

**214.** В схеме, изображенной на рисунке 76,  $R_1 = 10\text{ кОм}$ ,  $R_2 = R_3 = 5\text{ кОм}$ , а к клеммам 1 и 2 приложено переменное напряжение с действующим значением  $U = 127\text{ В}$ . Диоды можно считать идеальными: при одном направлении тока их сопротивление бесконечно мало, при другом – бесконечно велико. Найдите, какая мощность выделяется на сопротивлении  $R_1$ .

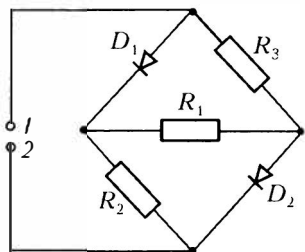


Рис. 76

**215.** Два мыльных пузыря радиусами  $R_1$  и  $R_2$  сливаются в один пузырь радиусом  $R_3$ . Найдите атмосферное давление, если коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки  $\sigma$ .

**216.** Вставая и приседая в определенные моменты времени, мальчик на качелях легко увеличивает амплитуду своих качаний. Объясните, почему это удается.

**217.** Электронно-лучевая трубка с ускоряющим напряжением  $U$  помещена в однородное магнитное поле с индукцией, равной  $B$  и направленной вдоль оси трубки. На экране при этом наблюдается небольшое распылчатое пятно. Если менять величину индукции, то можно заметить, что при некоторых значениях  $B_0$ ,  $2B_0$ ,  $3B_0$  ... электронное пятно фокусируется – собирается в точку. Объясните это явление. Как с помощью такого эксперимента определить отношение заряда электрона к его массе?

**218.** Железнодорожный состав идет с постоянной скоростью  $v = 72\text{ км/ч}$  по горизонтальному участку пути. На сколько должна измениться мощность, развиваемая локомотивом, чтобы состав с той же скоростью продолжал двигаться во время сильного вертикального дождя? Считать, что каждую секунду на состав падает  $m = 100\text{ кг}$  воды, которая затем стекает по стенкам вагонов. Изменением сил трения пренебречь.

**219.** В вертикальном цилиндре имеется  $n$  молей идеального одноатомного газа. Цилиндр закрыт сверху поршнем массой  $M$  и площадью  $S$ . Вначале поршень удерживался неподвижным, газ в цилиндре занимал объем  $V_0$  и имел температуру  $T_0$ . Затем поршень освободили, и после нескольких колебаний он пришел в состояние покоя. Пренебрегая в расчетах всеми силами трения, а также теплоемкостью поршня и цилиндра, найдите температуру и объем газа при новом положении поршня. Вся система теплоизолирована. Атмосферное давление  $p_a$ .

**220.** Экран освещается параллельным пучком лучей, перпендикулярным плоскости экрана. Как изменится освещенность экрана, если на пути света поставить призму  $ABC$  с малым углом раствора  $\alpha$  и показателем преломления  $n$ , причем грань  $AB$  параллельна экрану (рис. 77)? Отражением света от призмы пренебречь.

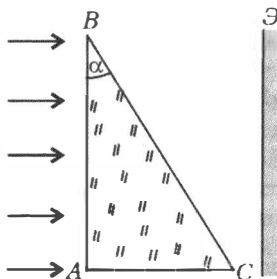


Рис. 77

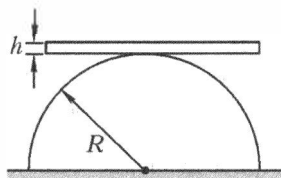


Рис. 78

**221.** На неподвижном круглом цилиндре радиусом  $R$  лежит доска, как показано на рисунке 78. Толщина доски  $h$ . При каком соотношении между  $h$  и  $R$  равновесие доски будет устойчивым? Трение между доской и цилиндром велико.

**222.** Громоотвод соединен с землей при помощи тонкостенной трубки диаметром 2 см и толщиной стенок 2 мм. После удара молнии трубка мгновенно превратилась в круглый стержень. Объясните это явление и оцените силу тока разряда, если известно, что при сжатии цилиндрический образец диаметром 3 мм, сделанный из того же материала, что и трубка, разрушается при силе 140000 Н.

**223.** Модели корабля толчком сообщили скорость  $v_0 = 10$  м/с. При движении модели на нее действует сила сопротивления, пропорциональная скорости:  $F = kv$ . а) Найдите путь, пройденный моделью за время, в течение которого ее скорость уменьшилась вдвое. б) Найдите путь, пройденный моделью до полной остановки. Считать  $k = 0,5$  кг/с, массу модели  $m = 0,5$  кг.

**224.** По деревянным сходящим, образующим угол  $\alpha$  с горизонтом, втаскивают за веревку ящик. Коэффициент трения ящика о сходню  $\mu$ . Под каким углом к горизонту следует направить веревку, чтобы с наименьшим усилием втаскивать ящик: а) равномерно; б) с заданным ускорением  $a$ ?

**225.** В стакан налиты две несмешивающиеся жидкости: четыреххлористый углерод  $\text{CCl}_4$  и вода. При нормальном атмосферном давлении  $\text{CCl}_4$  кипит при  $76,7^\circ\text{C}$ , вода – при  $100^\circ\text{C}$ . При равномерном нагревании стакана в водяной бане кипение на границе раздела жидкостей начинается при температуре  $65,5^\circ\text{C}$ . Определите, какая из жидкостей быстрее выкипает при таком «пограничном» кипении и во сколько раз. Давление насыщенных паров воды при  $65,5^\circ\text{C}$  составляет 192 мм рт.ст.

**226.** Электромотор постоянного тока с независимым возбуждением (с постоянным магнитом) поднимает груз со скоростью  $v_1$  при помощи нити, наматывающейся на ось мотора. В отсутствие груза невесомая нить поднимается со скоростью  $v_0$ . С какой скоростью будет опускаться тот же груз, если в цепи якоря произойдет замыкание, в результате которого обмотка якоря окажется замкнутой накоротко? Трением в подшипниках пренебречь.

**227.** На тороидальный сердечник из феррита с магнитной проницаемостью  $\mu = 2000$  намотаны две катушки: первичная, содержащая  $n_1 = 2000$  витков, и вторичная с  $n_2 = 4000$  витков. Когда на первичную катушку было подано напряжение  $U_1 = 100$  В, на разомкнутой вторичной было напряжение  $U_2 = 199$  В. Найдите, какое напряжение будет на разомкнутой вторичной катушке, если сердечник заменить на сердечник того же размера, но из феррита с магнитной проницаемостью  $\mu' = 20$ . Рассеяние магнитного потока и потери в сердечнике не учитывать.



Рис. 79

**228.** На конце доски длиной  $L$  и массой  $M$  находится короткий брусок массой  $m$  (рис.79). Доска может скользить без трения по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения скольжения бруска по поверхности доски  $\mu$ . Какую скорость  $v_0$  нужно толчком сообщить доске, чтобы она выскользнула из-под бруска?

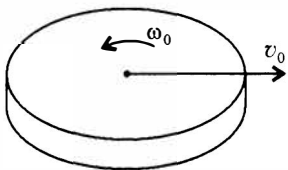


Рис. 80

**229.** Однородной тонкой шайбе, лежащей на горизонтальной шероховатой поверхности, сообщают враща-

тельное движение с угловой скоростью  $\omega_0$  и поступательное со скоростью  $v_0$  (рис.80). По какой траектории движется центр шайбы? В каком случае шайба пройдет больший путь до остановки: при  $\omega_0 = 0$  или при  $\omega_0 \neq 0$  ( $v_0$  одинаково в обоих случаях)?

**230.** На систему, состоящую из двух соединенных пружиной шариков массой  $m$  и покоящуюся на гладкой горизонтальной поверхности, налетает шарик массой  $M$ . Происходит лобовой абсолютно упругий удар. Найдите приближенно отношение масс  $m/M$ , при котором удар произойдет еще раз.

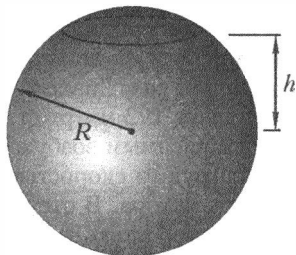


Рис. 81

**231.** Заряженный металлический шар радиусом  $R$  разрезан на две части по плоскости, отстоящей на расстояние  $h$  от центра (рис.81). Найдите силу, с которой отталкиваются эти части. Полный заряд шара  $Q$ .

**232.** Диод включен в цепь, изображенную на рисунке 82,а. Идеализированная вольт-амперная характеристика диода приведена на рисунке 82,б. Конденсатор предварительно не заряжен. Ключ  $K$  замыкают. Какое количество теплоты выделится на сопротивлении  $R$  при зарядке конденсатора? Емкость конденсатора  $C$ , ЭДС

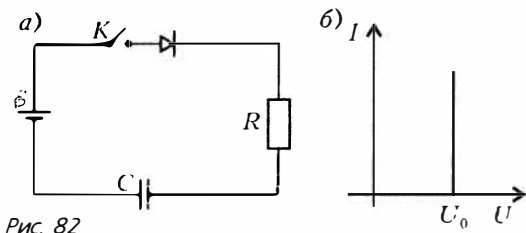


Рис. 82

источника  $\varepsilon$ . Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

**233.** При скоростном спуске лыжник скользит вниз по склону ( $\varphi = 45^\circ$ ), не отталкиваясь палками. Коэффициент трения лыж о снег равен 0,1. Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости лыжника:  $F_c = \alpha v^2$ , где  $\alpha$  — постоянная величина, равная  $0,7 \text{ Н}/(\text{м}/\text{с})^2$ . Какую максимальную скорость может развить лыжник, если его масса 70 кг?

**234.** Взрывная камера заполняется смесью метана и кислорода при комнатной температуре и давлении  $p_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$  Парциальные давления метана и кислорода одинаковы. После

герметизации камеры в ней происходит взрыв. Найдите установившееся давление внутри камеры после охлаждения продуктов сгорания до первоначальной температуры, при которой давление насыщенных паров воды равно  $p_{\text{н}} = 17$  мм рт. ст.

**235.** Маленькая капля воды падает в воздухе с постоянной скоростью благодаря тому, что на нее со стороны воздуха действует сила трения, вызванная столкновениями молекул воздуха с каплей. Как изменится скорость падения капли при увеличении температуры воздуха?

**236.** Определите период колебаний полярной молекулы в однородном электрическом поле, напряженность которого  $E = 300$  В/см. Полярную молекулу можно представить в виде жесткой гантели длиной  $l$  ( $l = 10^{-8}$  см), на концах которой находятся две материальные точки массой  $m$  ( $m = 10^{-24}$  г), несущие на себе заряды  $+e$  и  $-e$  соответственно ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл).

**237.** Почему лицо фехтовальщика в проволоочной маске не видно публике, а спортсмен видит все так же хорошо, как и без маски?

**238.** Имеются две проволоки квадратного сечения, сделанные из одного и того же материала. Сторона сечения одной проволоки 1 мм, а другой 4 мм. Для того чтобы расплавить первую проволоку, через нее нужно пропустить ток 10 А. Какой ток нужно пропустить через вторую проволоку, чтобы она расплавилась? Считать, что количество теплоты, уходящее в окружающую среду за 1 секунду, пропорционально разности температур проволоки и среды и площади поверхности проволоки, причем коэффициент пропорциональности одинаков для обеих проволок.

**239.** Колесо радиусом  $R$  катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости. Скорость центра колеса постоянна. Как известно, траекторию криволинейного движения точки в течение малого промежутка времени всегда можно считать дугой окружности. Определите радиусы окружностей, по которым движутся точки колеса  $A$  и  $B$ , в тот момент времени, когда радиус-вектор точки  $A$  горизонтален, а радиус-вектор точки  $B$  составляет угол  $\alpha$  с вертикалью (рис. 83).

**240.** Шар-зонд, имеющий нерастяжимую оболочку, поднялся на максимальную высоту и совершает малые колебания около равновесного уровня. Найдите период этих колебаний, считая, что на такой высоте плотность воздуха  $\rho$  убывает с высотой равномерно на величину  $\delta =$

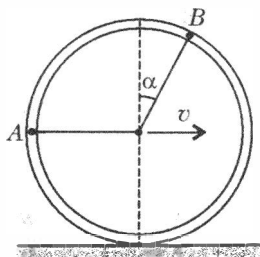


Рис. 83



$= 1,2 \cdot 10^{-2} \rho$  через каждые  $h = 100$  м. Трением шара о воздух пренебречь.

**241.** Кольцо массой  $m$  может скользить по стержню длиной  $L$  и массой  $M$ . Сила трения между ними  $F$ . Определите, какую минимальную скорость нужно сообщить стержню, чтобы он пролетел сквозь кольцо, если вначале кольцо покоится. Опыт проводится в невесомости.

**242.** Камера-обскура представляет собой прямоугольный ящик, в одной из стенок которого имеется круглое отверстие. Освещенность изображения Солнца, которое получается на противоположной стенке камеры – экране, падает вдвое при удалении от центра изображения к краю на  $0,9$  радиуса изображения. Во сколько раз освещенность передней стенки камеры больше, чем освещенность в центре изображения?

**243.** Почему при ярком освещении те, кто пользуются не очень сильными очками, могут читать и без очков? Почему, для того чтобы сфотографировать одновременно два объекта, один из которых находится дальше другого, и получить на фотопленке резкое изображение обоих объектов, обычно уменьшают диаметр отверстия объектива (объектив диафрагмируют)?

**244.** К двум точкам прикреплены цепочка длиной  $l$  и концы двух стержней, сумма длин которых тоже равна  $l$ , а свободные концы шарнирно связаны. Чей центр тяжести находится ниже – цепочки или системы двух стержней?

**245.** Имеется равномерно заряженная полусфера. Покажите, что плоскость, «закрывающая» эту полусферу, эквипотенциальна. Определите напряженность поля в точках этой плоскости. Плотность заряда полусферы  $\sigma$ .

**246.** Теплоизолированный сосуд разделен пополам тонкой перегородкой. В одной половине сосуда находится одноатомный газ с температурой  $T_1$  и давлением  $p_1$ , в другой половине – другой одноатомный газ с давлением  $p_2$  и температурой  $T_2$ . Найдите установившуюся температуру смеси газов после того, как убрали перегородку.

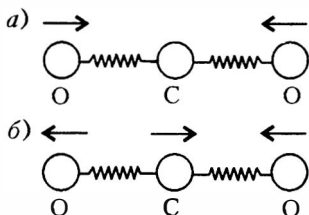


Рис. 84

**247.** Модель молекулы углекислого газа  $\text{CO}_2$  – три шарика, соединенные пружинками и расположенные в положении равновесия вдоль одной прямой. Такая молекула может совершать линейные колебания двух типов: а) или б) на рисунке 84. Найдите отношение частот этих колебаний.

**248.** См. задачу 76.

**249.** Невесомый стержень, на концах которого закреплены шарики массами  $m$  и  $M$ , опирается серединой на жесткую подставку, вокруг которой он может свободно вращаться в вертикальной плоскости. В начальный момент стержень расположен горизонтально, а скорость его равна нулю. С какой силой давит он в этот момент на подставку?

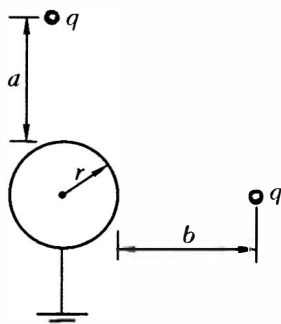


Рис. 85

**250.** Одинаковые заряды  $q$  находятся на расстояниях  $a$  и  $b$  от заземленной сферы малого радиуса  $r$  (рис.85). Расстояние до поверхности земли и других заземленных предметов много больше  $a$  и  $b$ . Найдите силу, с которой заряды действуют на сферу.

**251.** На фотографии летящей пули (рис.86) видны звуковые волны, которые возбуждаются при движении пули. (Такую фотографию удалось получить благодаря тому, что области, в

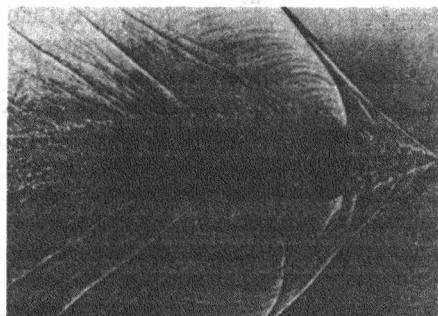


Рис. 86

которых плотности воздуха различны, по-разному преломляют световые лучи.) Воспользовавшись линейкой, определите примерную величину скорости пули. Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

**252.** На цилиндрический столб намотан канат. За один из концов каната тянут с силой  $F$ . Для того чтобы канат не скользил по столбу, когда на столб намотан только один виток каната, второй конец каната нужно удерживать с силой  $f$ . С какой силой нужно удерживать этот конец каната, если на столб намотано  $n$  витков? Как изменится сила  $f$ , если взять столб вдвое большего радиуса? (Сила  $f$  не зависит от толщины каната.)

**253.** Шар, изготовленный из твердого диэлектрика, поместили в однородное электрическое поле напряженностью  $E$ . При этом диэлектрик оказался полностью поляризованным. Воспользовавшись принципом суперпозиции, найдите напряженность электрического поля в центре шара и в точках на расстоянии  $r$  от его центра ( $r$  меньше радиуса шара). Молекулы диэлектрика можно представить как гантели длиной  $l$  с зарядами  $+q$  и  $-q$  на концах. Число молекул в единице объема  $n$ , диэлектрическая проницаемость шара  $\epsilon$ .

**254.** Тонкостенная трубка ртутного барометра открытым концом опирается на дно чашки со ртутью. Закрытый конец удерживается вертикальной нитью, так что трубка составляет угол  $\alpha$  с вертикалью (рис. 87). Длина трубки  $l$ , масса  $m$ , плотность ртути  $\rho$ , атмосферное давление  $h$  (мм рт. ст.). Найдите силу натяжения нити. Размером погруженной в ртуть части трубки пренебречь. Площадь сечения трубки  $S$ .

Рис. 87

**255.** При фотографировании Луны с Земли фотоаппаратом, объектив которого имеет фокусное расстояние  $F$ , на фотопластинке получено размытое изображение Луны в виде диска радиусом  $R$ . Затем с помощью того же аппарата получают резкое изображение Луны. Оно имеет радиус  $R_1$ . На какое расстояние сместили при втором фотографировании объектив фотоаппарата относительно фотопластинки? Диаметр объекта  $D$ . (Дифракцию не учитывать.)

**256.** В центр квадратной свободно подвешенной доски попадает пуля. Если скорость пули  $v > v_0$ , то она пробивает доску насквозь. С какой скоростью будет двигаться доска, если скорость пули будет  $2v_0$ ;  $nv_0$ ? При какой скорости пули скорость доски будет максимальной? Масса пули  $m$ , масса доски  $M$ , сопротивление считать независимым от скорости.

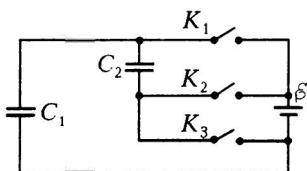


Рис. 88

**257.** В схеме, изображенной на рисунке 88, вначале все ключи разомкнуты. Конденсаторы емкостями  $C_1$  и  $C_2$  разряжены, ЭДС батареи  $\epsilon$ . Затем ключи  $K_1$  и  $K_3$  замыкают и через некоторое время размыкают. После этого замыкают ключ

$K_2$ . Какая разность потенциалов установится на конденсаторе емкостью  $C_1$  после замыкания ключа  $K_2$ ?

**258.** Кольцо из тонкой проволоки разрывается, если его зарядить зарядом  $Q$ . Диаметр кольца и диаметр проволоки увеличили в 3 раза. При каком заряде будет разрываться это новое кольцо?

**259.** Тонкостенный цилиндр катится по горизонтальной плоскости с ускорением  $a$ . Брусок  $A$ , размеры которого малы по сравнению с радиусом цилиндра, скользит по внутренней поверхности цилиндра так, что угол между радиусом-вектором точки  $A$  и вертикалью остается постоянным. Найдите этот угол, если коэффициент трения бруска о поверхность цилиндра  $\mu$ .

**260.** На вход схемы (рис.89) подаются прямоугольные импульсы напряжения величиной  $U_0$ , длительностью  $\tau$  и периодом повторения импульсов  $T$ . Найдите установившееся через очень много периодов напряжение на конденсаторе, если в течение периода напряжение на конденсаторе изменяется очень мало.

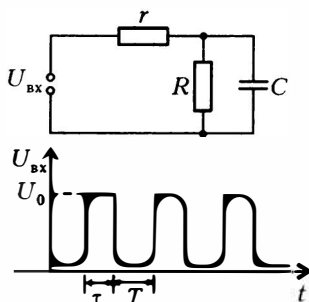


Рис. 89

**261.** На границе раздела двух жидкостей с разными плотностями плавает, погрузившись в нижнюю жидкость на глубину  $h$ , толстостенный стакан с тонким дном. Стакан заполнен доверху верхней жидкостью. Внешний радиус стакана  $R$ , внутренний  $r$ . В дне стакана появилась дыра. На сколько изменится глубина погружения стакана после того, как жидкость перестанет втекать в него?

**262.** Тонкостенный цилиндрический стакан, имеющий тонкое дно, закрыт невесомым тонким поршнем. Между поршнем и дном в стакан вставлена пружина. Внутри стакана находится воздух при атмосферном давлении  $p_0$ . Стакан плавает в воде, как показано на рисунке 90, расстояние от поверхности воды до поршня  $l_1$ , глубина погружения стакана  $l_2$ . Площадь поршня  $S$ , жесткость пружины  $k$ , плотность воды  $\rho$ . На какую максимальную глубину можно погрузить стакан под воду, чтобы он еще мог всплыть? Объемом пружины пренебречь.

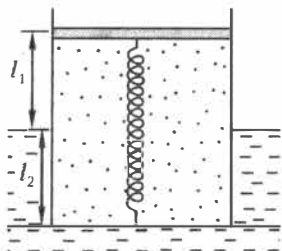


Рис. 90

**263.** Матированное стекло (одна из поверхностей стекла гладкая, другая шероховатая) прикладывают к чертежу: один раз гладкой поверхностью кверху, другой раз – книзу. В одном случае чертеж виден хорошо, в другом разобрать его невозможно. Почему?

**264.** Две одинаковые круглые плоские металлические пластины, расположенные так, как показано на рисунке 91, вращают с угловой скоростью  $\omega$  в противоположные стороны в магнитном поле, перпендикулярном плоскостям пластин. Индукция магнитного поля равна  $B$ , расстояние между пластинами  $a$ . Оси пластин соединяют проводником. Найдите установившееся распределение плотности зарядов на пластинах в зависимости от расстояния  $r$  от центра.

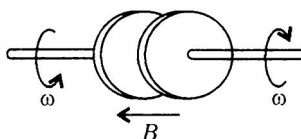


Рис. 91

**265.** Мальчик, сидящий на санках, хочет подтянуть себя к стене с помощью веревки, прикрепленной к санкам и перекинутой через блоки (рис. 92). Каким должен быть для этого коэффициент трения мальчика о санки, если масса санок  $m$ , масса мальчика  $M$ , коэффициент трения полозьев санок о снег  $\mu$ ?

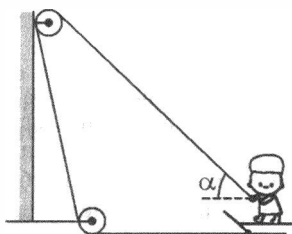


Рис. 92

**266.** U-образная трубка движется с постоянной скоростью  $v$

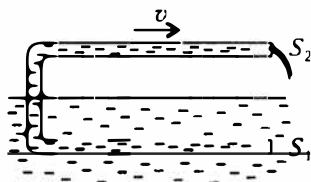


Рис. 93

параллельно поверхности жидкости (рис. 93). Сечение нижней части трубки, опущенной в воду,  $S_1$ , а верхней, находящейся над водой,  $S_2$ . Какая сила приложена к трубке? Плотность жидкости  $\rho$ . Трением и образованием волн на поверхности жидкости пренебречь.

**267.** Космический корабль сферической формы движется вокруг Солнца по круговой орбите. Какова температура корабля, если энергия, излучаемая единицей площади поверхности Солнца и корабля, пропорциональна четвертой степени их абсолютных температур? Космонавты, которые находятся на корабле, видят Солнце в угле  $30^\circ$ . Температуру поверхности Солнца принять равной 6000 К.

**268.** Для определения отношения теплоемкостей газа при постоянном давлении и при постоянном объеме иногда применяется следующий метод. Определенное количество газа, начальная температура, объем и давление которого равны  $T_0$ ,  $V_0$  и  $p_0$  соответственно, нагревается платиновой проволокой, через которую в течение определенного времени проходит электрический ток: один раз при постоянном объеме  $V_0$ , причем газ достигает давления  $p_1$ , другой раз при постоянном давлении  $p_0$ , причем объем газа становится равным  $V_1$ . Покажите, что  $\frac{c_p}{c_v} =$

$$= \frac{(p_1 - p_0)V_0}{(V_1 - V_0)p_0}.$$

**269.** Математический маятник, который состоит из тяжелого металлического шара массой  $m$  и тонкой проводящей нити длиной  $l$ , совершает малые колебания в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией, равной  $B$  и направленной перпендикулярно плоскости колебаний маятника. Максимальный угол, на который отклоняется маятник от вертикали, равен  $\alpha_0$ . Как изменится этот угол, если в тот момент, когда маятник проходит положение равновесия, к нему подсоединить с помощью гибких тонких проводов конденсатор емкостью  $C$  (рис.94), причем за время контакта, которое очень мало, конденсатор успевает полностью зарядиться?

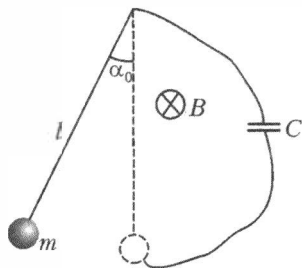


Рис. 94

**270.** В длинной пробирке на расстоянии  $l_1$  от запаянного конца имеется короткий столбик ртути (рис.95). Масса ртути  $m$ . С какой угловой скоростью  $\omega$  нужно вращать пробирку вокруг вертикальной оси, чтобы ртуть достигла свободного конца пробирки? Длина пробирки  $l$ , сечение  $S$ , температура воздуха в пробирке не меняется. Атмосферное давление  $p_0$ .

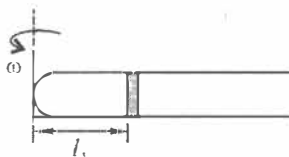


Рис. 95

**271.** Подсчитайте среднюю плотность электрических зарядов в атмосфере, если известно, что напряженность электрического поля на поверхности Земли равна  $100 \text{ В/м}$  и на высоте  $h = 1,5 \text{ км}$  она падает до  $25 \text{ В/м}$ .

**272.** К стенке, наклоненной под углом  $\alpha$  к вертикали, подвешен маятник длиной  $l$  (рис.96). Маятник отклонили в

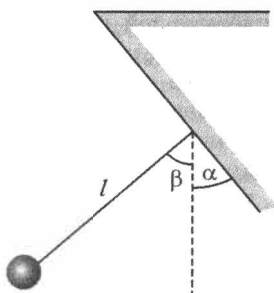


Рис. 96

плоскости, перпендикулярной стенке, на небольшой угол  $\beta$  от вертикального положения и отпустили. Найдите период колебаний маятника, если  $\beta > \alpha$  и удар шарика о стенку абсолютно упругий.

**273.** Для получения газов при сверхвысоких температурах и давлениях иногда применяется установка, состоящая из закрытого с одного конца цилиндра-ствола и поршня-пули, влетающей в цилиндр с открытой стороны.

При хорошей обработке ствола и пули удается добиться малой утечки газа через зазор. Благодаря очень высоким температурам сильно сжатые газы в этих условиях еще можно считать идеальными. Оцените верхний предел температуры аргона, подвергнутого сжатию в такой установке, если пуля массой  $m = 100$  г влетает в ствол, имеющий объем  $V_0 = 200$  см<sup>3</sup>, с начальной скоростью  $v = 250$  м/с. Начальные температура и давление газа равны  $T_0 = 300$  К и  $p_0 = 1$  атм.

**274.** Решите задачу 232 или хотя бы прочтите ее условие. Какое количество теплоты выделится на сопротивлении  $R$  после

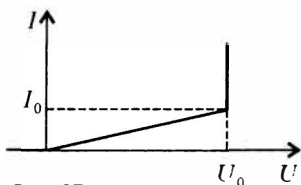


Рис. 97

замыкания ключа  $K$ , если вольт-амперная характеристика диода будет такой, как показано на рисунке 97?

**275.** На обод массивного колеса массой  $M$  и радиусом  $R$  надет дополнительный груз малого размера и массы  $m$ , причем  $M:m = 15$ . С какой скоростью должно катиться колесо, чтобы оно подпрыгивало?

**276.** Какие очки следует прописать человеку, если в воде он видит нормально?

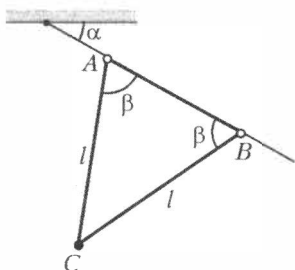


Рис. 98

**277.** Определите период колебаний грузика  $C$ , шарнирно прикрепленного двумя очень легкими стержнями длиной  $l$  к стержню  $AB$ , укрепленному под углом  $\alpha$  к горизонту (рис.98), если  $\angle BAC = \angle ABC = \beta$ . Трением пренебечь.

**278.** Спутник Земли движется по круговой орбите на высоте  $h = 760$  км над поверхностью Земли. Его хотя г

перевести на эллиптическую орбиту с максимальным удалением от поверхности Земли  $H = 40000$  км и минимальным расстоянием от поверхности  $h = 760$  км. На сколько для этого необходимо изменить скорость спутника? Каким будет период обращения спутника по новой, эллиптической, орбите?

**279.** Цилиндр, изготовленный из нетеплопроводящего материала, разделен нетеплопроводящей перегородкой на две части, объемы которых  $V_1$  и  $V_2$ . В первой части находится газ при температуре  $T_1$  под давлением  $p_1$ . Во второй – такой же газ, но при температуре  $T_2$  и под давлением  $p_2$ . Какая температура установится в цилиндре, если убрать перегородку?

**280.** Источник света находится на расстоянии  $3a$  от линзы с фокусным расстоянием  $a$ . Во сколько раз изменится средняя освещенность пятна на экране, который находится на расстоянии  $1,5a$  от линзы, если между источником и линзой поместить плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной  $0,5a$ ? Показатель преломления стекла  $n$ .

**281.** В схеме, изображенной на рисунке 99, а, первоначально ключ  $K$  разомкнут. ЭДС первой батареи  $\mathcal{E}_1 = 1$  В, а ее внутреннее

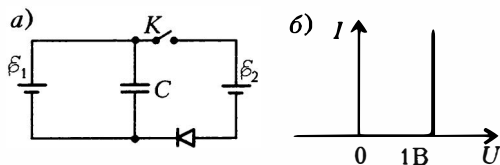


Рис. 99

сопротивление  $r_1 = 0,2$  Ом. ЭДС второй батареи  $\mathcal{E}_2 = 2$  В, внутреннее сопротивление  $r_2 = 0,4$  Ом. Емкость конденсатора  $C = 10$  мкФ. На какую величину изменится заряд конденсатора при замыкании ключа, если диод имеет вольт-амперную характеристику, показанную на рисунке 99, б?

**282.** Найдите частоту «симметричных» колебаний системы, показанной на рисунке 100. Массы всех шариков  $m$ , упругости пружинок  $k$ .

**283.** Заряженные шарики с одинаковыми массами, расположенные на расстоянии  $l$  друг от друга, отпустили (без начальной скорости). Через время  $t$  расстояние между ними удвоилось. Через какое время

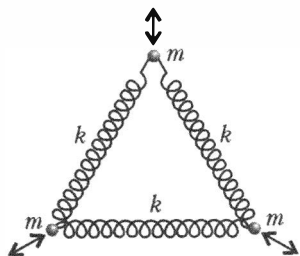


Рис. 100



удвоится расстояние между шариками, если их отпустить с начального расстояния  $3l$ ?

**284.** Найдите ускорение, с которым падает круглая металлическая пластинка в однородном магнитном поле, параллельном поверхности Земли. Пластинка падает вертикально вниз и ориентирована своей плоскостью параллельно магнитному полю и перпендикулярно поверхности Земли. Толщина пластинки  $d$  много меньше ее радиуса  $R$ , масса пластинки  $m$ , индукция магнитного поля  $B$ , ускорение свободного падения  $g$ .

**285.** В неотапливаемом помещении работает холодильник с терморегулятором. В момент подключения холодильника к сети температура на улице, в помещении и в холодильнике была одна и та же. Считая температуру на улице постоянной, изобразите приблизительно на графике, как менялась температура в помещении после подключения холодильника. Рассмотрите три случая: 1) холодильник пустой; 2) холодильник заполнен продуктами; 3) дверца холодильника открыта. Все три графика зависимости температуры от времени начертите на одном рисунке.

**286.** При исследовании упругих свойств стальной проволоки длиной  $l$  установили, что если один конец ее закрепить, а другой повернуть на угол  $\alpha$  вокруг оси, то возникает момент упругих сил  $M = k\alpha$ . После этого из проволоки навили пружину радиусом  $R$  с шагом много меньше  $R$ . Рассчитайте упругость пружины (считайте, что упругие свойства стали после навивки пружины полностью восстанавливаются).

**287.** Канал проходит по мосту над шоссе. Изменяется ли давление на мост, если по каналу движется один раз пустая, а другой раз — нагруженная баржа?

**288.** Сосуд сообщается с окружающим пространством через малое отверстие. Температура газа в окружающем пространстве  $T$ , давление  $p$ . Газ настолько разрежен, что молекулы при пролете в сосуд и из сосуда на протяжении размеров отверстия не сталкиваются друг с другом. В сосуде поддерживается температура  $4T$ . Каково давление в сосуде?

**289.** По сторонам прямого угла скользит жесткая палочка длиной  $2l$ , в центре которой закреплена бусинка массой  $m$ . Скорость точки  $B$  постоянна и равна  $v$  (рис.101). Определите, с какой силой действует бусинка на палочку в тот момент, когда  $\alpha = 45^\circ$ .

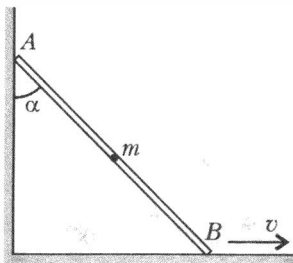


Рис. 101

**290.** Трубка, в которой находится пружинка с прикрепленным к ней шариком, может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через конец трубки, свободный конец пружинки прикреплен к трубке (рис.102,*а*). График зависимости силы

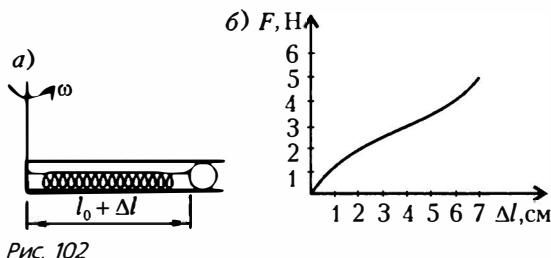


Рис. 102

упругости пружины от деформации представлен на рисунке 102.б. Нарисуйте примерный график зависимости смещения шарика вдоль трубки от угловой скорости  $\omega$  при увеличении ее от нуля до такой величины, когда  $F = 5$  Н. Как изменится эта зависимость при уменьшении угловой скорости? Длина недеформированной пружины  $l_0 = 2$  см.

**291.** Два одинаковых конденсатора  $A$  и  $B$ , каждый емкостью  $C$ , и катушка индуктивностью  $L$  соединены, как показано на рисунке 103. В начальный момент ключ  $K$  разомкнут, конденсатор  $A$  заряжен до разности потенциалов  $U$ . Заряд конденсатора  $B$  и ток в катушке равны нулю. Определите максимальное значение тока в катушке после замыкания ключа.

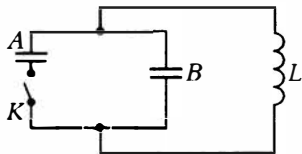


Рис. 103

**292.** Из одной точки на дне горизонтального кругового желоба разлетаются шарики под небольшими углами к образующей желоба с одинаковыми проекциями скорости вдоль этой образующей (рис.104). Встретятся ли эти шарики?

**293.** Марс во время противостояния находится на расстоянии  $l = 5,56 \cdot 10^{10}$  м от Земли, а его угловой диаметр равен  $25,1''$ . Определите ускорение свободного падения на поверхности Марса, если известно, что максимальное угловое расстояние между центрами Марса и его спутника Фобоса  $\beta = 34,5''$ , а период обращения Фобоса вокруг Марса  $T = 2,76 \cdot 10^4$  с.

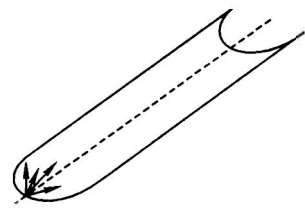


Рис. 104

**294.** К некоторому прибору, находящемуся внутри камеры высокого давления, необходимо подводить тепло. Во время опыта меняется давление в камере, и это приводит к изменению

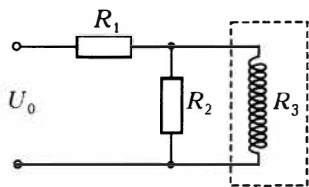


Рис. 105

сопротивления любой проволоки, используемой в качестве нагревателя. На рисунке 105 показана схема, применяемая в случае, когда необходимо, чтобы количество подводимого за одно и то же время тепла очень слабо зависело от давления.

Сопротивление  $R_3$  — это сопротивление обмотки нагревателя,  $R_1$  и  $R_2$  — некоторые постоянные сопротивления, которые находятся вне камеры высокого давления. При каком соотношении между  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  мощность, рассеиваемая на сопротивлении  $R_3$ , меняется меньше всего при изменении величины сопротивления  $R_3$ ?

**295.** Какова должна быть точность измерения ускорения свободного падения у поверхности Земли для того, чтобы можно было обнаружить изменение этой величины в течение суток из-за притяжения Луны? Считать, что измерение производится в точке, которая лежит в плоскости орбиты Луны; вращением Земли пренебречь.

**296.** Каждый из  $k$  различных конденсаторов емкостями  $C_1$ ,  $C_2$ , ...,  $C_k$  заряжен до разности потенциалов  $U$ . Затем все конденсаторы соединены последовательно разноименными полюсами в замкнутую цепь. Найдите напряжение на каждом конденсаторе в этой цепи.

**297.** Коническая пробка перекрывает сразу два отверстия в плоском сосуде, заполненном жидкостью при давлении  $p$  (рис.106). Радиусы отверстий  $R$  и  $r$ . Определите суммарную силу, действующую на пробку со стороны жидкости. Поле тяжести не учитывать.

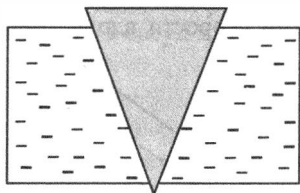


Рис. 106

**298.** Внутри фотоаппарата перпендикулярно фотопластинке расположено плоское зеркало, длина которого  $DB$  равна половине фокусного расстояния объектива (рис.107).

Изображение  $A$  звезды Вега находится от центра фотопластинки на расстоянии, вдвое меньшем радиуса объектива. Во сколько раз освещенность «отраженного изображения»  $C$  звезды Вега меньше освещенности ее изображения  $A$  в присутствии зеркала?

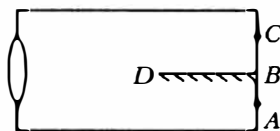


Рис. 107

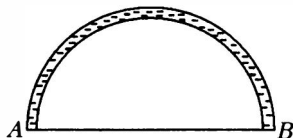


Рис. 108

**299.** По гибкому шлангу сечением  $S$  течет жидкость плотностью  $\rho$  со скоростью  $v$ . Найдите натяжение нити  $AB$ , соединяющей концы  $A$  и  $B$  шланга, если известно, что она является диаметром полуокружности, которую образует шланг (рис.108).

**300.** Найдите, на какую высоту поднимается жидкость в расширяющемся и суживающемся конических капиллярах. Смачивание полное. Угол при вершине конуса, который образует капилляр,  $2\alpha$  (этот угол считать малым), радиус капилляра на уровне поверхности жидкости в широком сосуде  $r_0$ . Коэффициент поверхностного натяжения жидкости  $\sigma$ , плотность жидкости  $\rho$ .

**301.** Круглая линза диаметром  $D$  состоит из двух соединенных по диаметру половинок. Фокусное расстояние одной из них  $F$ , другой  $2F$ . На расстоянии  $a$  от линзы находится источник света, на расстоянии  $2a$  по другую сторону линзы – экран. Нарисуйте график зависимости освещенности изображения источника на экране от расстояния точки экрана до оптической оси линзы. Источник находится на оптической оси линзы, экран перпендикулярен этой оси.

**302.** За лисой, бегущей прямолинейно и равномерно со скоростью  $v_1$ , гонится собака, скорость которой  $v_2$  постоянна по величине и направлена все время на лису. В момент, когда скорости  $v_1$  и  $v_2$  оказались взаимно перпендикулярными, расстояние между лисой и собакой было  $l$ . Каково было ускорение собаки в этот момент?

**303.** Точечный источник света находится на некотором расстоянии под тонкой собирающей линзой (рис.109). Где и как нужно установить плоское зеркало для того, чтобы из линзы вышел параллельный пучок света по направлению, показанному стрелкой? Постройте ход лучей.

**304.** Насос подает массу  $m$  воды в час на высоту  $H$  по трубе диаметром  $d$ . Какова должна быть мощность насоса? Можно ли с помощью насоса меньшей мощности подавать массу  $m$  воды в час на высоту  $H$ ?

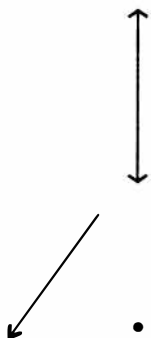


Рис. 109

**305.** В сосуд с водой опускают Г-образный стеклянный капилляр радиусом  $r$ , полностью смачиваемый водой (рис. 110, а). Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от

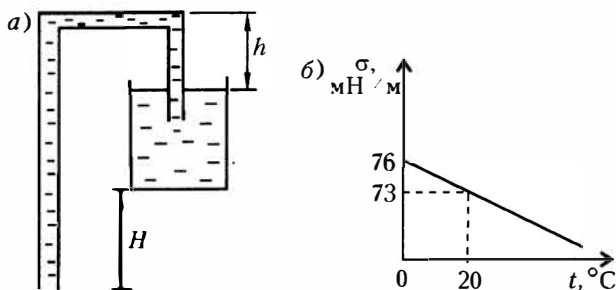


Рис. 110

температуры показана на рисунке 110, б. В каком диапазоне температур вся вода вытечет из сосуда, если  $r = 0,1$  мм,  $h = 14,1$  см и  $H = 15$  см? Толщиной стенок капилляра пренебречь.

**306.** На рисунке 111 изображена схема теплового ваттметра ( $r_1 \ll r$ ,  $r_1 \ll R_n$ ). Тонкая проволока  $AB$ , накаливаемая током,

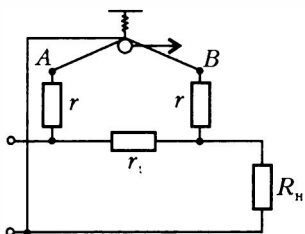


Рис. 111

перекинута через блок, оттягиваемый кверху пружинкой. К блоку прикреплена стрелка, которая поворачивается при повороте блока. Покажите, что поворот стрелки прямо пропорционален мощности тока  $P$ , потребляемой нагрузкой  $R_n$ . Считайте, что: 1) количество теплоты, которое отдает нагретая проволока окружающей среде, пропорционально разности температур проволоки и

среды; 2) изменение сопротивления участков проволоки  $AB$  из-за удлинения и изменения их температуры пренебрежимо мало.

**307.** Самолет пролетает с постоянной скоростью  $v$  по горизонтальной прямой, проходящей над головой наблюдателя. Какой угол с вертикалью составляет направление, по которому к наблюдателю доносится звук мотора в тот момент, когда наблюдатель видит самолет в направлении, составляющем угол  $\varphi$  с вертикалью? Скорость звука  $c$ . Рассмотрите случаи  $v > c$  и  $v < c$ .

**308.** Фотометр представляет собой лист бумаги с жирным пятном. Этот лист устанавливают между двумя точечными источниками света. Сила света одного источника 20 кд, силу

света другого источника требуется определить. Для этого вначале подбирают расстояния  $l_1$  и  $l_2$  источников от листа так, чтобы пятно не выделялось на фоне бумаги, если смотреть на нее со стороны первого источника. Оказалось, что  $l_2 = 2l_1$ . Затем подбирают расстояния  $l'_1$  и  $l'_2$  так, чтобы пятно не выделялось на фоне бумаги, если смотреть со стороны второго источника. Оказалось, что  $l'_1 = l'_2$ . Определите силу света второго источника. Лист ставится перпендикулярно к линии, соединяющей источники.

*Подсказка.* Каждый участок бумаги можно охарактеризовать коэффициентом пропускания и коэффициентом отражения света.

**309.** Змея заползла наполовину в неподвижную узкую трубу, лежащую на плоскости. Вторая половина змеи извивается произвольно по плоскости. Считая змею тонким однородным шнуром длиной  $l$ , найдите, в какой области может оказаться центр тяжести всей змеи.

**310.** Концы пружины закреплены. Как, не освобождая концов пружины, деформировать ее так, чтобы пружина после такой обработки стремилась: а) сократиться; б) удлиниться?

**311.** Однородное магнитное поле меняется по абсолютной величине с постоянной скоростью  $k$  ( $B = kt$ ). Имеется кусок меди, плотность которой  $d$  и удельное сопротивление  $\rho$ . Масса куска  $m$ . Из этого куска можно вытянуть однородную проволоку, из которой в свою очередь можно сделать замкнутый контур. Какой можно получить максимально возможный ток в этом контуре?

**312.** Обруч радиусом  $R$ , катящийся со скоростью  $v$  по горизонтальной поверхности, налетает абсолютно неупруго на ступеньку высотой  $h$  ( $h < R$ ). Какую скорость будет иметь обруч, когда он «взберется» на ступеньку? При какой минимальной скорости обруч сможет «взобраться» на ступеньку? Проскальзывания нет.

### 1975 год

**313.** Коэффициент преломления атмосферы планеты  $X$  уменьшается с высотой  $h$  над ее поверхностью по закону  $n = n_0 - \alpha h$ . Радиус планеты  $R$ . Найдите, на какой высоте над поверхностью планеты находится оптический канал, по которому световые лучи будут обходить планету, оставаясь на постоянной высоте.

**314.** По гладкой и абсолютно неупругой коленчатой трубке, содержащей очень большое число колен, начинает скользить

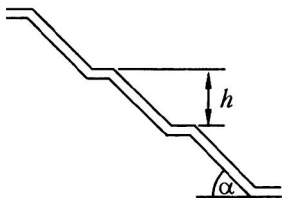


Рис. 112

шарик (рис.112). Найдите установившуюся скорость движения шарика по горизонтальным участкам трубки. Зависит ли она от начальной скорости? Разность высот соседних горизонтальных участков  $h$ . Наклонные участки образуют с горизонтом угол  $\alpha$ .

**315.** Проволочная спираль, присоединенная к городской осветительной сети, нагревается электрическим током. Половину спирали начинают охлаждать (например, водой). Как это отразится на количестве теплоты, выделяемом этой половиной спирали; другой половиной; всей спиралью? Напряжение сети считать неизменным.

**316.** Если выпуклый «звездчатый» многогранник, вылепленный из пластилина, с силой бросать вертикально вниз, то он будет отскакивать от пола, как упругий резиновый мячик, практически не смятаясь. В то же время пластилин легко мнется руками. Как это можно объяснить?

**317.** В воздухе при нормальных условиях молекула сталкивается с другими молекулами, причем путь между столкновениями (длина свободного пробега) равен в среднем  $\lambda = 10^{-5}$  см.

Оцените размер молекулы воздуха.

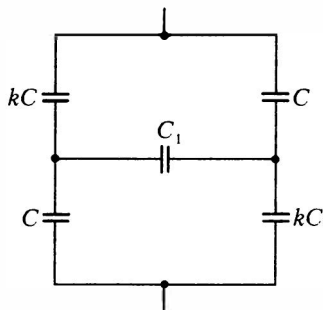


Рис. 113

**318.** При каком значении  $C_1$  емкость системы конденсаторов, показанной на рисунке 113, равна: а)  $C$ ; б)  $kC$  ( $k \neq 1$ ); в)  $C_1$ ?

**319.** На расстоянии  $2F$  от собирающей линзы  $L_1$  с фокусным расстоянием  $F$  находится светящийся предмет. Освещенность четкого изображения предмета на экране при этом равна  $E_0$ . Между экраном и линзой  $L_1$  поместили рассеивающую линзу  $L_2$  с фокусным расстоянием  $-2F$ . Для получения четкого изображения предмета пришлось экран передвинуть на расстояние, равное  $F$ . Определите освещенность изображения предмета во втором случае.

**320.** В откачанном сосуде емкостью  $V = 1$  л находится  $m = 1$  г гидрида урана  $UH_3$ . При нагреве до температуры  $t = 400^\circ\text{C}$  гидрид полностью разлагается на уран (238) и водород. Найдите давление водорода в сосуде при этой температуре.

**321.** На горизонтальную мембрану насыпан мелкий песок. Мембрана совершает колебания с частотой  $\nu = 500$  Гц в

вертикальной плоскости. Какова амплитуда колебаний мембраны, если песчинки подскакивают на высоту  $h = 3$  мм по отношению к положению равновесия мембраны?

**322.** Две звезды вращаются вокруг общего центра масс с постоянными по абсолютной величине скоростями  $v_1$  и  $v_2$  с периодом  $T$ . Найдите массы звезд и расстояние между ними.

**323.** П-образная капиллярная трубка с длиной колен  $l = 10$  см и диаметрами  $d_1 = 0,1$  мм и  $d_2 = 0,2$  мм опускается вертикально открытыми концами в сосуд с водой и погружается настолько, чтобы уровень воды в более узком колене был вровень с уровнем воды в сосуде. Найдите положение уровня воды в широком колене. Объемом горизонтальной трубки пренебречь. Атмосферное давление нормальное. Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 70$  мН/м.

**324.** Из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 50$  см и диаметром  $d = 5$  см вырезана полоса шириной  $h = 5$  мм, а оставшиеся части сдвинуты вплотную. На расстоянии  $l = 75$  см от линзы расположен точечный источник света. На каком максимальном расстоянии от линзы можно наблюдать интерференционную картину?

**325.** Частота малых гармонических колебаний тяжелого шара на легкой закрепленной в стене спице (рис. 114, а) равна  $\nu_1$ , а частота колебаний этого шара на прикрепленной к потолку пружине (рис. 114, б) равна  $\nu_2$ . Какой будет частота колебаний шара на той же пружине, прикрепленной к спице (рис. 114, в)?

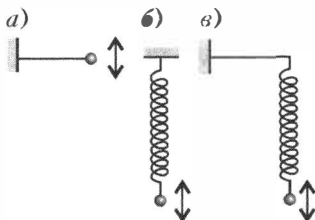


Рис. 114

**326.** Закрытый крышкой сосуд доверху наполнен жидкостью, в которой имеются два пузырька. Как изменится давление в жидкости, если пузырьки сольются? Начальное давление в жидкости  $p_0$ , коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma$ , радиус каждого пузырька  $r_0$ . Процесс слияния считать изотермическим.

**327.** Определите показания электродинамического амперметра  $A_1$  и магнитоэлектрического амперметра  $A_2$  (рис. 115), пренебрегая их внутренними сопротивлениями, если известно, что на вход схемы подается напряжение  $u = u_1 + u_2 \sin \omega t$ ,

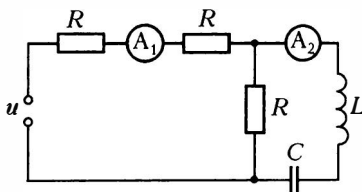


Рис. 115



причем  $\omega = 1/\sqrt{LC}$ . Емкостями между клеммами приборов пренебречь; колебания стрелок приборов незаметны.

**328.** Жесткие стержни длинами  $l_1$  и  $l_2$  соединены шарнирно в точке  $A$ . Их свободные концы удаляются друг от друга равномерно со скоростями  $v_1$  и  $v_2$ , направленными вдоль одной прямой (рис.116). Найдите ускорение точки  $A$  в тот момент, когда стержни составляют друг с другом угол  $90^\circ$ . Движение стержней происходит в одной плоскости.

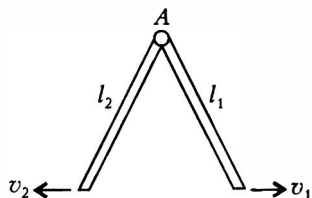


Рис. 116

**329.** Многие из вас, по-видимому, замечали, что в тот момент, когда вы ступаете на мокрый песок, он светлеет. Это связано с тем, что песок становится суше. Но как только вы забираете ногу, след, оставленный ногой, немедленно заполняется водой. Объясните это явление.

**330.** В цилиндре под невесомым поршнем площадью  $S$  находится воздух при атмосферном давлении  $p_0$  и температуре  $T_0$ . Внутренний объем цилиндра разделен на две равные части неподвижной горизонтальной перегородкой с маленьким отверстием. На поршень кладут груз массой  $M$ , под действием которого поршень доходит до перегородки. Найдите температуру воздуха внутри цилиндра, если стенки цилиндра и поршень не проводят тепло.

**331.** Плоская спираль с очень большим числом витков  $n$  и наружным радиусом  $R$  (рис.117) находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном к плоскости спирали и изменяющемся по закону  $B = B_0 \cos \omega t$ . Найдите ЭДС индукции, наводимую в спирали. Расстояние между витками спирали постоянно.

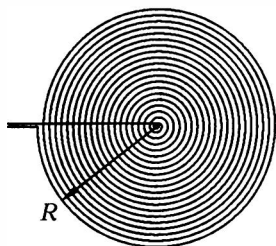


Рис. 117

**332.** Найдите расстояние между источником света  $S$  и его изображением в оптической системе, приведенной на рисунке

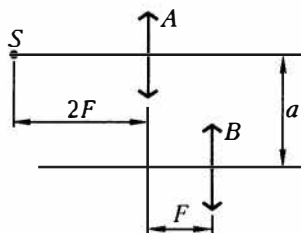


Рис. 118

118. Фокусные расстояния линз  $A$  и  $B$  одинаковы и равны  $F$ .

**333.** На непроводящем диске радиусом  $R$  закреплена по хорде проволока длиной  $l$ . Диск вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Перпендикулярно к диску направлено магнитное поле с индукцией  $B$  (рис. 119). Найдите разность потенциалов между серединой и концом проволоки.

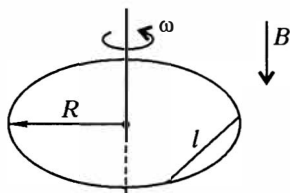


Рис. 119

**334.** Бусинка соскальзывает без трения по вертикально расположенной проволоке длиной  $l$ , которая изогнута в гармошку длиной  $l/2$  (рис. 120). Во сколько раз время соскальзывания бусинки больше времени ее падения с высоты  $l$ ? Амплитуда перегибов проволоки много меньше ее длины. Размеры бусинки пренебрежимо малы по сравнению с длиной «колена» гармошки.

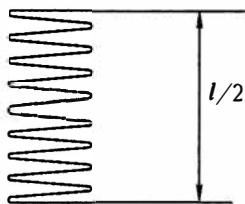


Рис. 120

**335.** Цилиндрический сосуд радиусом  $R$ , ось которого составляет угол  $\alpha$  с вертикалью, заполнен водой. В цилиндр опускают хорошо притертый поршень, материал которого пропускает воздух, но непроницаем для воды. При какой минимальной массе поршня вся его нижняя поверхность будет касаться воды?

**336.** Цилиндрическая чашка со ртутью вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\omega$ . При этом поверхность ртути образует параболическое зеркало. Определите фокусное расстояние этого зеркала.

**337.** При наблюдении в телескоп яркие звезды видны даже днем. Объясните, почему.

**338.** Два стержня из разных металлов с коэффициентами линейного расширения  $\beta_1$  и  $\beta_2$  при температуре  $0^\circ\text{C}$  имеют мало различающиеся длины  $l_1$  и  $l_2$  и поперечные сечения  $S_1$  и  $S_2$ . При каких температурах стержни будут иметь одинаковые: а) длины; б) поперечные сечения; в) объемы?

**339.** Теннисный мяч попадает на тяжелую ракетку и упруго отражается от нее. Масса мяча много меньше массы ракетки, а скорость мяча до столкновения с ракеткой равна  $v$  и составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с перпендикуляром к ракетке. С какой постоянной скоростью должна поступательно двигаться ракетка для того, чтобы мяч отразился от нее под прямым углом к направлению

первоначального движения? Как до, так и после столкновения с ракеткой мяч не вращается.

**340.** Спутник Земли массой  $m = 10$  кг, движущийся по круговой орбите в высоких слоях атмосферы, испытывает сопротивление разреженного воздуха. Сила сопротивления  $F = 5 \cdot 10^{-4}$  Н. Определите, на сколько изменится скорость спутника за один оборот вокруг Земли. Высоту полета спутника над поверхностью Земли считать малой по сравнению с радиусом Земли.

**341.** В простейшей схеме магнитного гидродинамического генератора плоский конденсатор с площадью пластин  $S$  и расстоянием между ними  $d$  помещен в поток проводящей жидкости с удельной проводимостью  $\sigma$ . Жидкость движется с постоянной скоростью  $v$  параллельно пластинам. Конденсатор находится в магнитном поле с индукцией, равной  $B$  и направленной перпендикулярно скорости жидкости и параллельно плоскости пластин. Какая мощность выделяется во внешней цепи, имеющей сопротивление  $R$ ?

**342.** Найдите заряд конденсатора емкостью  $C_2$  (рис.121), если  $C_1 = C_2 = C_3 = C$ . ЭДС источника  $\mathcal{E}$ , внутреннее сопротивление источника  $r$ , сопротивления резисторов  $R$  и  $2R$ .

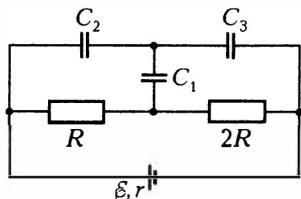


Рис. 121

**343.** Угол, под которым видно Солнце с Земли (угловой диаметр), равен  $\alpha \approx 10^{-2}$  рад. Радиус Земли  $R \approx 6400$  км. Ускорение свободного падения на Земле  $g \approx 10$  м/с<sup>2</sup>. Определите из этих данных отношение средних плотностей Земли и Солнца,

принимая во внимание, что  $1 \text{ год} \approx 3 \cdot 10^7$  с.

**344.** Заряд  $Q$  равномерно распределен по тонкому диэлектрическому кольцу, которое лежит на гладкой горизонтальной плоскости. Индукция магнитного поля, перпендикулярного плоскости кольца, меняется от 0 до  $B_0$ . Какую угловую скорость вращения приобретает при этом кольцо? Масса кольца  $m$ .

**345.** Оцените мощность двигателя, необходимую для поддержания в воздухе вертолета массой  $M = 500$  кг с лопастями длиной  $l = 3$  м. Считать, что весь воздух под вращающимися лопастями движется однородным потоком вниз.

**346.** Одна из обкладок плоского конденсатора площадью  $S$  подвешена на пружине. Другая обкладка закреплена неподвижно. Расстояние между пластинами в начальный момент равно  $l_0$ . Конденсатор на короткое время подключили к батарее, и он

зарядился до напряжения  $U$ . Какой должна быть жесткость пружины, чтобы не происходило касания пластин? Смещением пластины за время заряда можно пренебречь.

**347.** Космический корабль вращается вокруг Луны по круговой орбите радиусом  $3,4 \cdot 10^6$  м. С какой скоростью нужно выбросить из корабля выпел по касательной к траектории корабля, чтобы он упал на противоположной стороне Луны? Через какое время выпел упадет на Луну? Ускорение свободного падения тел вблизи поверхности Луны в 6 раз меньше земного, радиус Луны  $1,7 \cdot 10^6$  м.

**348.** Космический корабль подходит к Луне по параболической траектории, почти касающейся поверхности Луны. Чтобы перейти на стелющуюся круговую орбиту (т.е. круговую орбиту, очень близкую к поверхности Луны), в момент наибольшего сближения с Луной включается тормозной двигатель. Определите, на сколько изменится скорость корабля при выполнении этого маневра. Ускорение свободного падения на поверхности Луны  $g_L \approx 1,7$  м/с<sup>2</sup>, радиус Луны  $R_L \approx 1,7 \cdot 10^6$  м.

*Дополнительный вопрос.* Попробуйте оценить, какую часть первоначальной массы корабля должно составить сожженное горючее, если двигатель выбрасывает продукты сгорания с относительной скоростью  $v = 4 \cdot 10^3$  м/с.

**349.** Один киломоль идеального одноатомного газа, находящегося при нормальных условиях, переводят из состояния 1 в состояние 2 двумя способами: 1–3–2 и 1–4–2 (рис.122). Найдите отношение количеств теплоты, которые необходимо сообщить газу в этих двух процессах.

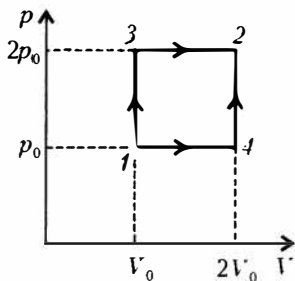


Рис. 122

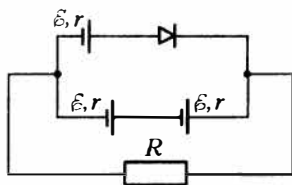


Рис. 123

**350.** Найдите зависимость падения напряжения на сопротивлении  $R$  в схеме, показанной на рисунке 123, от величины этого сопротивления. ЭДС каждого из источников  $\mathcal{E}$ , внутреннее сопротивление  $r$ . Диод считать идеальным (его сопротивление в прямом направлении равно нулю, а в обратном – бесконечно велико).

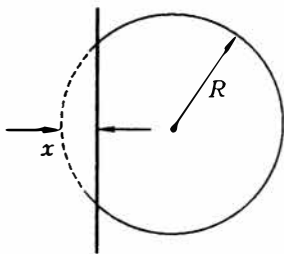


Рис. 124

Решите задачу для случая, когда масса мяча  $m = 0,5$  кг, давление  $p = 2$  атм и радиус  $R = 12,5$  см.

**352.** Для регулирования напряжения на нагрузке собрана схема, показанная на рисунке 125. Сопротивления нагрузки и регулировочного реостата равны  $R$ . Нагрузка подключена к половине реостата. Напряжение  $U_{\text{вх}}$  на входе в цепи увеличивается вдвое. Как изменить положение движка реостата для того, чтобы напряжение на нагрузке осталось прежним?

Рис. 125

**353.** Фокусное расстояние вогнутого сферического зеркала равно  $F$ . Каким оно станет, если зеркало нагреть на  $t$  градусов? Во сколько раз увеличится при этом световой поток от Солнца, который можно сфокусировать зеркалом? Коэффициент линейного расширения металла, из которого сделано зеркало, равен  $\alpha$ .

**354.** Необходимо сконструировать печь, на нагревательном элементе которой должна выделяться мощность  $2,1$  кВт. Напряжение сети  $220$  В, сопротивление подводящих проводов  $1$  Ом. Каким необходимо сделать сопротивление нагревательного элемента печи?

**355.** На  $pV$ -диаграмме (рис. 126) изображен замкнутый процесс, проведенный с одним молем газа. Участки 1-2 и 3-4 графика – прямые, проходящие через начало координат, а участки 2-3 и 4-1 – изотермы. Нарисуйте график этого процесса на  $TV$ -диаграмме. Найдите объем  $V_3$ , если известны объемы  $V_1$  и  $V_2 = V_4 = V$ .

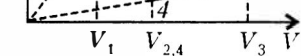


Рис. 126

**356.** С какой скоростью движется тень Луны по земной поверхности во время полного солнечного затме-

ния? Затмение наблюдается на экваторе. Для простоты считать, что земная ось перпендикулярна земной и лунной орбитам.

**357.** Кубик массой  $m$  прикреплен к двум пружинам с жесткостями  $k_1$  и  $k_2$  и длинами в недеформированном состоянии  $l_1$  и  $l_2$  соответственно. Пружины закреплены другими концами (рис. 127), так что кубик может двигаться по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения между кубиком и плоскостью  $\mu$ , расстояние между точками закрепления пружин  $L$ , размер кубика мал и им можно пренебречь. Найдите область, в которой кубик может находиться в равновесии.

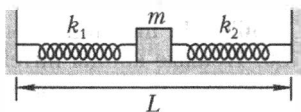


Рис. 127

**358.** Неоднородный стержень длиной  $l$  может стоять у вертикальной стены, образуя угол не менее  $45^\circ$  с полом. Коэффициент трения стержня о пол и о стену равен  $\sqrt{3}$ . На какой высоте находится центр тяжести стержня?

**359.** В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$ . При изотермическом медленном вдвигании поршня в цилиндр было отведено количество теплоты  $Q = 20$  ккал. Какая работа была совершена при этом внешними силами, действующими на поршень?

**360.** Для измерения ускорения используется изогнутая трубка, заполненная водой, в которой имеется пузырек воздуха (рис. 128). Трубка изогнута по дуге окружности. Как связано положение пузырька с ускорением трубки?



Рис. 128

**361.** Прямолинейный проводник длиной  $l$  и массой  $m$  подвешен на двух пружинах жесткостью  $k$  каждая в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$  (рис. 129). При замыкании ключа  $K$  конденсатор емкостью  $C$ , заряженный до разности потенциалов  $U$ , замыкается на проводник и разряжается. При этом возникают колебания проводника. Определите амплитуду этих колебаний, если время разряда конденсатора много меньше периода колебаний проводника.

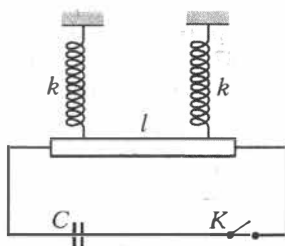


Рис. 129

**362.** Слоистый конденсатор состоит из трех металлических параллельных пластин площадью  $S$ . Простран-

ства между пластинами заполнены диэлектриками с диэлектрическими проницаемостями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  и удельными сопротивлениями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Толщины слоев диэлектриков  $d_1$  и  $d_2$ . Конденсатор находится под постоянным напряжением  $U$ . Определите заряд средней пластины при установившемся токе в цепи.

**363.** На цилиндр намотаны нити, как показано на рисунке 130. Правые концы нитей тянут со скоростью  $v_1$ , а левые – со скоростью  $v_2$ . С какой угловой скоростью вращается при этом цилиндр вокруг своей оси? Радиус цилиндра  $R$ .

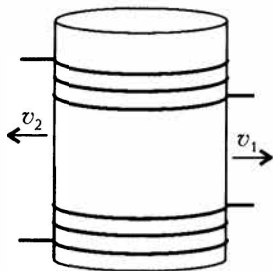


Рис. 130

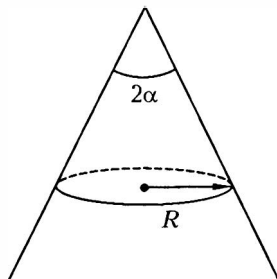


Рис. 131

**364.** Каким должен быть коэффициент трения резины о внешнюю поверхность конуса с углом при вершине  $2\alpha$ , чтобы мотоциклист мог двигаться по поверхности конуса по горизонтальной окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$  (рис.131)?

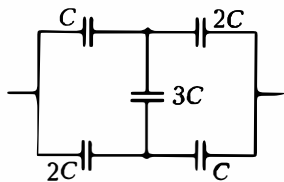


Рис. 132

**365.** Найдите емкость системы конденсаторов, соединенных так, как показано на рисунке 132.

**366.** Колба-шар емкостью 1 л была откачана и закрыта. На стенках колбы остался мономолекулярный слой воздуха. Оцените давление, которое будет в колбе, нагретой до  $300^\circ\text{C}$ , если известно, что при такой температуре стенки колбы полностью обезгаживаются.

**367.** Постройте изображение квадрата, даваемое собирающей линзой (рис.133). Середина стороны квадрата, лежащей на главной оптической оси линзы, находится от линзы на расстоянии, равном фокусному.

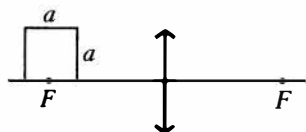


Рис. 133

**368.** Ракета массой  $m$  стартует под углом  $\alpha$  к горизонту. Двигатели ракеты работают  $t$  секунд; созда-

вая тягу  $F$  и обеспечивая прямолинейное движение ракеты. Пренебрегая изменением массы ракеты и сопротивлением воздуха, определите высоту, на которой прекращается работа двигателей.

**369.** Три одинаковых заряженных шарика скреплены непроводящими нитями, образующими прямоугольный треугольник  $BAC$  (рис. 134). Угол  $ABC$  равен  $\alpha$ , длина нити  $BC$  равна  $l$ . С какими ускорениями начнут двигаться заряды, если перерезать нить  $BC$ ? Заряд каждого шарика  $q$ , масса  $m$ .

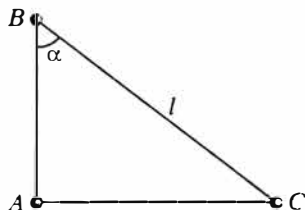


Рис. 134

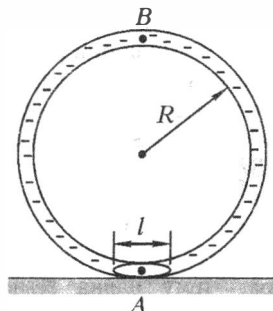


Рис. 135

**370.** Трубка, диаметр которой много меньше ее длины, свернута в кольцо радиусом  $R$ . Кольцо поставлено вертикально и заполнено жидкостью, кроме небольшого участка около точки  $A$  (рис. 135), в котором находится пузырек воздуха. Пузырек начинает всплывать. Найдите его скорость в тот момент, когда он будет проходить точку  $B$ . Длина пузырька  $l$ . Трением воды о стенки трубки пренебречь.

**371.** Пушка массой  $M = 200$  кг стреляет ядром массой  $m = 20$  кг под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Заряд пороха  $r = 0,5$  кг, его теплота сгорания  $q = 1000$  ккал/кг. В момент вылета ядра из пушки на него садится Барон Мюнхгаузен, его масса  $\mu = 70$  кг. На сколько ближе упадет ядро с Мюнхгаузеном при том же заряде пороха? На сколько нужно увеличить заряд пороха для того, чтобы Мюнхгаузен попал туда же, куда падали ядра до этого? КПД выстрела принять равным  $\eta = 10\%$ . Считать, что пушка находится на гладкой поверхности, по которой может скользить без трения.

**372.** Две тонкие положительные линзы с фокусными расстояниями  $F_1$  и  $F_2$  расположены на одной оси. С помощью этой системы линз получено изображение предмета, причем оказалось, что размер изображения не зависит от расстояния от предмета до системы линз. Найдите расстояние между линзами.



**373.** Два бильярдных шара, один из которых первоначально покоится, испытывают упругое «косое» столкновение. Линия, проходящая через центры шаров при столкновении, составляет угол  $60^\circ$  с направлением первоначального движения налетающего шара. Во время столкновения шары деформируются, и часть кинетической энергии налетающего шара переходит в потенциальную энергию упругой деформации шаров, которая при разлете шаров вновь переходит в кинетическую энергию. Определите максимальную часть энергии шаров, переходящую в энергию упругой деформации в процессе удара. Шары считать абсолютно гладкими.

**374.** На дне стакана с водой лежит несколько запаянных с одного конца и заполненных воздухом капиллярных трубок. Диаметр трубок  $0,2$  мм, высота уровня воды в стакане  $10$  см. При кипении воды у открытых концов трубок образуются пузырьки пара. Чему равна температура воды на дне стакана, если атмосферное давление  $10^5$  Н/м<sup>2</sup>? Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным  $57$  мН/м. Считать, что давление насыщенных паров воды вблизи  $100^\circ\text{C}$  возрастает на  $27$  мм рт.ст. при повышении температуры на  $1$  градус.

**375.** На горизонтальной поверхности лежат два бруска с массами  $m_1$  и  $m_2$ , соединенные недеформированной пружинкой. Какую наименьшую горизонтальную силу нужно приложить к одному из брусков, чтобы сдвинулся и второй брусок? Коэффициент трения брусков о поверхность  $\mu$ .

**376.** Песочные часы диаметром  $d$  вставлены в запаянную и заполненную водой стеклянную трубку диаметром  $D$  ( $D \approx d$ ). В начальном момент часы находятся внизу трубки (рис. 136). При переворачивании трубки часы на некоторое время остаются вверх трубки, затем медленно опускаются вниз. Найдите время, в течение которого часы находятся вверх трубки, если высота часов  $h$  ( $h \gg d$ ), их масса  $M$ , масса находящегося в часах песка  $m$  и коэффициент трения часов о стенки трубки  $\mu$ . Время пересыпания песка из верхнего в нижний отсек часов равно  $\tau$ .

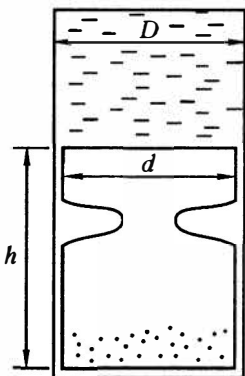


Рис. 136

**377.** Если смотреть, прищурившись, на далекие яркие лампы, то обычно вид-

ны вертикальные или слегка наклонные столбы света, идущие вниз и вверх от лампы. Объясните это явление. Придумайте и поставьте опыты для того, чтобы проверить ваше объяснение.

*Подсказка.* Поверхность роговицы не бывает сухой. Она всегда покрыта слоем слезной жидкости.

**378.** Пассажиры самолета не испытывают неприятных ощущений, если только их вес в полете не увеличивается более чем вдвое. Какое максимальное ускорение в горизонтальном полете допускает это условие?

**379.** Внешний диаметр стеклянной капиллярной трубки существенно больше диаметра канала. Показатель преломления стекла  $n = 4/3$ . Видимый через боковую поверхность трубки диаметр канала  $d = 2,66$  мм. Определите истинный диаметр канала.

**380.** Найдите период малых колебаний системы, изображенной на рисунке 137. Стержни считать невесомыми, их длины  $l_1$  и  $l_2$ , массы шаров  $m_1$  и  $m_2$ .

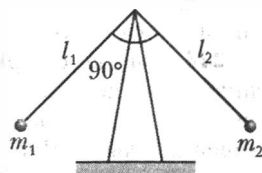


Рис. 137

**381.** В устройстве для определения изотопного состава вещества (масс-спектрографе) однозарядные ионы калия с атомными массами  $A_1 = 39$  и  $A_2 = 41$  сначала ускоряются в электрическом поле, а затем попадают в однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению их движения (рис. 138). В процессе опыта из-за несовершенства аппаратуры ускоряющий потенциал меняется около среднего значения  $u_0$  на величину  $\pm \Delta u$ . С какой относительной точностью  $\Delta u/u_0$  нужно поддерживать значение ускоряющего потенциала, чтобы пучки изотопов калия не перекрывались?

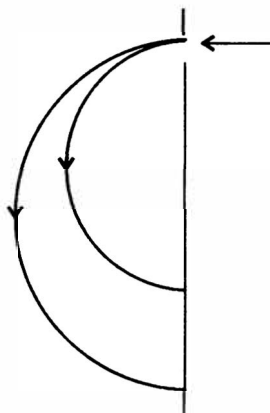


Рис. 138

**382.** Найдите радиус наибольшей капли воды, которая может испариться, не поглотив тепла извне.

**383.** Цепочка массой  $m$  и длиной  $l$  надета на гладкий круговой конус с углом при вершине  $2\alpha$ . Конус вместе с цепочкой вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с осью симметрии конуса. Плоскость цепочки горизонтальна. Найдите натяжение цепочки.

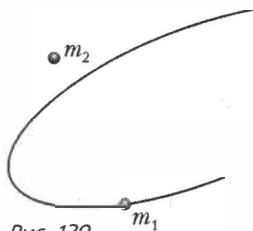


Рис. 139

**384.** Две взаимодействующие между собой частицы 1 и 2 с массами  $m_1$  и  $m_2$  соответственно образуют замкнутую систему. На рисунке 139 показана траектория частицы 1 и положение обеих частиц в момент времени, когда скорость частицы 1 равна  $v$ , а скорость частицы 2 равна  $-3v$ . Постройте траекторию частицы 2, если  $m_1/m_2 = 3$ .

**385.** Большая тонкая проводящая пластина площадью  $S$  и толщиной  $d$  помещена в однородное электрическое поле  $E$ , перпендикулярное пластине. Какое количество теплоты выделится в пластине, если поле выключить?

**386.** В вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника, катет которого равен  $a$ , расположены одинаковые металлические шарики радиусом  $r$  ( $r \ll a$ ). Шарики заряжены зарядом  $q$  каждый. Шарики 1 и 2 соединяют проводником, затем проводник убирают. Потом так же поступают с шариками 2 и 3 и, наконец, с шариками 3 и 1. Какие заряды установятся на шариках?

**387.** Два велосипедиста в цирке едут с одинаковыми линейными скоростями  $v$  по окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , центры которых находятся на расстоянии  $l$  друг от друга ( $l < (R_1 + R_2)$ ). Один из велосипедистов движется по часовой стрелке, другой – против. Найдите относительные скорости велосипедистов (в системе координат, связанной с одним из них) в тот момент, когда они оба находятся на линии, проходящей через центры окружностей, в точках: а)  $A_1$  и  $A_2$ ; б)  $A_1$  и  $B_2$ ; в)  $B_1$  и  $B_2$ ; г)  $A_2$  и  $B_1$  (рис.140).

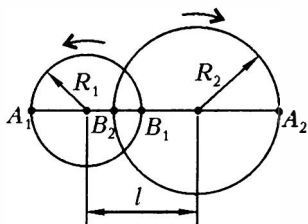


Рис. 140

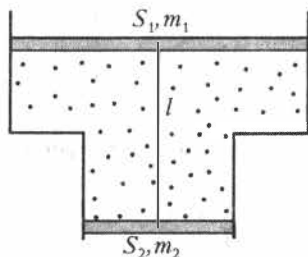


Рис. 141

**388.** В расположенном вертикально цилиндре переменного сечения (рис.141) между поршнями находится  $n$  молей воздуха. Массы поршней  $m_1$  и  $m_2$ , их площади  $S_1$  и  $S_2$  соответственно. Поршни соединены стержнем длиной  $l$  и находятся на одинаковых расстояниях от стыка частей цилиндра с различными диаметрами. На сколько сместятся поршни при повышении

температуры в цилиндре на  $\Delta t$  градусов? Атмосферное давление равно  $p_a$ .

**389.** Найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$  и точками  $A$  и  $C$  бесконечной цепочки, показанной на рисунке 142. Сопротивление проволочек между узлами схемы 1 Ом.

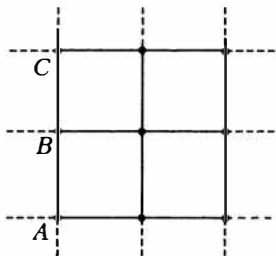


Рис. 142

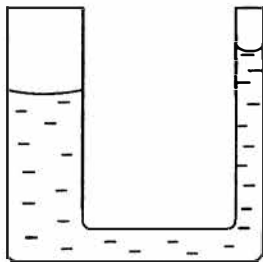


Рис. 143

**390.** Два запаянных сообщающихся сосуда цилиндрической формы разных диаметров частично заполнены водой (ртутью) (рис. 143). Воздух из сосудов откачан, так что над жидкостью имеются только ее пары. Как распределится количество жидкости в сосудах: а) на земле; б) в невесомости?

**391.** Гладкий Г-образный стержень вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через конец стержня  $O$  (рис. 144). Маленькая муфта массой  $m$  прикреплена к стержню в точке  $A$  с помощью пружины жесткостью  $k$ . Длина пружины в 1,2 раза больше ее длины в нерастянутом состоянии. С какой угловой скоростью вращается стержень?

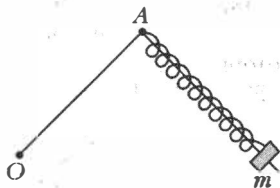


Рис. 144

**392.** Доска массой  $M$  расположена горизонтально и опирается на два вращающихся цилиндра (рис. 145). Расстояние между осями цилиндров  $l$ . Коэффициент трения между доской и цилиндрами  $\mu$ . Докажите, что если доску, находящуюся в положении равновесия, слегка толкнуть в горизонтальном направлении, то она будет совершать гармонические колебания, и найдите период этих колебаний. Каким будет движение доски, если изменить направление вращения цилиндров на противоположное?

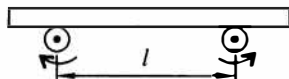


Рис. 145

**393.** Известно, что частота излучения атомов, летящих со

скоростью  $v$  в направлении наблюдателя, изменяется на величину  $\Delta f = f_0 v/c$ , где  $c$  – скорость света,  $f_0$  – частота излучения покоящегося атома (это явление называется эффектом Доплера). Вследствие этого из-за теплового движения атомов спектральные линии оказываются уширенными. Оцените температуру атомов Ne, зная, что в спектре его излучения обнаружена красная линия частотой  $f_0 = 4,8 \cdot 10^{14}$  Гц, ширина которой  $\Delta f = 1,6 \cdot 10^9$  Гц.

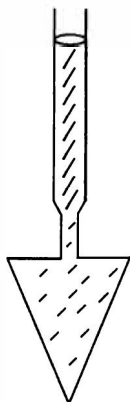


Рис. 146

**394.** Устройство ртутного медицинского термометра показано на рисунке 146. К баллончику со ртутью припаян тонкий капилляр, внизу которого имеется «перетяжка» – участок с диаметром примерно 30 микрон. Какую роль играет эта перетяжка? Оцените, какое ускорение нужно сообщить термометру для того, чтобы его «стряхнуть» после измерения температуры.

**395.** Почему измерение температуры ртутным медицинским термометром продолжается долго (около 10 мин), а «стряхнуть» термометр можно практически сразу же после измерения температуры?

**396.** В наполненный водой сосуд погружен вверх дном сосуд меньшего диаметра, неподвижно скрепленный с большим сосудом и частично заполненный водой (рис. 147). На поверхности воды внутри меньшего сосуда плавает кусок льда. Что произойдет с уровнями воды в сосудах, когда лед растает? Как изменится ответ, если меньший сосуд не скреплен с большим и плавает на поверхности воды?

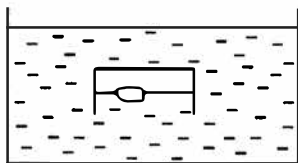


Рис. 147

**397.** Имеется следующий проект летающего аппарата. Верхняя поверхность большой плоской пластинки поддерживается при постоянной температуре  $0^\circ\text{C}$ , а нижняя – при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Изобретатель утверждает, что такая пластинка будет висеть в воздухе подобно дирижаблю. Объясните, почему. Оцените по порядку величины подъемную силу такой пластинки с площадью  $1\text{ м}^2$  при температуре воздуха  $20^\circ\text{C}$ .

**398.** При включении в сеть трехламповой люстры с двумя выключателями была допущена ошибка. В результате этого при замыкании одного из выключателей все три лампы горели неполным накалом. При замыкании другого выключателя горела нормально только одна из ламп (две другие не горели), и тот

же эффект давало замыкание обоих выключателей одновременно. При разомкнутых выключателях все три лампы не горели. Нарисуйте возможную схему выполненного монтажа, объясните наблюдаемые эффекты.

**399.** Три небольших одинаковых металлических шарика, находящихся в вакууме, размещены в вершинах равностороннего треугольника. Шарiki поочередно по одному разу соединяют с удаленным проводником, потенциал которого поддерживается постоянным. В результате на первом шарике оказывается заряд  $Q_1$ , а на втором  $Q_2$ . Определите заряд третьего шарика.

**400.** Две заряженные частицы имели первоначально одинаковые по величине и направлению скорости. После того как на некоторое время было включено однородное электростатическое поле, вектор скорости одной из частиц повернулся на  $60^\circ$ , а численное значение ее скорости уменьшилось вдвое. Вектор скорости другой частицы повернулся на  $90^\circ$ . Во сколько раз изменилось численное значение скорости второй частицы? Определите отношение заряда к массе для второй частицы, если для первой частицы оно равно  $k_1$ .

**401.** Схему, изображенную на рисунке 148 (мостик Уитстона), применяют обычно для измерения неизвестного сопротивления  $x$ . Как, используя подобную схему, измерить сопротивление самого гальванометра  $G$ , если второго гальванометра нет?

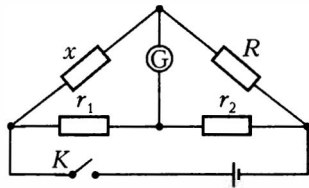


Рис. 148

**402.** Рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F = -0,6$  м расположена так, что один из ее фокусов совпадает с полюсом вогнутого зеркала. Каково фокусное расстояние зеркала, если известно, что система дает действительное изображение предмета, помещенного на любом расстоянии перед линзой? Изображение создается лучами, вторично прошедшими через линзу после отражения от зеркала.

**403.** В электрической цепи из двух одинаковых конденсаторов емкостью  $C$  каждый и катушки индуктивностью  $L$ , соединенных последовательно (рис. 149), в начальный момент один из конденсаторов имеет заряд  $q_0$ , второй не заряжен. Как будут изменяться со временем заряды конденсаторов и ток в конту-

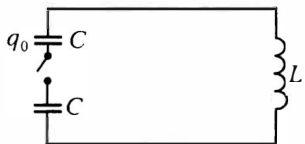


Рис. 149

ре после замыкания ключа? Предложите механическую колебательную систему, аналогичную данной электрической.

**404.** Определите КПД ракетного двигателя как тепловой машины и его силу тяги. Ракетный двигатель использует в качестве горючего водород, в качестве окислителя – жидкий кислород. Секундный расход водорода  $24 \text{ кг/с}$ . Скорость истечения газов из сопла ракеты  $4,2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ . Теплотворная способность водорода  $1,1 \cdot 10^8 \text{ Дж/кг}$ .

**405.** Однородную тонкостенную сферу радиусом  $R$  разрезали на две части и скрепили, как показано на рисунке 150. На какой высоте находится центр тяжести получившегося «бокала», если высота его ножки  $h$ ?

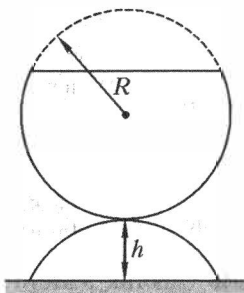


Рис. 150

часть массы спутника может составлять масса межпланетной станции? (Потенциальная энергия тела массой  $m$  в поле тяготения тела массой  $M$  равна  $U = -GmM/r$ .)

**407.** Машинист пассажирского поезда, двигавшегося со скоростью  $v_1 = 108 \text{ км/ч}$ , заметил на расстоянии  $s_0 = 180 \text{ м}$  впереди движущийся в ту же сторону со скоростью  $v_2 = 32,4 \text{ км/ч}$  товарный поезд. Машинист сразу включил тормоз, благодаря чему пассажирский поезд начал двигаться с ускорением  $a = -1,2 \text{ м/с}^2$ . Достаточно ли этого ускорения для того, чтобы поезда не столкнулись?

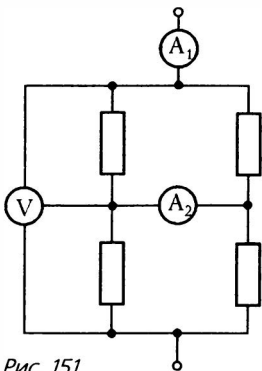


Рис. 151

**408.** Из сопротивлений  $1, 2, 3$  и  $4 \text{ Ом}$  собрана схема, показанная на рисунке 151. Какой ток течет через амперметр  $A_2$ , если ток через амперметр  $A_1$  равен  $5 \text{ А}$ , а показания вольтметра  $10 \text{ В}$ ? Измерительные приборы идеальные.

**409.** Почему с помощью линзы можно зажечь бумагу светом от Солнца, но нельзя светом от звезды?

**410.** В электровакуумном приборе чистый вольфрамовый катод находится в большой колбе, содержащей остатки кислорода при давлении  $p = 10^{-7}$  атм и температуре  $T = 300$  К. Считая, что каждая молекула, попавшая на катод, прилипает к нему, оцените время образования мономолекулярного слоя. Молекулы можно считать шариками диаметром  $d \approx 3 \cdot 10^{-8}$  см.

**411.** Одним U-образным ртутным манометром можно измерять давления до 1 атм. Какое наибольшее давление можно измерить, если соединить последовательно два таких манометра короткой трубкой?

**412.** Учитель, отвернувшись к доске, следит за классом по отражениям в стеклах очков. При этом он видит два отражения ученика, сидящего от него в 5 м: одно на расстоянии 5 м, другое — на расстоянии  $5/7$  м. Повернувшись лицом к классу, он через очки видит изображение того же ученика на расстоянии 2,5 м. Определите показатель преломления стекла, из которого изготовлены линзы очков.

**413.** Имеется идеальный запирающий слой с  $p$ - $n$ -переходом. Толщина этого слоя  $d$ , диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$ . Нарисуйте графики изменения напряженности и потенциала электрического поля в слое, полагая распределение плотности заряда в слое таким, как показано на рисунке 152.

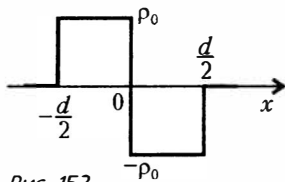


Рис. 152

**414.** Жесткость резинового жгута длиной  $l$  и массой  $m$  равна  $k$ . Кольцо, изготовленное из этого жгута, вращается с угловой скоростью  $\omega$  в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через центр кольца. Определите радиус вращающегося кольца.

**415.** Упрощенно атом гелия можно представить как систему, в которой два электрона совершают колебания около общего центра — неподвижного ядра. Используя эту модель, попробуйте оценить приближенно диэлектрическую проницаемость жидкого гелия в постоянном электрическом поле, принимая во внимание, что гелий сильно поглощает ультрафиолетовое излучение на длине волны  $\lambda = 0,06$  мкм. Плотность жидкого гелия  $\rho = 0,14$  г/см<sup>3</sup>.

**416.** Самолет, пролетев расстояние  $l_1$  по прямой  $AB$ , попадает из пункта  $A$  в пункт  $B$  за время  $t_1$ . Затем он пролетает расстояние  $l_2$  по прямой  $BC$  из пункта  $B$  в пункт  $C$  за время  $t_2$  и возвращается в пункт  $A$  по прямой  $CA$ , пролетев расстояние  $l_3$  за время  $t_3$ . Во время перелета дует ветер, скорость которого не



меняется в течение всего перелета. Определите скорость ветра, если скорость самолета относительно воздуха во время всего полета по абсолютной величине постоянна.

**417.** В теплоизолированном баллоне находятся 5 г водорода и 12 г кислорода. Смесь поджигают. Определите давление и температуру в сосуде, если известно, что при образовании 1 моля воды выделяется  $2,4 \cdot 10^5$  Дж тепла. Объем сосуда 100 л. Начальная температура смеси  $20^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость водорода при постоянном объеме  $14,3 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , а удельная теплоемкость водяных паров  $2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ .

**418.** Сложенные вместе смоченные оконные стекла практически невозможно отделить друг от друга, пытаясь оторвать одно стекло от другого. Почему?

**419.** В некоторой галактике обнаружена система планет, аналогичная нашей Солнечной системе. Средние плотности планет и Солнца в этой системе в два раза меньше средних плотностей планет и Солнца в нашей системе, а все линейные размеры в три раза меньше соответствующих размеров в нашей системе. Сколько земных суток длится год на обнаруженном аналоге Земли?

**420.** На кронштейне *ЕАСВО* из шести невесомых жестких стержней одинаковой длины, соединенных шарнирно (рис.153), в точке *С* подвешен груз массой *m*. Растянут или сжат стержень *AB*? Найдите силу упругости в этом стержне.

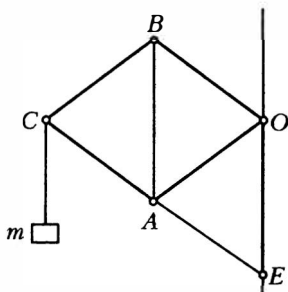


Рис. 153

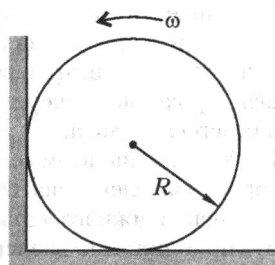


Рис. 154

**421.** Тонкостенный цилиндр радиусом *R* раскрутили до угловой скорости  $\omega$  и поставили в угол (рис.154). Коэффициент трения скольжения между стенками угла и цилиндром  $\mu$ . Определите, сколько оборотов сделает цилиндр до остановки.

**422.** Половина сферического конденсатора заполнена диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (рис.155).

Найдите отношение плотностей зарядов на верхней и нижней половинах конденсатора и его емкость.

**423.** Масса воздушного шара вместе с волочащимся за ним по земле канатом равна  $M$ . Действующая на шар архимедова выталкивающая сила равна  $F$ , коэффициент трения каната о землю  $\mu$ . Сила сопротивления воздуха, действующая на воздушный шар, пропорциональна скорости шара относительно воздуха:  $F_c = \alpha v$ . Найдите скорость шара относительно земли, если дует горизонтальный ветер со скоростью  $u$ .

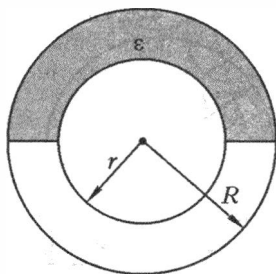


Рис. 155

**424.** Для того чтобы лампочку, рассчитанную на напряжение сети 110 В, включить в сеть с напряжением 220 В, можно воспользоваться реостатом, который включен по схеме *a* или *б* (рис. 156). Найдите КПД каждой из схем. Сопротивление лампочки 1000 Ом, а сопротивление реостата 2000 Ом.

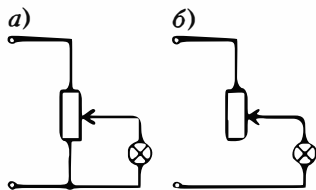


Рис. 156

**425.** В пространство между пластинами незаряженного плоского конденсатора вносится металлическая пластина, имеющая заряд  $Q$ . Между пластиной и обкладками конденсатора при этом остаются зазоры  $l_1$  и  $l_2$ . Площади всех пластин одинаковы и равны  $S$ . Определите разность потенциалов между обкладками конденсатора.

**426.** В дымовой завесе из непрозрачных частиц радиусом  $r_1 = 5$  мкм при содержании массы вещества  $m = 0,04$  г в кубометре воздуха дальность видимости составляет  $l_1 = 50$  м. Сколько вещества в кубометре воздуха распыляется другим источником завесы, который создает частицы радиусом  $r_2 = 10$  мкм, если видимость сокращается до  $l_2 = 20$  м?

**427.** Две катушки с числами витков  $n_1 = 125$  и  $n_2 = 1000$  намотаны на тороидальный ферромагнитный сердечник диаметром  $d = 5$  см и площадью поперечного сечения  $S = 1$  см<sup>2</sup>. По первой катушке течет постоянный ток 1 А, вторая катушка подключена к гальванометру. При размыкании цепи первой катушки через гальванометр проходит заряд  $10^{-3}$  Кл. Полное сопротивление цепи второй катушки 100 Ом. Определите магнитную проницаемость материала, из которого сделан сердечник.

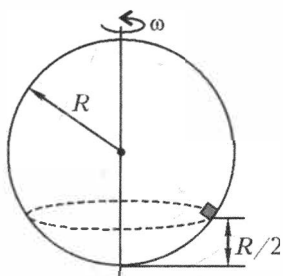


Рис. 157

**428.** Сфера радиусом  $R = 0,5$  м вращается вокруг ее вертикального диаметра с постоянной угловой скоростью  $\omega = 5$  рад/с (рис. 157). Вместе со сферой на ее внутренней поверхности вращается небольшое тело, находящееся на высоте, равной половине радиуса. 1) Определите минимальное значение коэффициента трения, при котором это состояние возможно. 2) Определите минимальное значение

коэффициента трения, если угловая скорость сферы равна 8 рад/с. 3) Исследуйте устойчивость состояний в случае выше найденных значений коэффициента трения при: а) малых изменениях положения тела; б) малых изменениях угловой скорости сферы.

**429.** Стенки цилиндра, поршень и внутренняя перегородка изготовлены из теплоизоляционного материала (рис. 158). Клапан

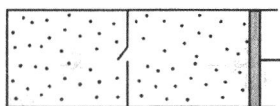


Рис. 158

в перегородке открывается в том случае, если давление справа больше давления слева. В начальном состоянии в левой части цилиндра длиной 11,2 дм находится 12 г гелия, в правой части, имеющей ту же длину, находится

2 г гелия, температура с обеих сторон  $0^\circ\text{C}$ . Внешнее давление  $10^5$  Н/м<sup>2</sup>. Удельная теплоемкость гелия при постоянном объеме  $c_V = 3,15 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К), а при постоянном давлении  $c_p = 5,25 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К). Медленно передвигаем поршень по направлению к перегородке (с небольшой остановкой в момент открытия клапана) и осторожно доводим поршень до перегородки. Чему равна произведенная при этом работа? Площадь поршня 1 дм<sup>2</sup>.

**430.** На рисунке 159 показана простейшая схема выпрямителя. Диод считается идеальным: его сопротивление в прямом

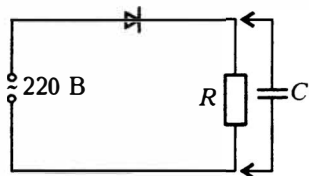


Рис. 159

направлении равно нулю, в обратном бесконечно велико. Во сколько раз изменится мощность, выделяемая на сопротивлении  $R$ , при подсоединении параллельно ему конденсатора такой емкости  $C$ , что за период колебаний напряжения сети ( $U = 220$  В,  $f =$

= 50 Гц) заряд конденсатора практически не меняется?

**431.** В дифференциальном ворота, схематически изображенном на рисунке 160, используется цепь, каждый метр которой содержит  $N$  звеньев. Шкивы верхнего блока снабжены зубцами, которые продеваются в звенья цепи, причем шкив большего диаметра имеет  $n$  зубцов, а шкив меньшего диаметра имеет  $n - 1$  зубцов. Трение в системе таково, что силы, необходимые для подъема или опускания груза, отличаются в  $k$  раз. Предполагая, что трение от направления движения не зависит, найдите эти силы.

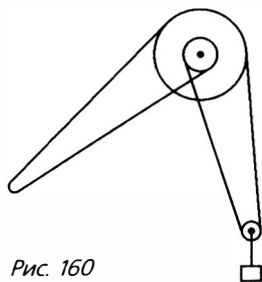


Рис. 160

**432.** В стеклянном шаре имеется воздушный сферический пузырек. Необходимо найти способы измерения диаметра этого пузырька. Шар должен остаться целым. Способы должны быть описаны как можно точнее.

### 1977 год

**433.** Две одинаковые плосковыпуклые линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см каждая расположены на расстоянии 30 см друг от друга. Оптические оси линз совпадают, линзы обращены друг к другу плоскими сторонами. Где будет находиться изображение источника, расположенного на расстоянии 40 см от первой линзы, если пространство между линзами заполнить стеклом с показателем преломления  $n = 1,5$  таким же, как у линз?

**434.** Какое количество теплоты выделится на сопротивлении  $R$  при установлении равновесия после замыкания ключа  $K$  (рис.161), если конденсатор был предварительно заряжен до разности потенциалов  $2U$ ? ЭДС источника  $U$ , емкость конденсатора  $C$ . Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало.

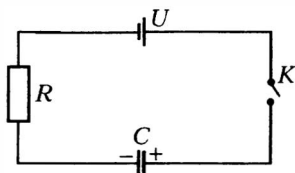


Рис. 161

**435.** В установке, показанной на рисунке 162, муфта  $M$  прикреплена к двум одинаковым пружинам, жесткости которых  $k = 10$  Н/м. Муфта без трения может скользить по горизонтальному стержню  $AB$ . Установка вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega = 4,4$  рад/с вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Найдите период малых колебаний муфты.

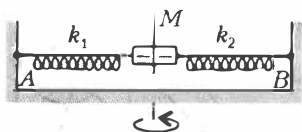


Рис. 162

равна  $2 \text{ кг/м}^3$ . Сколько атомов гелия содержится в  $1 \text{ см}^3$  газовой смеси?

**437.** Проволочная рамка, имеющая форму прямоугольного треугольника с углом  $\alpha = 30^\circ$ , помещена в вертикальной плоскости так, как показано на рисунке 163. По проволоке могут без трения скользить связанные друг с другом нитью два грузика массами

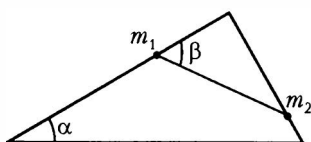


Рис. 163

**438.** Однородная палочка лежит внутри шероховатой сферической полости. Длина палочки равна радиусу сферы. Коэффициент трения  $\mu$ . Какой наибольший угол с горизонтом может составлять палочка?

**439.** Неоновая лампа (нл) загорается, когда напряжение в ней достигает значения  $U_1$ . При этом сопротивление лампы становится пренебрежимо малым. Когда напряжение на лампе падает до значения  $U_2$ , лампа гаснет, и ее сопротивление становится бесконечно большим. Эту лампу включили в цепь, как показано на рисунке 164.

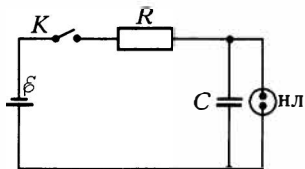


Рис. 164

Считая  $\epsilon \gg U_1 > U_2$ , постройте примерный график зависимости напряжения на конденсаторе от времени после замыкания ключа  $K$ .

**440.** Оцените приблизительно, при каком минимальном радиусе планеты она сможет удерживать атмосферу, состоящую в основном из кислорода и азота, если температура поверхности планеты  $T = 300 \text{ К}$ . Среднюю плотность вещества планеты принять равной  $\rho = 4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**441.** Между пластинами замкнутого плоского конденсатора находится точечный заряд  $q$ . Площадь пластин бесконечно велика, расстояние между ними равно  $d$ . Первоначально заряд находится на расстоянии  $(1/3)d$  от левой пластины. Какой заряд пройдет по проводнику, замыкающему пластины конден-

Масса муфты  $m = 0,2 \text{ кг}$ . При каком значении  $\omega$  колебаний муфты не будет?

**436.** Плотность газа, состоящего из смеси гелия и аргона, при давлении  $152 \text{ кН/м}^2$  и температуре  $27^\circ\text{C}$

равно  $2 \text{ кг/м}^3$ . Сколько атомов гелия содержится в  $1 \text{ см}^3$  газовой смеси?

сатора, при перемещении заряда  $q$  в новое положение, при котором он будет находиться на расстоянии  $(1/3)d$  от правой пластины?

**442.** Шарыками массами 1, 2, 3 и 4 кг соединены легкими стержнями длиной 1 м каждый. Стержни скреплены так, что они образуют крест (рис. 165). Система может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости рисунка. Найдите амплитуду колебаний системы, если в начальный момент стержень, соединяющий грузы массами  $m_2 = 2$  кг и  $m_4 = 4$  кг, был вертикален и шары были неподвижны.

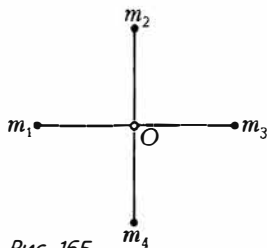


Рис. 165

**443.** Как известно, земной шар делает полный оборот вокруг своей оси за 23 ч 56 мин 04 с. Следовательно, за сутки все часы, циферблат которых разделен на 24 часа, должны отставать почти на 4 мин. Это составляет почти полчаса в неделю. Почему же мы не замечаем этого отставания и не подводим непрерывно все часы?

**444.** Тяжелый ящик массой  $M$  скатывается по роликам, образующим наклонную плоскость (рис. 166). Расстояние между роликами  $l$ , их радиусы  $r$  и массы  $m$ . Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha$ . Найдите скорость движения ящика, если известно, что она постоянная. Считать, что ролики полые и толщина их стенок  $d \ll r$ .

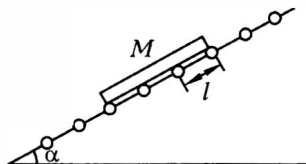


Рис. 166

**445.** Конденсатор емкостью  $C = 0,04$  мкФ с помощью ключа  $K$  периодически с частотой 50 раз в секунду заряжается от источника с ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В и внутренним сопротивлением  $r = 5$  Ом и разряжается через нагрузку сопротивлением  $R = 1$  кОм (рис. 167). Определите мощность, выделяемую в нагрузку, и КПД такого устройства. Считать, что время замыкания контактов ключа достаточно, чтобы конденсатор успел полностью зарядиться (положение I) и полностью разрядиться (положение II).

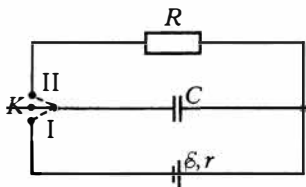


Рис. 167

**446.** На шероховатой ленте транспортера лежит тело массой  $M$ , прикрепленное к стене пружиной жесткостью  $k$  (рис. 168). Ленту приводят в движение с постоян-

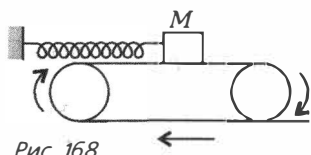


Рис. 168

ной скоростью  $v$ , и через некоторое время устанавливается периодическое движение тела. Нарисуйте график зависимости смещения тела, его скорости и ускорения от времени при этом движении.

**447.** Вдоль оси, проходящей через центр двух жестко связанных концентрических цилиндров (рис. 169), натянута платиновая проволочка, покрытая слоем серебра.

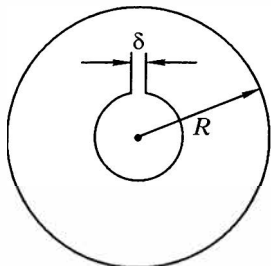


Рис. 169

При прохождении тока по проволочке она нагревается, и слой серебра испаряется. Через узкую прорезь во внутреннем цилиндре часть атомов серебра пролетает во внешний цилиндр и осаждается на его внутренней поверхности. Радиус внешнего цилиндра  $R = 30$  см, радиус внутреннего цилиндра пренебрежимо мал по сравнению с  $R$ , ширина щели в маленьком цилиндре  $\delta = 1$  мм. Температура паров серебра  $T = 1000$  К, плотность паров  $\rho = 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>. Цилиндры вращаются, делая 10 оборотов в секунду. Найдите распределение поверхностной плотности серебра в слое, осаждающемся на внутренней поверхности большого цилиндра за время  $t = 1$  с.

**448.** Почему бревна, плывущие по реке, ориентированы всегда по течению, а не поперек его?

**449.** Продолжительность контакта двух соударяющихся шаров можно определить, измеряя уменьшение заряда конденсатора при мгновенном замыкании присоединенного к нему сопротивления, соединенного с шарами. Какие меры предосторожности необходимо предусмотреть при выполнении этого опыта? Пусть емкость конденсатора  $C = 0,1$  мкФ, сопротивление  $R = 10000$  Ом, отброс гальванометра после мгновенной утечки 10,11 см, без утечки 11,94 см. Найдите время столкновения шаров.

**450.** Ядро массой  $m$ , летящее со скоростью  $v_0$ , распадается на лету на два одинаковых осколка. Определите максимально возможный угол между вектором скорости одного из осколков и вектором  $\vec{v}_0$ , если при распаде покоящегося ядра осколки имеют скорость  $v < v_0$ .

**451.** Нарисуйте примерный график зависимости тока через сопротивление  $R$  от положения движка (рис. 170). При каком значении  $y = x/l$  этот ток максимален?

**452.** Для чего делают рессоры у автомобиля?

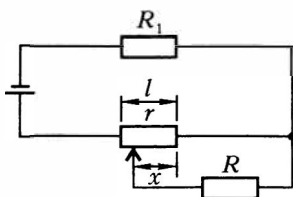


Рис. 170

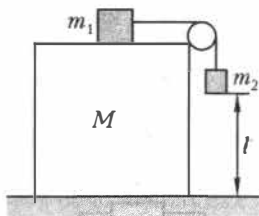


Рис. 171

**453.** Система грузов, показанная на рисунке 171, стоит на гладком горизонтальном столе. Массы кубиков  $m_1$ ,  $m_2$  и  $M$ . Кубик массой  $m_2$  удерживают на высоте  $l$  над столом. Если систему предоставить самой себе, то она придет в движение, причем верхний кубик будет скользить по нижнему. Коэффициент трения между кубиками  $\mu$ . На какое расстояние переместится нижний кубик к тому моменту, когда кубик массой  $m_2$  коснется стола?

**454.** Если на первичную обмотку ненагруженного трансформатора подать напряжение  $U_0 = 220$  В, то напряжение на вторичной обмотке будет  $U_1 = 127$  В. Какое напряжение будет при  $U_0 = 220$  В на нагрузке сопротивлением  $R = 10$  Ом, подключенной ко вторичной обмотке этого трансформатора? Активное сопротивление первичной обмотки трансформатора  $r_1 = 2$  Ом, а вторичной  $r_2 = 1$  Ом. Внутреннее сопротивление генератора тока принять равным нулю.

**455.** Потери мощности в линии электропередач составляют 5% от мощности, получаемой потребителем. Как нужно изменить напряжение на входе линии и сопротивление потребителя для того, чтобы при той же мощности, получаемой потребителем, потери в линии снизить до 1%?

**456.** Какую минимальную скорость нужно сообщить на Земле космическому кораблю для того, чтобы он попал на Солнце? Каким будет время полета корабля к Солнцу?

**457.** Два плоских воздушных конденсатора с одинаковыми обкладками заряжены до одинаковых зарядов. Расстояние между обкладками у первого конденсатора вдвое больше, чем у второго. Как изменится энергия электрического поля системы, если второй конденсатор вставить между обкладками первого так, как показано на рисунке 172, а и б?

**458.** Мальчик плывет со скоростью, в два раза меньшей скорости

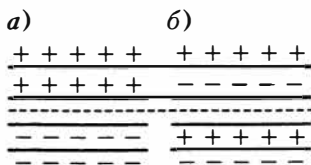


Рис. 172



течения реки. В каком направлении он должен плыть к другому берегу, чтобы его снесло течением как можно меньше?

**459.** Электроплитка содержит три спирали сопротивлением  $R = 120$  Ом каждая, соединенные параллельно друг с другом. Плитка включается в сеть последовательно с резистором сопро-

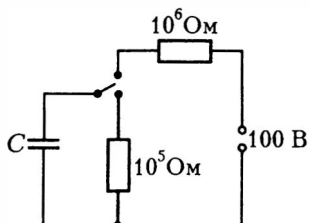


Рис. 173

тивлением  $r = 50$  Ом. Как изменится время, необходимое для нагревания на этой плитке чайника с водой до кипения, при перегорании одной из спиралей?

**460.** В схеме, изображенной на рисунке 173, переключатель все время переключается из верхнего положения в нижнее и обратно. В верхнем положении он задерживается на время  $\tau_1 = 2 \cdot 10^{-3}$  с, в нижнем – на время  $\tau_2 = 10^{-3}$  с. Найдите мощность, потребляемую от источника, через очень большой промежуток времени после начала работы переключателя. Емкость конденсатора такова, что за время  $\tau_2$  он не успевает разрядиться сколько-нибудь существенно.

**461.** Каждый квадратный метр поверхности тела, нагретого до температуры  $T$ , излучает за единицу времени энергию  $E = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$  Вт/м<sup>2</sup>. На каком расстоянии от Солнца железные пылинки превратятся в капли, если плотность потока солнечного излучения (энергия, проходящая за единицу времени через единицу площади) на орбите Земли  $W = 1400$  Вт/м<sup>2</sup>? Температура плавления железа 1535 К, расстояние от Земли до Солнца  $150 \cdot 10^9$  м.

**462.** Если терморегулятор электрического утюга поставлен в положение «капрон», то утюг периодически включается на 10 с и выключается на 40 с. Поверхность утюга при этом нагревается до температуры 100 °С. Если терморегулятор поставить в положение «хлопок», то утюг автоматически включается на 20 с и выключается на 30 с. Определите установившуюся температуру поверхности утюга в этом положении терморегулятора. Найдите, до какой температуры нагревается включенный утюг, если терморегулятор выйдет из строя. Считать, что теплоотдача пропорциона разности температур утюга и окружающего воздуха. Температура в комнате 20 °С.

**463.** Две льдины движутся поступательно с одинаковыми по абсолютному значению скоростями: одна на север, другая на запад. Оказалось, что в любой момент времени на обеих льдинах

можно так расположить часы, что скорости концов секундных стрелок относительно Земли будут равными, причем для каждого момента времени такое расположение единственно. Определите, на какое расстояние перемещаются льдины за сутки, если длина каждой секундной стрелки 1 см. Циферблаты часов расположены горизонтально.

**464.** На рисунке 174 изображены два замкнутых цикла:  $ABBA$  и  $ABGA$ . Оба цикла проведены с идеальным одноатомным газом. 1) Укажите, на каких участках циклов газ получает и на каких участках отдает тепло. 2) У какого из циклов коэффициент полезного действия выше? Во сколько раз?

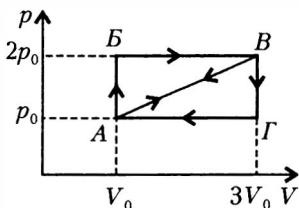


Рис. 174



Рис. 175

**465.** В высоковольтном электростатическом генераторе заряды переносятся диэлектрической лентой и заряжают высоковольтный сферический электрод радиусом  $R = 1,5$  м (рис.175). Оцените максимальные значения напряжения и тока, которые можно получить от такого генератора, если скорость ленты  $v = 20$  м/с, а ее ширина  $l = 1$  м. Пробой в воздухе возникает при напряженности электростатического поля  $E_0 = 30$  кВ/см.

**466.** Рисунок 176 сделан с фотографии треков частиц в камере Вильсона. Распады ядер газа, наполняющего камеру Вильсона, вызваны в данном случае действием на них быстрых нейтронов. Камера Вильсона была заполнена смесью водорода ( $H_2$ ), паров спирта ( $C_2H_5OH$ ) и воды ( $H_2O$ ) и помещена в магнитное поле с индукцией 1,3 Тл. Вектор магнитной индукции направлен перпендикулярно плоскости рисунка. 1) Определите энергию протона, появившегося в точке А. Траектория этого протона – кривая  $AA'$ . Почему меняется кривизна траектории протона? Определите энергию протона в точке С его траектории. Масса протона  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг. 2) Определите, ядро какого элемента распалось в точке А,

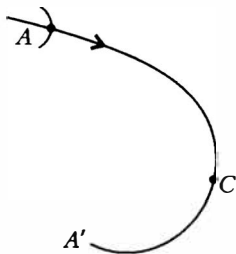


Рис. 176

если треки частиц, начинающиеся в этой точке, идентифицированы как следы двух протонов и двух  $\alpha$ -частиц.

**467.** Луна одновременно фотографируется с одной и той же стороны с Земли и со спутника Луны. Орбита спутника круговая. Диаметр изображения Луны на фотографии, полученной на Земле, равен 4 мм, а на спутнике Луны – 250 мм. Найдите период обращения спутника Луны по его орбите, если оба снимка сделаны с помощью одинаковых объективов с фокусным расстоянием 500 мм. Принять, что ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле, и расстояние от Земли до Луны 380000 км.

**468.** Действующая модель подъемного крана способна поднимать 10 бетонных плит без обрыва троса. Сколько плит поднимает реальный кран, изготовленный из тех же материалов, если линейные размеры крана, троса и плит в 12 раз больше, чем в модели?

**469.** Рисунок 177 сделан со стробоскопической фотографии кубика, движущегося вдоль наклонной плоскости. Промежутки времени между последовательными вспышками лампы равны 0,1 с. Определите коэффициент трения кубика о плоскость.

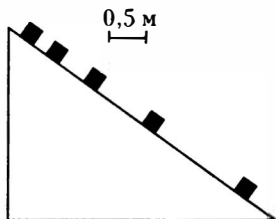


Рис. 177

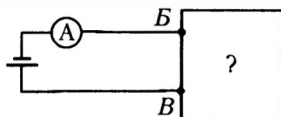


Рис. 178

**470.** При подключении гальванического элемента напряжением 1,5 В к зажимам В и В амперметр показал ток 1 А (рис. 178). Когда полярность элемента изменили на противоположную, ток упал в два раза. Какая электрическая цепь находится внутри коробки?

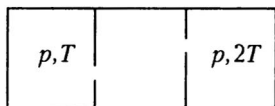


Рис. 179

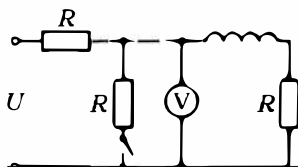


Рис. 180

**471.** Теплоизолированная полость небольшими одинаковыми отверстиями соединена с двумя объемами, содержащими газообразный гелий (рис.179). Давление гелия в этих объемах поддерживается постоянным и равным  $p$ , а температуры поддерживаются равными  $T$  в одном из объемов и  $2T$  в другом. Най-

дите установившиеся давление и температуру внутри полости.

**472.** Нарисуйте примерный график зависимости от времени показаний вольтметра после размыкания ключа  $K$  (рис.180). Вольтметр и катушка индуктивности идеальные,  $R = 100 \text{ Ом}$ ,  $U = 300 \text{ В}$ .

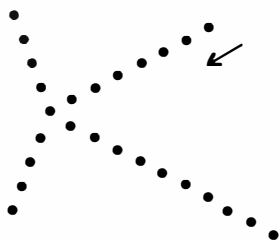


Рис. 181

**473.** Рисунок 181 сделан со стробоскопической фотографии движения двух сталкивающихся шаров одинаковых диаметров, но разных масс. Стрелкой на рисунке показано направление движения одного из шаров до столкновения. 1) Определите отношение масс шаров. 2) Укажите, в каком направлении двигался до столкновения второй шар.

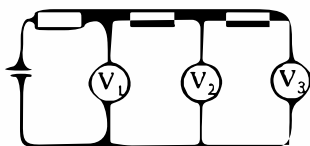


Рис. 182

**474.** Цепь, показанная на рисунке 182, собрана из одинаковых вольтметров. Первый вольтметр показывает  $U_1 = 10 \text{ В}$ , а третий —  $U_3 = 8 \text{ В}$ . Каково показание второго вольтметра?

**475.** На рисунке 183,а приведена вольт-амперная характеристика лампочки от карманного фонаря. Лампочка включена в

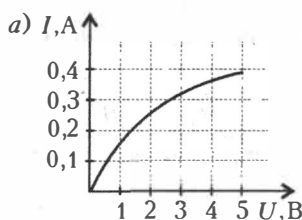
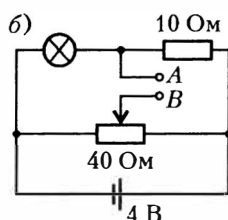


Рис. 183



схему, показанную на рисунке 183,б. 1) Найдите графически ток в лампочке. 2) При каком положении движка потенциометра напряжение между точками  $A$  и  $B$  равно нулю? 3) При каком положении движка потенциометра напряжение между точками  $A$  и  $B$  почти не будет меняться при небольших изменениях ЭДС батареи? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

**476.** Природный уран состоит из смеси двух изотопов с относительными атомными массами 235 и 238 и отношением концентраций  $7 : 1000$ . Для увеличения концентрации  $^{235}\text{U}$ , который применяется в атомных реакторах, используется истечение газообразного соединения  $\text{UF}_6$  (шестифтористый уран) в

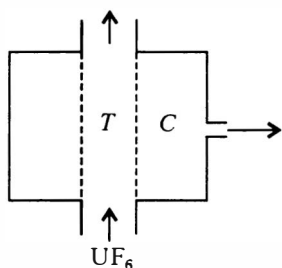


Рис. 184

вакуум через маленькие отверстия. Газ пропускается через трубу  $T$  с пористыми стенками (рис.184). Прошедший через стенки трубы газ откачивается из сосуда  $C$ . Оцените отношение концентраций  $^{235}\text{UF}_6$  и  $^{238}\text{UF}_6$  в откачиваемом газе. Относительная атомная масса фтора равна 19.

**477.** Резиновое кольцо массой  $M$  лежит на гладкой горизонтальной плоскости. Кольцо немного растягивают так, что оно сохраняет форму окружности и центр его остается неподвижным. После этого кольцо отпускают. Опишите дальнейшее поведение кольца. Упругость резинового жгута  $k$ .

**478.** На кубик, лежащий на гладкой горизонтальной поверхности, налетает точно такой же кубик, причем кубики сталкиваются своими параллельными гранями. Скорость налетающего кубика до столкновения была направлена под углом  $\alpha$  к боковым граням (рис.185). Как будут двигаться кубики после столкновения, если коэффициент трения между гранями кубиков  $\mu$ ?

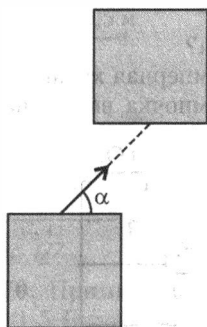


Рис. 185

**479.** Для определения неизвестного объема  $V_1$  баллона I собирают схему, приведенную на рисунке 186. Объем бал-

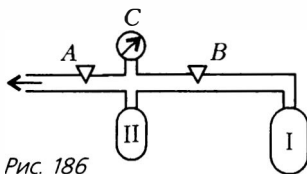


Рис. 186

лона II равен  $V_2$  и  $V_2 \ll V_1$ . Сначала систему откачивают до давления  $p_0$ , близкого к нулю. Затем закрывают кран  $B$  и заполняют баллон I газом до давления  $p_a$ . После этого закрывают кран  $A$ , открывают кран  $B$  и измеряют установившееся в системе давление  $p_1$  манометром  $C$ . Затем при закрытом кране  $B$  вновь наполняют баллон I газом до давления  $p_a$ , открывают кран  $B$  и измеряют установившееся в системе давление  $p_2$ . Эту операцию повторяют  $n$  раз. Покажите, что отношение  $\frac{p_n - p_0}{np_a}$  есть величина постоянная и равная  $\frac{V_2}{V_1 + V_2}$ .

**480.** Корабль приводится в движение водометным двигателем, выбрасывающим с кормы струю воды со скоростью  $u$ . Ежесекундно выбрасывается масса воды  $\mu$ , которая берется из реки. При каком значении скорости корабля КПД двигателя максимален? Силой трения и сопротивлением воды пренебречь.

**481.** В старой аккумуляторной батарее, состоящей из  $n$  последовательно соединенных аккумуляторов, резко возросло внутреннее сопротивление одного из аккумуляторов и стало равным  $10r$ , где  $r$  – внутреннее сопротивление нормального аккумулятора. Считая ЭДС всех аккумуляторов одинаковыми, определите, при каких сопротивлениях нагрузки мощность, выделяемая на нагрузке, не изменится при коротком замыкании поврежденного аккумулятора.

**482.** Капля воды равномерно падает в воздухе. На сколько отличается радиус кривизны поверхности капли в ее верхней точке от радиуса кривизны в нижней точке, если расстояние между этими точками  $d = 2 \cdot 10^{-3}$  м? Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma = 7 \cdot 10^{-2}$  Н/м.

**483.** С каким горизонтальным ускорением должен двигаться клин с углом  $\alpha$  (рис.187), чтобы лежащий на нем груз поднимался вверх, если коэффициент трения между грузом и клином  $\mu$ ?

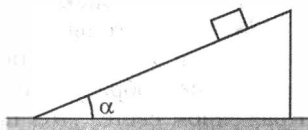


Рис. 187

**484.** Внутри шара радиусом  $R_0$ , равномерно заряженного с объемной плотностью  $\rho$ , находится заземленная металлическая сфера радиусом  $r$  (рис.188). Найдите зависимость потенциала электростатического поля этой системы от расстояния до центра сферы.

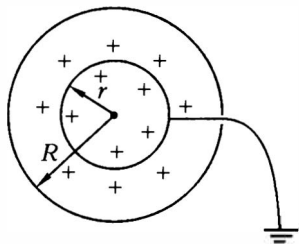


Рис. 188

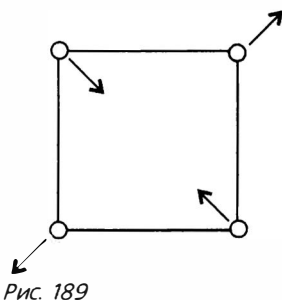


Рис. 189

**485.** Чему равен период малых колебаний четырех одинаково заряженных тел, связанных одинаковыми нитями длиной  $l$  так, как показано на рисунке 189? На рисунке стрелками указаны направления движения тел при колебаниях в один и тот же

момент времени. Масса и заряд каждого тела равны  $m$  и  $q$  соответственно.

**486.** На рисунке 190 изображена схема масс-спектрометра. В ионизаторе  $A$  образуются ионы, которые ускоряются напряжением  $U = 10$  кВ и входят через щель  $C$  в магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. После поворота ионы попадают на фотографическую пластинку  $D$  и вызывают ее почернение. На каком расстоянии друг от друга будут находиться на фотопластинке полосы ионов  $H^+$ ,  ${}^2H^+$ ,  ${}^3H^+$ ,  $He^+$ ?

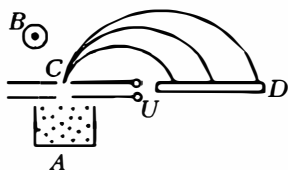


Рис. 190

Какова должна быть ширина щели, чтобы разделились полосы ионов  ${}^{16}O$  и  ${}^{15}N$ ?

**487.** Жука фотографируют в двух масштабах: с расстояния  $l_1 = 3F$ , где  $F$  – фокусное расстояние объектива, и с расстояния  $l_2 = 5F$ . Во сколько раз надо изменить диаметр диафрагмы объектива, чтобы освещенность изображения на пленке в обоих случаях была одной и той же? Считать, что диаметр объектива в обоих случаях много меньше  $F$ .

**488.** Прямоугольная проволочная рамка с размерами сторон  $a = 0,02$  м и  $b = 0,03$  м погружается в мыльную воду, благодаря чему на ней образуется мыльная пленка. При наблюдении в отраженном свете, угол падения которого  $\alpha = 30^\circ$ , пленка кажется зеленой ( $\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$  м). 1) Можно ли определить массу этой пленки с помощью весов, точность которых 0,1 мг? Плотность мыльного раствора  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, показатель преломления пленки  $n = 1,33$ . 2) Какого цвета будет казаться самая тонкая из пленок, удовлетворяющих условию задачи, если свет будет падать на нее и затем отражаться перпендикулярно пленке?

*Указание.* Учесть, что при отражении света от более плотной среды фаза волны скачком меняется на  $\pi$ .

**489.** Электроны ускоряются в электронной пушке электростатическим полем, проходя промежуток, напряжение на котором  $U = 10^3$  В. Вылетев из пушки в точке  $T$ , электроны

движутся затем по прямой  $TT'$  (рис.191). В точке  $M$  на расстоянии  $a = 5$  см от точки  $T$  находится мишень, причем прямая  $TM$  образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с прямой  $TT'$ . 1) Какой должна быть индукция однородного магнитного поля, перпендикулярного плоско-

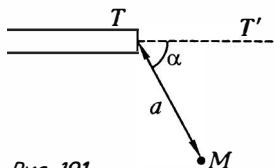


Рис. 191

сти рисунка, чтобы электроны, вылетевшие из пушки, попадали в мишень? 2) Какой должна быть индукция однородного магнитного поля, параллельного прямой  $MT$ , чтобы электроны попадали в мишень? Считать, что магнитная индукция в обоих случаях не превышает  $0,03$  Тл.

**490.** При прохождении потока нейтронов через пластинку кадмия толщиной  $1$  мм количество частиц в пучке уменьшается на  $15\%$ , а их скорость не изменяется. Какая доля потока нейтронов проходит через пластинку из кадмия толщиной  $10$  мм?

**491.** Большая тонкая проводящая пластина площадью  $S$  и толщиной  $d$  помещена в однородное электрическое поле  $E$ , перпендикулярное пластине. Какое количество теплоты выделится в пластине, если выключить поле?

**492.** На шероховатой плоскости лежат два круглых цилиндра диаметрами  $D$  и  $d$  (рис.192). Вокруг большого цилиндра обмотан шнур, к концу которого приложена горизонтальная сила  $F$ . Определите, при каком, одинаковом для всех соприкасающихся поверхностей, коэффициенте трения большой цилиндр может быть перетасчен через малый. Каким должно быть абсолютное значение силы  $F$  для того, чтобы это можно было сделать? Массы цилиндров равны  $M$  и  $m$  соответственно.

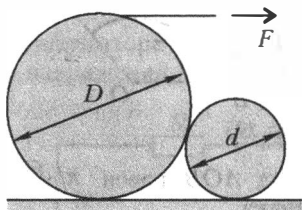


Рис. 192

### 1978 год

**493.** Какое влияние оказывает Луна на траекторию движения Земли вокруг Солнца?

**494.** В схеме, изображенной на рисунке 193,  $R_2 = 90$  Ом,  $R_3 = 300$  Ом,  $R_4 = 60$  Ом и  $L_2 = 90$  Гн. Каковы значения  $R_1$  и  $L_1$ , если через гальванометр  $G$  ток не идет независимо от того, подключен к клеммам  $a$  и  $b$  источник постоянного или переменного тока?

**495.** Три несмешивающиеся жидкости плотностями  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  и  $\rho_3$  заполняют замкнутую тонкую цилиндрическую трубку, образующую кольцо, плоскость которого вертикальна (рис.194). Жидкость плотностью  $\rho_1$  заполняет дугу

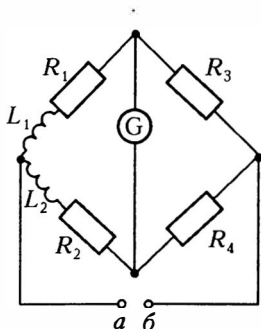


Рис. 193



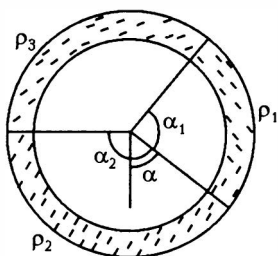


Рис. 194

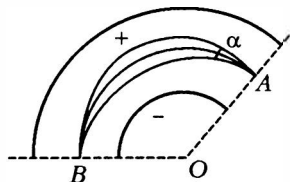


Рис. 195

кольца с углом  $\alpha_1$ , а жидкость плотностью  $\rho_2$  — дугу с углом  $\alpha_2$ . Какой угол  $\alpha$  образует с вертикалью радиус кольца, проведенный к границе этих жидкостей? Поверхностными эффектами пренебречь.

**496.** В цилиндрический конденсатор в точке  $A$  впускается слегка расходящийся пучок положительных ионов с малым углом раствора  $\alpha$  (рис. 195). Все ионы в пучке имеют одинаковые энергии. Те ионы, у которых вектор скорости в точке  $A$  направлен перпендикулярно  $AO$ , движутся по окружности радиусом  $AO = r_0$ , concentрической с обкладками конденсатора. Докажите, что пучок ионов будет фокусироваться в точке  $B$  такой, что

угол  $AOB$  равен  $\pi/\sqrt{2}$ . Определите максимальную ширину пучка.

**497.** Диск радиусом  $r$ , вращающийся с угловой скоростью  $\omega$ , бросают со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Плоскость диска во время его движения остается вертикальной. Найдите радиус кривизны траектории самой верхней точки диска в тот момент, когда диск достигнет максимальной высоты своего подъема.

**498.** Диаметр тонкостенного цилиндрического стакана равен  $d$ , его высота  $h$ , а масса  $m$ . Стенки и дно стакана одинаковой толщины. В стакан наливают воду. При каком уровне воды центр тяжести стакана с водой занимает наинизшее положение?

**499.** Два стеклянных шара радиусами  $r$  и  $R$  соединены тонкой длинной стеклянной трубкой и наполнены воздухом. Посередине трубки находится капля ртути. Можно ли с помощью этого прибора измерять температуру окружающего воздуха?

**500.** На столбе на высоте  $h$  над землей висит звонок. На каком расстоянии от столба звук слышен громче всего, если скорость звука  $c$ , а скорость ветра, дующего горизонтально,  $v$ ?

**501.** На краю стола высотой  $H$  стоит шар радиусом  $R$ , причем  $R \ll H$ . Шар начинает соскальзывать со стола без трения. На каком расстоянии от стола упадет шар?

**502.** В крышке закрытого ящика высотой  $h = 1$  м имеется круглое отверстие. Как изменится освещенность дна под отверстием, если в отверстие вставить линзу с оптической силой

$D = 1$  дптр? Ящик стоит под открытым небом, затянутым равномерной пеленой облаков.

**503.** К вертикальной оси привязана нить длиной  $2l$ , на конце и в середине которой прикреплены одинаковые шарики (рис. 196). Ось приводят во вращение. При каком значении угловой скорости  $\omega$  участки  $OA$  и  $AB$  начнут отклоняться от вертикали? Каким будет отношение малых углов отклонения участков нити  $OA$  и  $AB$  от вертикали?

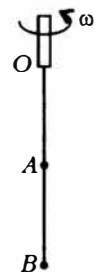


Рис. 196

**504.** Колеса легковых автомобилей тщательно балансируют – добиваются того, чтобы центр масс колеса лежал точно на оси его вращения. Для чего необходима балансировка колес?

**505.** Рассмотрим схему зарядки конденсатора от батареи (рис. 197). Конденсатор заряжается до напряжения батареи  $U$ , приобретая энергию  $CU^2/2$  и заряд  $q = CU$ . Этот заряд потребляется от батареи, которая, таким образом, совершает работу  $qU = CU^2$ . Коэффициент полезного действия равен  $1/2$ . Найдите способ зарядки конденсатора до напряжения батареи с большим КПД. Не разрешается использовать дополнительные источники энергии.

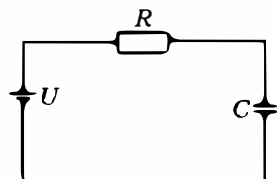


Рис. 197

**506.** Под поршнем цилиндра находится ртуть, занимающая объем  $V_p$ , и  $k$  молей идеального газа. Площадь поверхности поршня  $S$ . Поршень и дно цилиндра изготовлены из материала, идеально смачиваемого ртутью. Ртуть под поршнем приняла симметричную относительно оси цилиндра форму, показанную на рисунке 198. На поршень действует сила  $F$ . 1) Выведите уравнение состояния системы ртуть – газ в форме  $p = f(V, T)$ , где  $p$  – давление,  $T$  – абсолютная температура,  $V$  – объем части сосуда под поршнем. 2) Найдите условие, при котором  $p = 0$ . Поверхностное натяжение ртути  $\sigma$ . Силу тяжести не учитывать. Принять, что объем ртути и ее поверхностное натяжение  $\sigma$  постоянны (т.е. не зависят от  $T$  и  $p$ ) и что  $h \ll R$ .

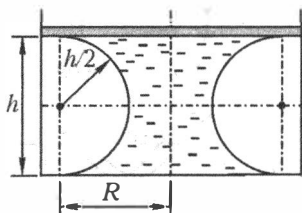


Рис. 198

**507.** Даны две пружины из одного и того же материала, каждая из которых свита витком к витку. Диаметры пружин 3 мм и 9 мм, длины 1 см и 7 см, диаметры проволок 0,2 мм и 0,6 мм.

Жесткость первой пружины  $0,14 \text{ Н/см}$ . Найдите жесткость второй пружины.

**508.** Период обращения Меркурия вокруг Солнца составляет 88 земных суток, а вокруг своей оси – 59 земных суток. Каковы продолжительности дня и ночи на Меркурии?

**509.** В океане имеется течение, захватывающее лишь верхний слой воды. По течению плывет плот со звукоулавливающей установкой. На дне, впереди по течению, расположен неподвижный источник звука. Наблюдатель на плоту обнаружил, что в некоторый момент времени звук достигает плота по направлению, составляющему угол  $\alpha$  с вертикалью. Какой угол с вертикалью составляет в этот момент направление на источник звука? Скорость течения  $v$ , скорость звука в воде  $c$ , толщина движущегося слоя много меньше глубины океана.

**510.** На резиновый шар натянута прочная резиновая сетка, нити которой идут по меридианам шара. Какую форму примет шар, если повысить в нем давление?

**511.** Пластины плоского конденсатора площадью  $S$  образуют друг с другом малый угол  $\alpha$  ( $\alpha \ll 1$ ). Среднее расстояние между пластинами равно  $d$ . Нарисуйте примерную картину

силовых линий электростатического поля конденсатора и найдите емкость конденсатора.

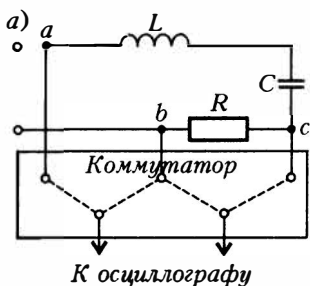


Рис. 199

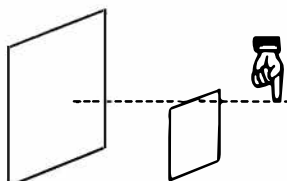


Рис. 200

**512.** Цепь, показанная на рисунке 199, а, включена в сеть переменного тока с частотой  $\nu = 50 \text{ Гц}$ . С помощью коммутатора на вход осциллографа подается попеременно то напряжение между точками  $a$  и  $b$ , то напряжение между точками  $b$  и  $c$ . На экране осциллографа получаются изображения двух кривых. Рисунок 199, б сделан с фотографии картины на экране осциллографа. Определите индуктивность  $L$  контура, если  $C = 32 \text{ мкФ}$ ,  $R = 65 \text{ Ом}$ .

**513.** В ясный солнечный день, когда Солнце находится высоко над горизонтом, получите на гладком экране, например на белой стене, тень от ровного края куска картона. Если теперь поднести к листу картона па-

лец так, как это показано на рисунке 200, то на экране навстречу тени пальца из тени, отбрасываемой листом картона, высунется тень второго пальца. Проведите такой опыт и объясните его результат.

**514.** Резино-кордное полотно изготовлено из прочных упругих нитей (корда), залитых мягкой эластичной резиной. Нити корда образуют угол  $2\alpha$  друг с другом (рис.201). Из такого полотна сделан круговой цилиндр, к торцам которого прикреплены металлические крышки. Внутри цилиндра нагнетается воздух. В опытах было замечено, что при нагнетании воздуха цилиндр принимает одну из трех форм, показанных на рисунке. Форма зависит от величины угла  $2\alpha$  между нитями. Каким значениям угла соответствует каждая из форм?

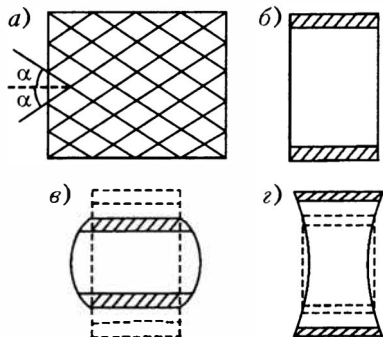


Рис. 201

**515.** Легкий стержень длиной  $l$  закреплен в вертикальной плоскости на оси, проходящей через точку  $O$ , которая делит длину стержня в отношении 1:3. К одному из концов стержня прикреплен тяжелый шарик массой  $m$ , другой конец стержня прикреплен к горизонтальной пружине жесткостью  $k$  (рис.202). Пружина не растянута, когда стержень вертикален. Определите период малых колебаний стержня.

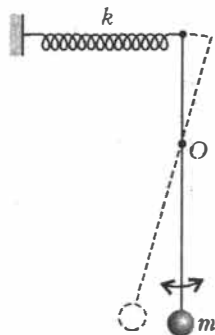


Рис. 202

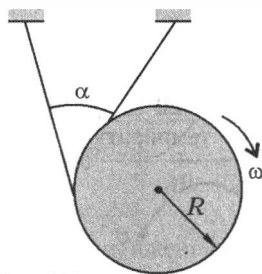


Рис. 203

**516.** Тяжелый диск радиусом  $R$  скатывается на двух намотанных на него нерастяжимых нитях, свободные концы нитей закреплены (рис.203). Нити при движении диска постоянно

натянуты. В некоторый момент угловая скорость диска равна  $\omega$ , а угол между нитями равен  $\alpha$ . Какова в этот момент скорость центра диска?

**517.** Пучок электронов с энергией  $E = 1$  кэВ проходит через два небольших конденсатора, отстоящих друг от друга на расстояние  $l = 20$  см. Оба конденсатора подключены параллельно к одному генератору. Изменением частоты генератора добиваются того, что пучок электронов проходит эту систему без отклонения. Определите отношение  $e/m$  для электрона, если два

$B \bullet$

$\bullet A'$

последовательных значения частоты, при которых выполняется это условие, равны 141 МГц и 188 МГц.

$A \bullet$

$\bullet B'$

**518.** На рисунке 204 показано положение двух точек  $A$  и  $B$  и их изображений  $A'$  и  $B'$ , которые дает тонкая линза. Найдите построением положение линзы и ее фокусов.

Рис. 204

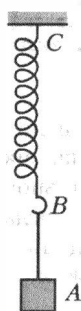


Рис. 205

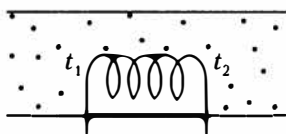


Рис. 206

**519.** Груз  $A$  подвешен к пружине  $BC$  с помощью нити  $AB$  (рис. 205). Какова должна быть амплитуда колебаний груза, чтобы эти колебания были гармоническими? Масса груза  $m = 0,1$  кг, жесткость пружины  $k = 1600$  Н/м.

**520.** В проточном калориметре (рис. 206) исследуемый газ пропускают по трубопроводу и нагревают с

помощью спирали. Газ поступает в калориметр при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ . При мощности нагревателя  $W_1 = 1$  кВт и расходе газа  $m_1 = 540$  кг/ч температура  $t_2$  газа за нагревателем оказалась та-

кой же, как при мощности нагревателя  $W_2 = 2$  кВт и расходе газа  $m_2 = 720$  кг/ч. Давление газа в трубе всюду одинаково. Найдите температуру газа  $t_2$ , если его молярная теплоемкость при постоянном объеме  $C_{V, \text{моль}} = 21$  Дж/(моль  $\cdot$  К), а молярная масса газа  $M = 29$  кг/кмоль.

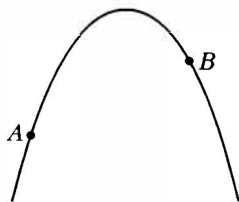


Рис. 207

**521.** На рисунке 207 показана часть траектории движения хорошо обтекаемого тела, брошенного под углом к горизонту. В точке  $A$  тело имело скорость, равную по абсолютной величине  $20$  м/с. Сколько времени тело летело от точки  $A$  к точке  $B$ ?

**522.** Цепь, показанная на рисунке 208, подключена к сети переменного тока напряжением  $U_0 = 220$  В. Каково напряжение между точками  $A$  и  $B$ ?

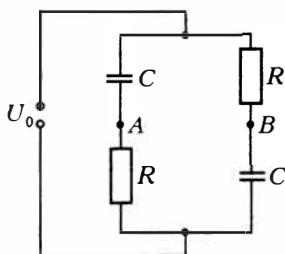


Рис. 208

**523.** Снаряд разрывается в некоторой точке траектории на два осколка. На рисунке 209, сделанном в определенном масштабе, крестиками отмечены положения снаряда и одного из осколков через последовательно равные промежутки времени. Найдите положения второго осколка в соответствующие моменты времени, если известно, что он находился в точке  $B$  в тот момент, когда первый осколок находился в точке  $A$ . Стрелкой на рисунке показано направление ускорения свободного падения.

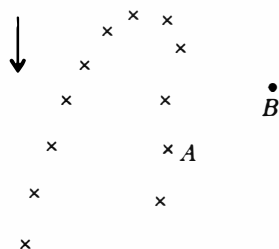


Рис. 209

**524.** Модель вертолета, изготовленная в  $1/10$  натуральной величины, удерживается в воздухе при мощности мотора 30 Вт. Какой должна быть минимальная мощность двигателя вертолета, изготовленного из тех же материалов, что и модель?

**525.** При увеличении тока напряжение на разрядном промежутке дугового разряда уменьшается, стремясь при больших токах к некоторому постоянному значению. Дугу включили в сеть последовательно с некоторым балластным резистором. Вольт-амперная характеристика для такой цепи показана на рисунке 210. 1) Постройте вольт-амперную характеристику дуги без балластного резистора. 2) Используя полученный график, определите максимальное сопротивление балластного резистора, при котором дуга может гореть при напряжении источника  $U = 85$  В.

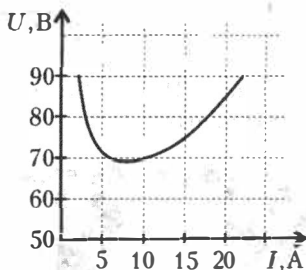


Рис. 210

**526.** Полость теплоизолирующих стенок колбы термоса откачана до давления  $p = 10^{-5}$  атм (при комнатной температуре). Вместимость колбы  $V = 1$  л, площадь поверхности колбы  $S = 600$  см<sup>2</sup>. Оцените время, в течение которого чай в таком

термосе остынет от  $90^\circ\text{C}$  до  $70^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,3 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$ . Утечку тепла через пробку не учитывать.

**527.** В схеме, показанной на рисунке 211, ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 100 \text{ В}$ , ее внутреннее сопротивление  $r = 100 \text{ Ом}$ , емкость

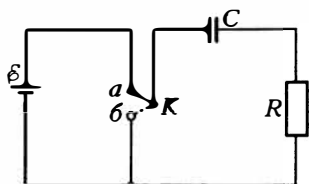


Рис. 211

конденсатора  $C = 200 \text{ мкФ}$  и сопротивление нагревателя  $R = 10 \text{ Ом}$ . Ключ  $K$  переключается между контактами  $a$  и  $b$  с частотой 10 раз в секунду. При подключении его к клемме  $a$  конденсатор успевает полностью зарядиться, а при подключении к клемме  $b$  — полностью разрядиться. Чему равен коэффициент полезного действия схемы? Во сколько раз он выше, чем при непосредственном подключении нагревателя к батарее? Какая мощность выделяется на сопротивлении  $R$ ?

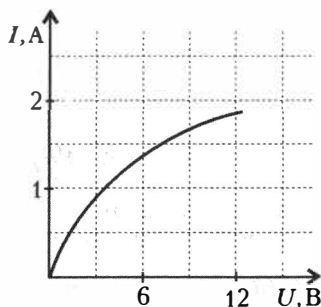


Рис. 212

**528.** На рисунке 212 приведена зависимость тока через автомобильную лампочку от напряжения на ней. Лампочку подключают к источнику постоянного напряжения  $U = 10 \text{ В}$  последовательно с сопротивлением  $R = 4 \text{ Ом}$ . Определите мощность лампочки.

**529.** Используя фотографию, сделанную для рекламного плаката (рис.213), определите: 1) фокусное расстояние объектива фотоаппарата; 2) на каком расстоянии от ладоней рук располагался объектив при фото-



Рис. 213

графировании; 3) размер рыбы, пойманной рыбаком; 4) диаметр объектива (предполагая, что размытие деталей изображения на фотографии не превосходит  $0,2 \text{ мм}$ ). Объектив фотоаппарата рассматривайте как тонкую линзу.

**530.** В схеме, приведенной на рисунке 214,

$\mathcal{E}_0 > \mathcal{E}_1$ . Определите заряд, который протечет через батарею с ЭДС  $\mathcal{E}_0$  при замыкании ключа  $K$ , полагая, что внутренние сопротивления батарей и сопротивление катушки равны нулю. Диод считать идеальным (его прямое сопротивление равно нулю, обратное – бесконечности), конденсатор до замыкания ключа не заряжен.

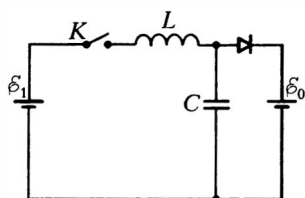
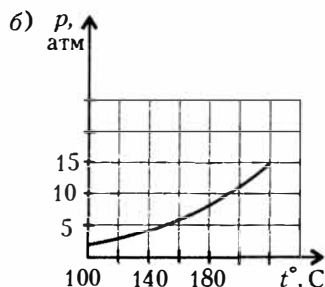


Рис. 214

**531.** Гейзеры могут рассматриваться как большие подземные резервуары, наполненные грунтовой водой и подогреваемые земным теплом (рис.215,а). Вывод из них на поверхность земли осуществляется через узкий канал, который в «спокойный»



Рис. 215



период практически полностью заполнен водой. Считая, что «активный» период наступает, когда закипает вода в подземном резервуаре, и что во время извержения канал заполнен только паром, который выбрасывается наружу, оцените, какую часть воды теряет резервуар гейзера во время одного извержения. Глубина канала  $h = 90$  м, удельная теплота испарения воды  $\lambda = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг, удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К). Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры приведена на рисунке 215, б.

**532.** Маятник представляет собой легкий стержень длиной  $l$  с грузом массой  $M$  на конце. К другому концу стержня прикреплена легкая цилиндрическая втулка  $a$  с внутренним радиусом  $r$ , надетая на вращающуюся горизонтальную ось  $b$  (рис.216). Коэффициент трения между втулкой и осью равен  $\mu$ . Определите угол отклонения стержня от вертикали в состоянии равновесия.

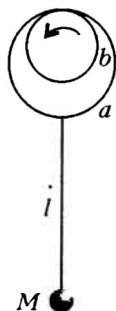


Рис. 216



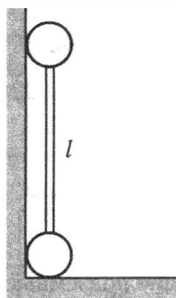


Рис. 217

**533.** Гантелька длиной  $l$  стоит в углу, образованном гладкими плоскостями (рис.217). Нижний шарик гантельки смещают горизонтально на очень маленькое расстояние, и гантелька начинает двигаться. Найдите скорость нижнего шарика в тот момент, когда верхний шарик оторвется от вертикальной плоскости.

**534.** Астронавты «Скайлэба» с помощью специального радиолокационного высотомера обнаружили, что поверхность океана в районе «Бермудского треугольника» ниже нормального уровня на 25 метров. Предполагая, что этот «прогиб» можно объяснить наличием под дном океана шаровой полости, заполненной водой, оцените радиус этой полости. Глубина океана  $h = 6$  км, средняя плотность земных пород  $\rho = 3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**535.** Потенциальная энергия взаимодействия двух одинаковых заряженных маленьких шариков с зарядами  $q_1$  и  $q_2$  равна  $W_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 l}$ , где  $l$  – расстояние между центрами шариков. Если шарики соединить проволокой, заряды шариков станут одинаковыми и потенциальная энергия взаимодействия шариков станет равной  $W_2 = \frac{(q_1 + q_2)^2}{16\pi\epsilon_0 l}$ . Так как  $(q_1 + q_2)^2 > 4q_1 q_2$  (при  $q_1 \neq q_2$ ), то  $W_2 > W_1$ , т.е. потенциальная энергия взаимодействия зарядов возрастает. Откуда берется дополнительная энергия?

**536.** Жесткая прямоугольная конструкция  $AOB$  (угол  $AOB$  прямой) вращается вокруг вертикальной оси  $OO'$  так, что угол  $AOO'$  равен  $\alpha$  (рис.218). С помощью колец, которые могут свободно скользить по сторонам  $AO$  и  $OB$ , на конструкцию надет легкий стержень  $KE$  длиной  $2a$ . К середине стержня прикреплен небольшой массивный шарик. При какой угловой скорости вращения конструкции стержень займет горизонтальное положение?

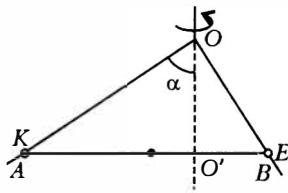


Рис. 218

**537.** Полировкой металлической пластины ее можно сделать зеркальной. Оцените, какой может быть максимальная высота шероховатостей, оставшихся после полировки, чтобы пластина зеркально отражала пучок света с длиной волны  $\lambda =$

$= 5 \cdot 10^{-8}$  м, падающий на нее под углом  $\alpha = 45^\circ$ .

**538.** Тяжелая веревка подвешена в точках  $A$  и  $B$  (рис.219). Абсолютное значение силы натяжения веревки в точке  $C$  равно 20 Н. Найдите массу веревки.



Рис. 219

**539.** На рисунке 220 показаны два замкнутых термодинамических цикла, проведенных с идеальным одноатомным газом:  $1-2-3-4-1$  и  $1-5-6-4-1$ . У какого из циклов коэффициент полезного действия выше? Во сколько раз?

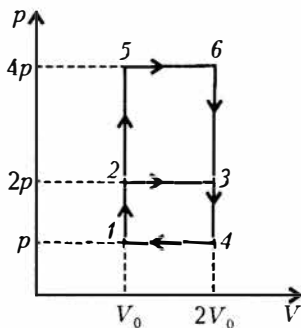


Рис. 220

**540.** Две катушки с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  соединены параллельно. Какими будут максимальные токи в катушках, если параллельно им подключить конденсатор емкостью  $C$  (рис.221), предварительно заряженный до напряжения  $U$ ?

**541.** Промежуток искрового генератора (рис.222) отрегулирован на напряжение  $U$ , а сопротивление

$R$  резистора подобрано так, чтобы происходило  $n$  разрядов в секунду. Определите среднюю мощность, выделяющуюся на резисторе,

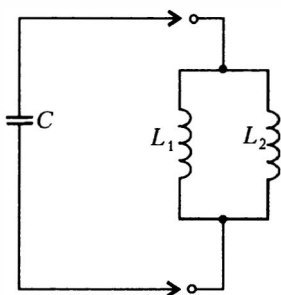


Рис. 221

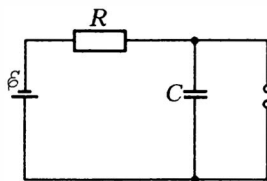


Рис. 222

ре, если во время разряда конденсатор успевает полностью разрядиться.

**542.** Как изменится скорость истечения газа из баллона через небольшое отверстие, если температуру газа увеличить в 4 раза, а давление – в 8 раз?

**543.** На плоскую поверхность стеклянного полуцилиндра падают под углом  $45^\circ$  световые лучи, лежащие в плоскости, перпендикулярной оси полуцилиндра. Из какой части боковой поверхности полуцилиндра будут выходить лучи света? Показатель преломления стекла  $n$ .

**544.** Оцените скорость ракеты с космонавтом при выходе из плотных слоев атмосферы.

**545.** Два воздушных пузырька с радиусами  $r_1 = r_2 = 3$  мм в баке с водой сливаются в один. Найдите радиус получившегося пузырька, если теплопроводность воды невелика, а ее теплоемкость очень большая. Считать, что пузырьки находятся вблизи поверхности воды.

**546.** Первичные обмотки двух одинаковых трансформаторов соединяют последовательно друг с другом и с лампочкой, рассчитанной на напряжение сети 220 В, и подключают к источнику переменного тока с напряжением 220 В. При этом оказывается,

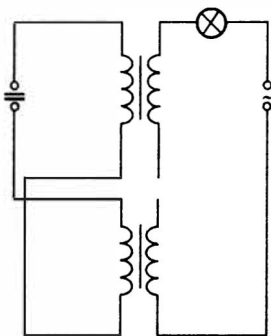


Рис. 223

что лампочка не горит. Если же затем вторичные обмотки трансформаторов (содержащие большое число витков) соединить так, как показано на рисунке 223, и подключить их к источнику постоянного тока, то при увеличении напряжения этого источника от 0 до 30 В лампочка будет гореть тем ярче, чем больше напряжение источника. Объясните описанный опыт.

**547.** Фотографии шаровых сгустков светящейся плазмы, летящих равномерно до остановки, имеют вид полос длиной  $l$ . Максимальная ширина

полос  $d \ll l$ . Расстояние между плазмой и объективом фотоаппарата  $L$ , фокусное расстояние объектива  $F$ . Минимальное время «засветки», необходимое для того, чтобы на фотографии появилось изображение, равно  $\tau$ . Определите ускорение сгустков. Объектив фотоаппарата остается открытым до полной остановки сгустков.

**548.** Реактивная тележка массой  $m$  описывает мертвую петлю по вертикальной круговой дорожке радиусом  $R$  с постоянной линейной скоростью  $v$ . Какая работа совершается силой трения при перемещении тележки из самого нижнего положения в самое верхнее? Коэффициент трения между тележкой и дорожкой  $\mu$ .



Рис. 224

**549.** Два шарика массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены пружинкой жесткостью  $k$ , пружинка расположена горизонтально и не деформирована. Шарикам одновременно сообщаются скорости  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ , как показано на рисунке 224, при-

чем  $v_1 = v_2 = v$ . Найдите максимальную высоту подъема системы и наибольшую деформацию пружинки.

**550.** На шероховатый медный конус (покрытый мелкой насечкой, как напильник) надеты две шайбы: алюминиевая с отверстием радиусом  $r = 1$  см и железная с отверстием радиусом  $R = 3$  см. Расстояние между шайбами  $a = 6$  см. На сколько изменится это расстояние, если конус и шайбы нагреть на  $\Delta t = 200$  К? Тепловые коэффициенты линейного расширения меди, алюминия и железа равны, соответственно,  $\beta_1 = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ ,  $\beta_2 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$  и  $\beta_3 = 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ . Конус расположен вертикально, вершиной вверх.

**551.** Груз массой  $m$  подвешен к двум пружинкам с жесткостями  $k_1$  и  $k_2$  с помощью нити и блока (рис.225). Найдите период малых колебаний груза. Нить и блок считать невесомыми.

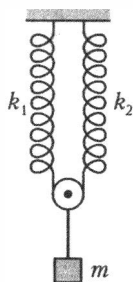


Рис. 225

**552.** Вольт-амперная характеристика неоновой лампы показана на рисунке 226,а. При каком значении  $R$  сопротивления резистора, включенного в цепь, изображенную

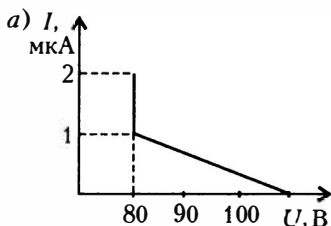
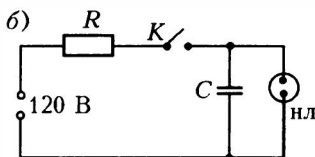


Рис. 226



на рисунке 226,б, неоновая лампа (нл) не будет гаснуть после замыкания ключа  $K$ ?

## 1979 год

**553.** Тяжелая доска массой  $M$  лежит на двух тонкостенных катках с радиусами  $r$  и  $R$  и равными массами  $m$ . Расстояние между центрами катков  $l$ . С каким ускорением начнет двигаться доска, если ее отпустить? Трение между всеми поверхностями таково, что проскальзывания нет.

**554.** Брусек массой  $m_1$  лежит на доске массой  $m_2$ , которая находится на гладкой горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и доской  $\mu$ . На доску действует горизонтальная сила  $F$ , изменяющаяся со временем по закону

$F = bt$ , где  $b$  – постоянная величина. Нарисуйте графики зависимости ускорений бруска и доски от времени  $t$ .

**555.** а) Легкий жесткий стержень длиной  $l$  с грузом массой  $m$  наверху закреплен шарнирно в нижней точке и удерживается в вертикальном положении двумя горизонтальными пружинами жесткостью  $k$ , скрепленными с его верхним концом (рис.227). В направлении, перпендикулярном к пружинам, стержень двигаться не может. При какой массе груза вертикальное положение стержня перестанет быть устойчивым?

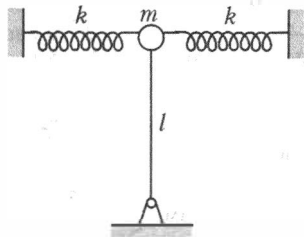


Рис. 227

б) Стальная спица длиной  $l$  заделана в пол так, что стоит вертикально. Если к ее верхнему концу приложить небольшую горизонтальную силу  $F$ , верхний конец спицы отклонится на величину  $a \ll l$ . Оцените, груз какой массы может выдержать, не согнувшись, спица на своем верхнем конце. Различием формы, которую принимает спица под действием на нее горизонтальной или вертикальной силы, пренебречь.

**556.** Если на ледяной брусок надеть проволочную петлю, к которой подвешен груз (рис.228), проволока начинает резать

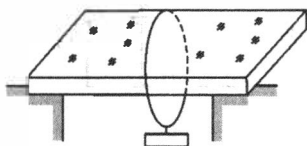


Рис. 228

лед. Это объясняется тем, что при повышении давления температура плавления льда понижается, лед под проволокой начинает таять, а над проволокой – вновь смерзаться. Однако, если петлю сделать не из проволоки, а из капроновой нити такого же или даже меньшего диаметра, лед практически не режется. Почему? Попробуйте провести описанный опыт.

**557.** В схеме, изображенной на рисунке 229, ключ  $K$  замыкают. Найдите максимальный ток в цепи и максимальное напряжение на конденсаторе. Параметры элементов цепи считать известными.

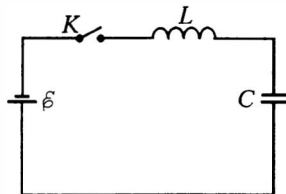
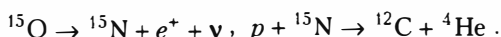
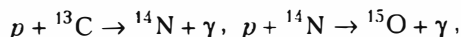
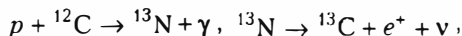


Рис. 229

**558.** Маленький тяжелый шарик влетает через отверстие внутрь гладкой сферы той же массы, проходя на расстоянии  $R/2$  от центра сферы ( $R$  – радиус сферы). После влета шарика отверстие автоматически закрывается. Считая соударения между ша-

риком и сферой абсолютно упругими, найдите траектории шарика и центра сферы в той системе отсчета, в которой сфера первоначально покоилась. Определите параметры этих траекторий и отметьте на них точки, в которых происходят соударения.

**559.** Согласно теории Бете, углеродный цикл звездных термоядерных реакций состоит из следующих реакций:



Найдите энергию, выделяющуюся при образовании моля гелия.

**560.** Плоская бесконечная струя толщиной  $d_0$  падает под углом  $\alpha$  на плоскость (рис.230). Скорость струи  $v$ , ее плотность  $\rho$ . На какие струи распадается падающая струя?

**561.** Глубоководный батискаф сварен из двух полусфер радиусом  $R = 2$  м. Батискаф должен погружаться на глубину  $H = 10$  км. Какое напряжение (отношение модуля силы к длине экватора) должен выдерживать шов батискафа, если сварной экватор расположен: а) горизонтально; б) вертикально?

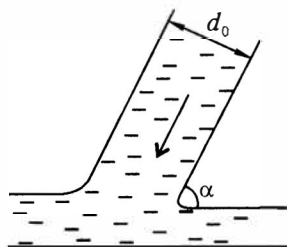


Рис. 230

**562.** Конденсаторы с емкостями  $C_1 = 2$  мкФ и  $C_2 = 3$  мкФ соединены последовательно и подключены к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 120$  В, средняя точка которой заземлена (рис.231). Провод, соединяющий конденсаторы, может быть заземлен с помощью ключа  $K$ . Найдите заряды  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ , которые пройдут после замыкания ключа через сечения I, II и III в направлениях, указанных на рисунке.

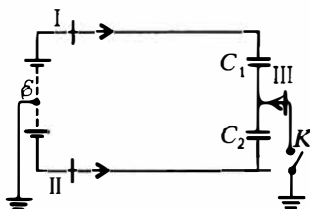


Рис. 231

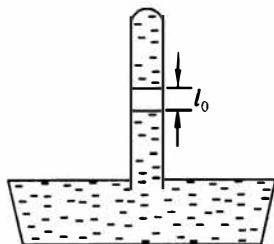


Рис. 232

$l_0 = 10$  см. Какой станет длина этого столбика при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$ ?

**564.** Автомобиль движется по повороту дороги радиусом  $R$ . Внезапно водитель увидел на дороге препятствие и начал тормозить. Какое расстояние автомобиль пройдет до остановки, если

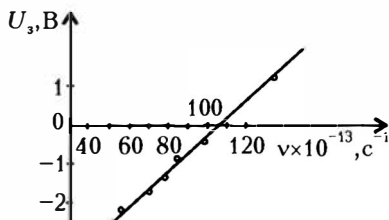


Рис. 233

его скорость  $v_0$ , коэффициент трения колес о дорогу  $\mu$  и автомобиль тормозит с максимально возможным постоянным ускорением?

**565.** На рисунке 233, взятом из работы Милликена, приведена зависимость задерживающего напряжения от частоты света в опытах по

фотоэффекту. Определите из этого графика отношение постоянной Планка  $h$  к заряду электрона  $e$ .

**566.** Атом, движущийся со скоростью  $v$  ( $v \ll c$ ), испускает фотон под малым углом  $\alpha$  к направлению своего движения. Докажите, что если  $\omega_0$  — частота излучения покоящегося атома, а  $\omega$  — частота фотона, то для видимого света  $\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \approx \frac{v}{c} \cos \alpha$ .

**567.** На рисунке 234,а приведена зависимость тока через автомобильную лампочку от напряжения на ней. Лампочку включают в цепь, показанную на рисунке 234,б. Найдите мощность, выделяющуюся на лампочке.

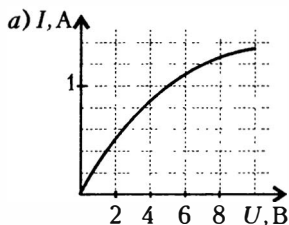
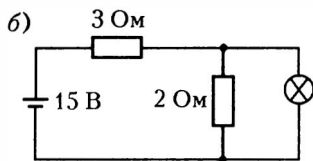


Рис. 234



**568.** При бомбардировке литиевой мишени протонами с энергией не меньше 1,88 МэВ может происходить ядерная реакция  ${}^7\text{Li} + p \rightarrow {}^7\text{Be} + n$ . При какой энергии протонов образующиеся в реакции нейтроны могут лететь назад от литиевой мишени?

**569.** Электрическим кипятильником мощностью 500 Вт нагревали воду в кастрюле. За две минуты температура воды

увеличилась от  $85^{\circ}\text{C}$  до  $90^{\circ}\text{C}$ . Затем кипяtilьник выключили, и за одну минуту температура воды упала на один градус. Сколько воды находилось в кастрюле? Удельная теплоемкость воды  $4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$ .

**570.** Из-за наличия объемного заряда в межэлектродном пространстве плоского диода распределение потенциала  $\varphi(x)$  между катодом и анодом имеет вид  $\varphi(x) = x^2 - 2x$  (здесь  $x$  – в мм, а  $\varphi$  – в вольтах). Расстояние между катодом и анодом  $d = 10 \text{ мм}$ , координата  $x$  совпадает с расстоянием до катода. Определите, при какой минимальной кинетической энергии электрон с поверхности катода сможет достичь анода. Каким будет максимальное ускорение электронов, которые достигнут анода?

**571.** Батареи и резисторы собирают в цепь двумя способами: как на рисунке 235,а и как на рисунке 235,б. Определите токи, текущие через резисторы в обоих случаях. Сопротивлениями

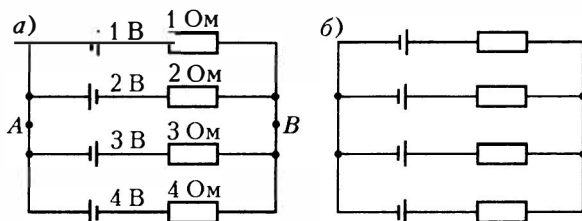


Рис. 235

источников тока и соединительных проводов пренебречь. Как изменятся токи в случае а), если разрезать провода в точках А и В?

**572.** Перрен исследовал зависимость от высоты числа шарообразных частиц особой смолы – гуммигута во взвеси этих частиц в воде. Для частиц радиусом  $r_1 = 0,212 \text{ мкм}$  он получил зависимость, график которой показан на рисунке 236,а ( $n$  – концентрация частиц на высоте  $h$ ,  $n_0$  – у дна кюветы). Такой же график

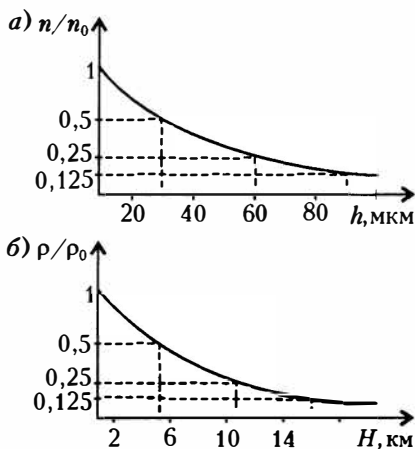


Рис. 236



получается для частиц радиусом  $r_2 = 0,106$  мкм, только картина растянута по высоте в 8 раз. В то же время известно, что плотность кислорода в земной атмосфере убывает с высотой так, как показано на рисунке 236,б ( $\rho$  – плотность кислорода на высоте  $H$ ,  $\rho_0$  – у поверхности земли). Определите массу молекулы кислорода. Плотность гуммигута  $\rho_r = 1,194$  г/см<sup>3</sup>.

**573.** Оцените, какое количество воды можно унести в решетке с квадратными ячейками размером  $2 \times 2$  мм. Диаметр решета 20 см. Нити решета не смачиваются водой.

**574.** Два шара с массами  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг летят навстречу друг другу со скоростью  $v = 20$  м/с каждый. График зависимости от времени силы взаимодействия шаров при столкновении показан на рисунке 237.

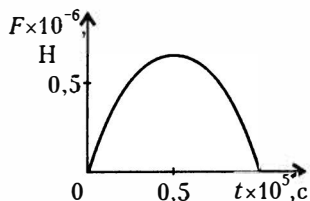


Рис. 237

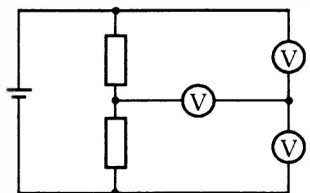


Рис. 238

звуковых импульса: сначала импульс с малой амплитудой, затем – с большой. Временной интервал между импульсами равен  $\tau$ .

При каких условиях наблюдатель сможет зарегистрировать сначала импульс с большой амплитудой, а потом с малой? Расстояние  $AO$  равно  $L$ , угол  $AOB$  равен  $\theta$ .

**577.** При температуре на улице  $t_0 = -20$  °С работающая батарея поддерживает в комнате температуру

$t_1 = 16$  °С. Когда кроме батареи включили электроплитку мощностью  $P = 1$  кВт, в комнате установилась температура  $t_2 = 22$  °С. Определите тепловую мощность батареи.

*Примечание.* Теплопередача от одного тела к другому пропорциональна разности температур этих тел ( $\Delta P = k\Delta t$ ,  $k = \text{const}$ ).

**578.** Концы  $A$  и  $B$  стержня  $AB$  скользят по сторонам прямого угла (рис.240). Как зависит от угла  $\alpha$ , образуемого стержнем с горизонтальной стороной этого угла, ускорение середины стержня (точки  $C$ ), если конец  $B$  стержня движется с постоянной скоростью  $v$ , а длина стержня  $l$ ?

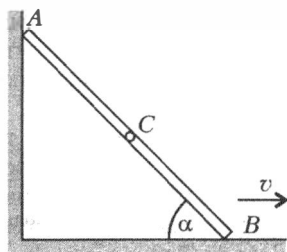


Рис. 240

**579.** В схеме, показанной на рисунке 241,  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ , напряжение в сети переменного тока  $U = 10 \text{ В}$ . Определите мощности, которые выделяются на резисторах с сопротивлениями  $R_2$  и  $R_3$ .

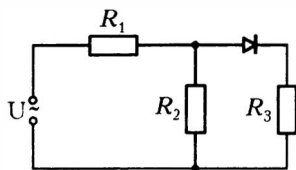


Рис. 241

**580.** В схеме, показанной на рисунке 242, ЭДС батареи  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление  $r$ , сопротивление резистора  $R$ . При замыкании ключа  $K_1$  стрелка гальванометра  $G$  отклоняется на угол  $\alpha$ . На какой угол отклонится стрелка гальванометра, если при замкнутом ключе  $K_1$  замкнуть ключ  $K_2$ ? Отклонение стрелки пропорционально заряду, прошедшему через гальванометр.

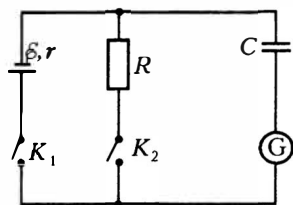


Рис. 242

**581.** Перед зеркалом стоит человек, закрыв один глаз. Изображение закрытого глаза в зеркале он закрывает, наклеивая на зеркало кусочек бумаги. Что увидит человек, если он откроет закрытый глаз и закроет открытый?

**582.** Тело плавает в воде так, что  $2/3$  его объема погружены в воду. Какая часть объема тела будет находиться под водой, если сосуд с водой перемещать с ускорением  $a$  в вертикальном направлении?

**583.** Наблюдатель движется с постоянной скоростью вдоль некоторой наклонной прямой. Брошенное под углом к горизонту тело пересекает траекторию наблюдателя дважды с интервалом времени  $\tau$ . Оба раза тело находится впереди наблюдателя на одном и том же расстоянии от него. Как выглядит с точки зрения

наблюдателя траектория тела? После второго пересечения наблюдатель измеряет пути, пройденные телом за последовательные равные промежутки времени длительностью  $\tau$ . Найдите отношение этих путей.

**584.** В небольшую тонкостенную металлическую кастрюлю налили 0,5 л воды, поставили кастрюлю на плиту и, измеряя температуру воды в различные моменты времени, построили график зависимости температуры от времени. Затем воду вылили, в кастрюлю налили 0,7 кг спирта и, поставив кастрюлю на ту же самую плиту, построили график зависимости температуры спирта от времени. Оба графика приведены на рисунке 243. Пользуясь этими графиками, определите удельную теплоемкость спирта и удельную теплоту его парообразования, если за 30 минут кипения количество спирта в кастрюле уменьшилось вдвое. Теплоемкость кастрюли 200 Дж/К.

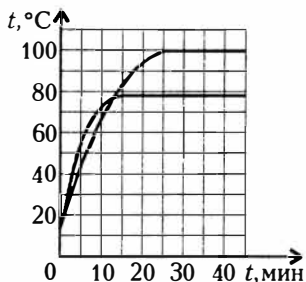


Рис. 243

Испарением с поверхности жидкости пренебречь.

**585.** Четыре одинаковых амперметра и резистор включены так, как показано на рисунке 244. Амперметр  $A_1$  показывает 2А, амперметр  $A_2$  показывает 3А. Какие токи протекают через амперметры  $A_3$ ,  $A_4$  и резистор? Найдите отношение внутреннего сопротивления амперметра к сопротивлению резистора.

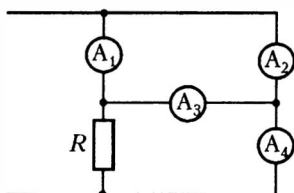


Рис. 244

**586.** Теплоизолированный сосуд откачан до глубокого вакуума. Окружающий сосуд одноатомный идеальный газ имеет температуру  $T_0$ . В некоторый момент открывают кран, и происходит заполнение сосуда газом. Какую температуру будет иметь газ в сосуде сразу после его заполнения?

**587.** Проводник массой  $M$  и длиной  $l$  подвешен к диэлектрику за концы с помощью двух одинаковых проводящих невесомых пружин с общей жесткостью  $k$ . К верхним концам пружин подсоединен конденсатор емкостью  $C$ . Вся конструкция висит в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярной плоскости конструкции. Проводник смещают в вертикальной плоскости из положения равновесия и отпускают. Определите дальнейшее движение проводника в вертикальной плоскости.

Сопротивлением, собственной индуктивностью и емкостью проводника пренебречь.

**588.** Рисунок 245 (вид сверху) сделан с фотографии шлейфов дыма, тянувшихся от трех паровозов, которые движутся по прямолинейному участку железнодорожного пути. Скорость первого паровоза  $v_1 = 50$  км/ч, второго  $v_2 = 70$  км/ч, а направления их движения указаны на рисунке стрелками. Какова скорость третьего паровоза?

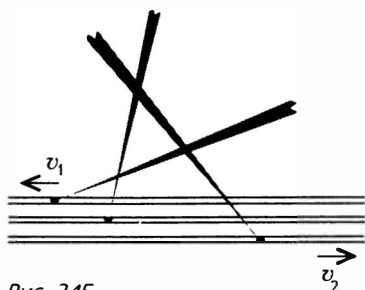


Рис. 245

**589.** В цилиндре объемом 10 л, закрытом поршнем и помещенном в термостат с температурой  $40^\circ\text{C}$ , находится по 0,05 моля двух веществ. Определите массу жидкости в цилиндре после изотермического сжатия, вследствие которого объем под поршнем уменьшается в 3 раза. Давление насыщенных паров первой жидкости при температуре  $40^\circ\text{C}$  равно  $0,7 \cdot 10^4$  Па, второй –  $1,7 \cdot 10^4$  Па. Молярная масса первой жидкости равна  $1,8 \cdot 10^{-2}$  кг/моль, второй –  $4,6 \cdot 10^{-2}$  кг/моль.

**590.** При движении трамвая по горизонтальному участку пути с некоторой скоростью его двигатель потребляет ток  $I_0 = 100$  А, при этом КПД двигателя  $\eta = 0,9$ . При движении трамвая по наклонному участку пути вниз с той же скоростью ток в двигателе равен нулю (двигатель выключен). Какой ток будет потреблять двигатель при движении трамвая по тому же участку пути вверх с той же скоростью?

**591.** Два цилиндра различных радиусов вращаются в противоположные стороны вокруг горизонтальных параллельных осей с одной и той же угловой скоростью  $\omega = 2$  рад/с. Расстояние по горизонтали между осями  $L = 4$  м. В момент времени  $t = 0$  на цилиндры перпендикулярно осям кладут балку так, что она находится в горизонтальном положении и одновременно касается обеих поверхностей вращения, а ее центр масс расположен точно над осью цилиндра меньшего радиуса ( $r = 0,25$  м), как указано на рисунке 246. Рассчитайте и проиллюстрируйте графически зависимость горизонтального смещения балки от времени, начиная с момента  $t = 0$ . Коэффициент трения  $\mu = 0,05$ .

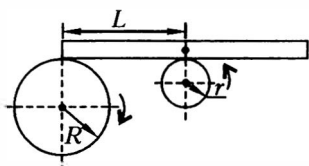


Рис. 246

**592.** Имеются два теплоизолированных сосуда. В первом из них находится 5 л воды при температуре  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ , во втором – 1 л воды при температуре  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Вначале часть воды перелили из первого сосуда во второй. Затем, когда во втором сосуде установилось тепловое равновесие, из него в первый сосуд отлили столько воды, чтобы ее объемы в сосудах стали равны первоначальным. После этих операций температура воды в первом сосуде стала  $t = 59^\circ\text{C}$ . Сколько воды переливали из первого сосуда во второй и обратно?

**593.** Обруч радиусом  $r$  скатывается с высоты  $H$  ( $r \ll H$ ) без проскальзывания по наклонной плоскости с углом  $\alpha$  при основании и абсолютно упруго ударяется о гладкую стенку, перпендикулярную наклонной плоскости (рис. 247). На какую высоту поднимется обруч после удара, если коэффициент трения скольжения равен  $\mu$ ?

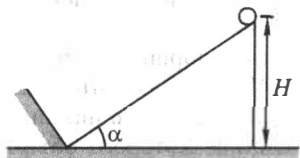


Рис. 247

**594.** Представьте себе, что вы находитесь в жарко натопленной бане, а за окном – мороз. Куда повалит пар, если вы откроете форточку?

**595.** На рисунке 248 изображена зависимость тока от напряжения для стабилизатора постоянного тока – барреттера. Барреттер подключен последовательно с нагрузочным сопротивлением  $R = 13$  Ом к батарее ЭДС  $\mathcal{E} = 26$  В. В каких пределах может изменяться ЭДС батареи, если ток нагрузки не должен изменяться более чем на 50 мА?

**596.** Промежуток времени между двумя последовательным затмениями спутника Юпитера Ио в течение года изменяется от

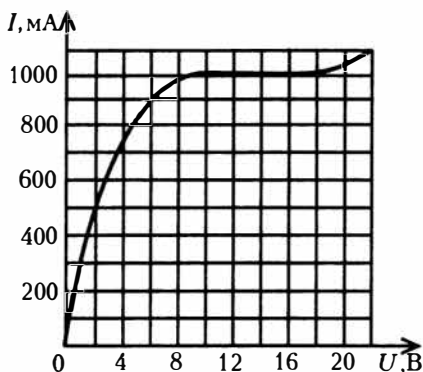


Рис. 248

минимального значения 42 ч 28 мин 21 с до максимального 42 ч 28 мин 51 с. Пользуясь этими данными, определите скорость света, считая, что Земля движется вокруг Солнца по круговой орбите радиусом 150 млн км. Радиус орбиты Юпитера гораздо больше радиуса орбиты Земли, а скорость движения Юпитера гораздо меньше скорости движения Земли.

**597.** Магнетрон представляет собой двухэлектродную электронную лампу с цилиндрическим анодом радиусом  $r$ , вдоль оси которого расположена тонкая проволока – катод. При нагревании катода он испускает электроны с энергией  $W$ . Магнетрон помещают в однородное магнитное поле, параллельное его оси. При каком значении индукции магнитного поля ток в анодной цепи станет равным нулю?

**598.** Сосуд глубиной  $H$  заполнен жидкостью, плотность которой линейно меняется от  $\rho_0$  на поверхности до  $\rho$  на дне сосуда. В сосуд погружают два маленьких шарика одного и того же объема  $V$ , связанных тонкой невесомой нерастяжимой нитью длиной  $l$ . Плотность одного шарика  $\rho_1$ , плотность другого  $\rho_2$ . Через некоторое время шарики устанавливаются так, как показано на рисунке 249. Найдите силу натяжения нити.

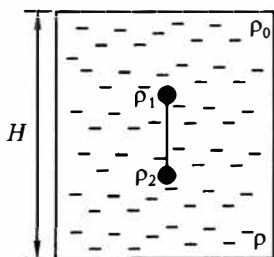


Рис. 249

**599.** Через блок, укрепленный в потолке, перекинута веревка, на которой груз массой  $M$  уравновешен лестницей с человеком массой  $m$ . По какому закону должен двигаться человек относительно лестницы, чтобы реакция блока на потолок равнялась нулю? Блок невесом, веревка абсолютно гибкая, нерастяжима и невесома.

**600.** В схеме, приведенной на рисунке 250, ключ попеременно замыкают и размыкают в те моменты, когда напряжение на первом конденсаторе равно нулю. Нарисуйте график зависимости напряжения на катушке индуктивности от времени.

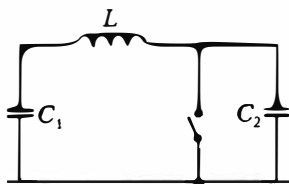


Рис. 250

**601.** На Луне в вертикальном цилиндре, закрытом тяжелым поршнем, находится аргон при температуре  $T_1$ . Поршень может перемещаться в цилиндре без трения. На поршень кладут осторожно второй такой же поршень. Определите температуру  $T_2$  газа при новом равновесном положении поршня. Теплоемкость поршня и цилиндра, а также теплоотдачу не учитывать. Газ считается идеальным.

**602.** К цепи, состоящей из резистора с сопротивлением  $R$  и источника с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r = R/3$ , присоединяют конденсаторы с емкостями  $C_1$  и  $C_2$ , замыкая клеммы 1–2, 3–4, 5–6 (рис.251). После замыкания напряжение

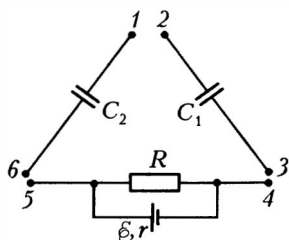


Рис. 251

на конденсаторе емкостью  $C_1$  оказывается равным  $\varepsilon/2$ , причем потенциал клеммы 3 выше потенциала клеммы 2. Определите, какой заряд был на конденсаторе емкостью  $C_2$  до замыкания.

**603.** Студент ездит в институт на метро по кольцевой линии. Станция, на которой он садится, и станция, на которой он выходит, находятся на

противоположных концах диаметра кольца, так что студенту безразлично, в какую сторону ехать. Потому он садится в тот поезд, который подойдет раньше. Количество поездов, идущих по кольцу в разные стороны, одно и то же. Однако студент заметил, что он чаще ездит на поезде, идущем по часовой стрелке. Как это можно объяснить?

**604.** В условиях невесомости жидкость, помещенная в стеклянный цилиндрический сосуд с радиусом основания  $R_1$ , приняла форму, показанную на рисунке 252,а. Свободная поверхность жидкости имела форму сферы радиусом  $R_0$ . Та же жидкость, помещенная в стеклянный сферический сосуд радиусом  $R_2$ , приняла форму, показанную на рисунке 252,б. Свободная поверхность жидкости была плоской. Определите высоту уровня

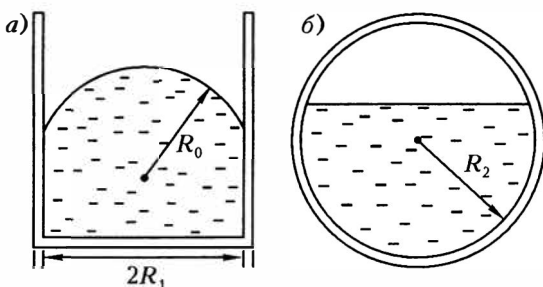


Рис. 252

жидкости в сферическом сосуде. Какую форму будет иметь жидкость в сферическом сосуде, если радиус сосуда больше  $R_2$ ; меньше  $R_2$ ?

**605.** Проволочный предохранитель перегорает, если напряжение на нем равно  $U$ . При каком напряжении будет перегорать предохранитель, если его длину увеличить в  $n$  раз, а диаметр увеличить в  $k$  раз?

**606.** Шайба соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости с углом  $\alpha$ . Коэффициент трения между шайбой и поверхностью наклонной плоскости изменяется с расстоянием от вершины по закону  $\mu = kl$  ( $k = \text{const}$ ). На каком расстоянии от вершины надо поставить упор, чтобы после одного упругого соударения с упором шайба остановилась как можно выше?

**607.** Самолет летит по замкнутому маршруту  $ABC$ . Пункты  $A$ ,  $B$  и  $C$  лежат в вершинах правильного треугольника. В каком случае время, затраченное на перелет, будет меньше: если ветер дует в направлении вектора  $\overrightarrow{AB}$  или в направлении вектора  $\overrightarrow{BA}$ ?

**608.** Космический корабль массой  $M = 12$  т движется вокруг Луны по круговой орбите на высоте  $h = 100$  км. Для перехода на орбиту прилунения на короткое время включается реактивный двигатель. Скорость вылетающих из сопла ракеты газов  $u = 10^4$  м/с. Радиус Луны  $R_{\text{л}} = 1,7 \cdot 10^3$  км, ускорение свободного падения у поверхности Луны  $g_{\text{л}} = 1,7$  м/с<sup>2</sup>. 1) Какое количество топлива необходимо израсходовать для того, чтобы при включении тормозного двигателя в точке  $A$  траектории корабля он опустился на Луну в точке  $B$  (рис.253,а)? 2) Во втором варианте прилунения кораблю в точке  $A$  сообщается

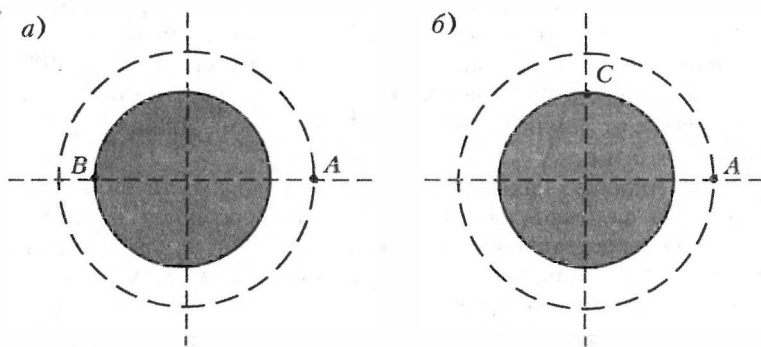


Рис. 253

импульс в направлении на центр Луны, чтобы перевести корабль на орбиту, касающуюся Луны в точке  $C$  (рис.253,б). Какое количество топлива необходимо израсходовать в этом случае?

**609.** Деталь, изготовленная из алюминия, взвешивается на аналитических весах с помощью латунных гирь. При одном



взвешивании воздух внутри весов сухой, при другом – влажный, давление водяных паров в котором  $p_v = 15,2$  мм рт.ст. Внешнее давление ( $p = 760$  мм рт.ст.) и температура ( $t = 20^\circ\text{C}$ ) воздуха в обоих случаях одинаковы. При какой массе детали можно заметить разницу в показаниях весов, если их чувствительность  $m_0 = 0,1$  мг? Плотность алюминия  $\rho_1 = 2,7$  г/см<sup>3</sup>, плотность латуни  $\rho_2 = 8,5$  г/см<sup>3</sup>.

**610.** В советско-французском эксперименте по оптической локации Луны импульсное излучение рубинового лазера на длине волны  $\lambda = 0,69$  мкм направлялось с помощью телескопа с диаметром зеркала  $D = 2,6$  м на лунную поверхность. На Луне был установлен отражатель, который работал как идеальное зеркало диаметром  $d = 20$  см, отражающее свет точно в обратном направлении. Отраженный свет улавливался тем же телескопом и фокусировался на фотоприемник. 1) С какой точностью должна быть установлена оптическая ось телескопа в этом эксперименте? 2) Пренебрегая потерями света в атмосфере Земли и в телескопе, оцените, какая доля световой энергии лазера будет после отражения от Луны зарегистрирована фотоприемником. 3) Можно ли отраженный световой импульс зарегистрировать невооруженным глазом, если пороговую чувствительность глаза принять равной  $n = 100$  световых квантов, а энергия, излучаемая лазером в течение импульса, равна  $W = 1$  Дж? 4) Оцените выигрыш, который дает применение отражателя. Считать, что поверхность Луны рассеивает  $\alpha = 10\%$  падающего света равномерно в телесный угол  $2\pi$  стерadian. Расстояние от Земли до Луны  $L = 380 \cdot 10^3$  км. Диаметр зрачка глаза  $d = 5$  мм.

**611.** Акробат, находясь на боковой поверхности цилиндра, лежащего на очень шероховатом полу, перебирает ногами и движется с постоянной скоростью вправо. Считая коэффициент трения ботинок акробата о поверхность цилиндра равным  $\mu$ , определите предельный угол, который может составить с вертикалью радиус цилиндра, проведенный в точку, где находится акробат. Чему будет равна при этом сила трения ботинок акробата о цилиндр?

**612.** Какое количество теплоты необходимо сообщить  $0,1$  кг неона для его нагревания на  $5^\circ\text{C}$ , если при нагревании давление неона прямо пропорционально его объему?

1980 год

**613.** Коробка массой  $M$  стоит на горизонтальном столе. В коробке на пружине жесткостью  $k$  подвешен груз массой  $m$  (рис.254). При какой амплитуде колебаний груза коробка начнет подпрыгивать на столе?

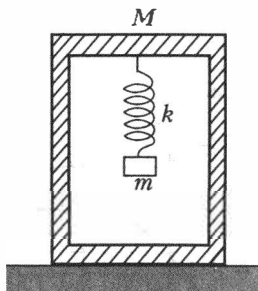


Рис. 254

**614.** В замкнутом сосуде находился газообразный азот при комнатной температуре  $t_0 = 20^\circ\text{C}$  и давлении  $p_0 = 10^5 \text{ Па}$ . В сосуд впрыснули некоторое количество жидкого азота с температурой  $t_1 = -196^\circ\text{C}$  (температура кипения азота при нормальном атмосферном давлении). Жидкий азот быстро испарился, после чего температура в сосуде оказалась равной  $t_2 = -140^\circ\text{C}$ .

После того как сосуд прогрелся до комнатной температуры, в нем установилось давление  $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определите молярную теплоту испарения жидкого азота. Молярная теплоемкость газообразного азота при постоянном объеме  $C_V = 20,8 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ .

**615.** В случае несамостоятельного газового разряда зависимость тока  $I$  через газоразрядную трубку от напряжения  $U$  между электродами трубки имеет вид, показанный на рисунке 255. Трубка с последовательно соединенным балластным сопротивлением  $R = 3 \cdot 10^8 \text{ Ом}$  подключена к источнику с постоянной ЭДС  $\mathcal{E} = 6 \text{ кВ}$ . Найдите, какой ток установится через трубку и чему будет равно при этом напряжение на трубке. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

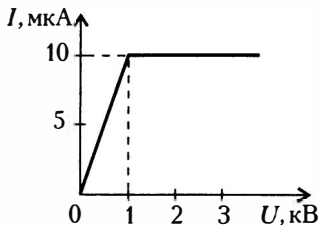


Рис. 255

**616.** Длина нити накаливания электрической лампочки  $l$ , а диаметр  $d$ . Каковы длина  $l_1$  и диаметр  $d_1$  другой лампочки, рассчитанной на то же напряжение сети, но с вдвое большим световым потоком, если КПД обеих лампочек один и тот же?

**617.** Газетный текст, фотографируется аппаратом «Зенит» с объективом, имеющим фокусное расстояние  $50 \text{ мм}$ , дважды: 1) с наименьшего допустимого для этого объектива расстояния  $a = 0,5 \text{ м}$ ; 2) после присоединения объектива к камере через

удлинительное кольцо высотой  $h = 25$  мм (также с минимально возможным расстоянием). Найдите отношение размеров изображений, полученных на фотопленке в этих двух случаях.

**618.** Можно ли две лампы накаливания мощностью 60 Вт и 100 Вт, рассчитанные на напряжение 110 В, включить последовательно в сеть напряжением 220 В, если допустимо превышение

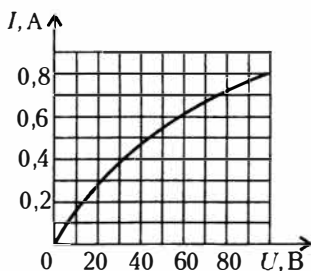


Рис. 256

напряжения на каждой из ламп не более 10% от номинального? Вольт-амперная характеристика лампы мощностью 100 Вт показана на рисунке 256.

**619.** Светящаяся точка находится на главной оптической оси на расстоянии  $d = 40$  см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F = -10$  см. Точку сместили на расстояние  $h = 5$  см в плоскости, перпендикулярной главной опти-

ческой оси. На сколько и куда надо сместить линзу, чтобы изображение светящейся точки вернулось в старое положение?

**620.** Если в центр квадратного стола поставить предмет массой, большей  $m_0$ , ножки стола сломаются. Найдите множе-

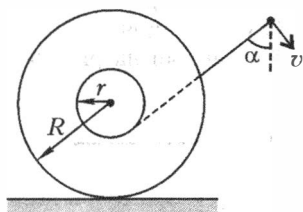


Рис. 257

ство точек стола, куда можно поставить предмет массой  $m_0/2$ , не боясь поломки стола.

**621.** Конец нити, намотанной на катушку, перекинут через вбитый в стену гвоздь (рис.257). Нить тянут с постоянной скоростью  $v$ . С какой скоростью движется центр катушки в тот момент, когда нить составляет угол  $\alpha$  с вертикалью? Внешний радиус катушки  $R$ , внутренний  $r$ .

**622.** Когда и во сколько раз больше абсолютная влажность воздуха (плотность водяных паров): в ноябре при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  и влажности 95% или в июле при  $t_2 = 35^\circ\text{C}$  и влажно-



Рис. 258

сти 40%, если давление насыщенного пара при  $t_1$  равно  $p_1 = 6 \cdot 10^2$  Па, а при  $t_2$  равно  $p_2 = 5,5 \cdot 10^3$  Па?

**623.** Переменный конденсатор с начальной емкостью  $C_0$ , заряженный до напряжения  $U$ , замыкают на резистор сопротивлением  $R$  (рис.258). Как нуж-

но изменять со временем емкость конденсатора, чтобы в цепи шел постоянный ток? Какую мощность развивают внешние силы, благодаря которым изменяется емкость конденсатора?

**624.** В отростке сосуда, закрытого плоским поршнем диаметром  $D = 5$  см, имеется небольшое количество воды (рис.259). Диаметр отростка  $d = 2$  мм. Если при постоянной температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  поршень опустить на  $H = 10$  см, то уровень воды в отростке повысится на  $h = 1$  мм. Найдите давление насыщенных паров воды при температуре  $t$ .

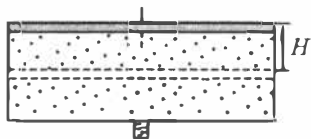


Рис. 259

**625.** Из яичной скорлупы сделан реактивный двигатель, показанный на рисунке 260. Площадь отверстия в скорлупе  $s = 3 \text{ мм}^2$ . Какова наибольшая сила тяги такого двигателя, если температура воды в скорлупе поддерживается равной  $100^\circ\text{C}$ ?

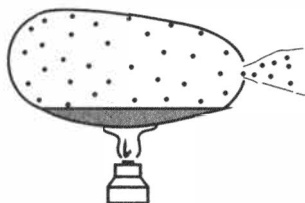


Рис. 260

**626.** Гимнаст падает с высоты  $H = 12$  м на горизонтальную натянутую упругую сетку, которая прогибается при этом на  $h = 1$  м. Оцените, во сколько раз максимальная сила, действующая на гимнаста со стороны сетки, больше силы тяжести, если размеры сетки много больше  $h$  и масса сетки мала по сравнению с массой человека.

**627.** Пока вы решали задачи из «Кванта», картошка, которая стояла на плите, сварилась, вода выкипела и кастрюля изнутри пригорела. Куда надо лить холодную воду, чтобы нагар легче отскочил, – внутрь кастрюли или на ее внешнюю поверхность?

**628.** В вертикальной трубке длиной  $H = 152$  см, запаянной с нижнего конца, имеется столбик воздуха высотой  $h = 76$  см, запертый столбиком ртути (рис.261). Атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па, а температура  $t_0 = 17^\circ\text{C}$ . До какой температуры следует нагреть воздух в трубке, чтобы вся ртуть вылилась?

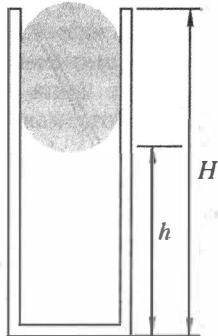


Рис. 261

**629.** Шарик массой  $m$  подвешен на пружине жесткостью  $k$  (пружинный маятник). Точка подвеса пружины совершает верти-

кальные гармонические колебания с амплитудой  $a$  и частотой  $\omega$ . Как движется шарик при установившихся колебаниях?

**630.** Элемент атомной батареи представляет собой конденсатор, на одну из пластин которого нанесен радиоактивный препарат, испускающий  $\alpha$ -частицы со скоростью  $v_0 = 2,2 \cdot 10^6$  м/с. Определите ЭДС этого элемента. Отношение заряда  $\alpha$ -частицы к ее массе  $k = 4,8 \cdot 10^7$  Кл/кг.

**631.** Проволочная спираль, присоединенная к городской сети, нагревается электрическим током. Половину спирали начинают охлаждать (например, водой). Как это отражается на количестве теплоты, выделяемом этой половиной спирали; другой половиной; всей спиралью?

**632.** Оцените, во сколько раз освещенность солнечного зайчика, который получают на вертикальной стене в полдень, больше освещенности прямыми солнечными лучами, если солнечный зайчик посылается на

стену зеркалом с диаметром  $d = 10$  см с расстояния  $l = 50$  см.

**633.** Три одинаковых резистора, конденсатор емкостью  $C$  и катушка индуктивностью  $L$  соединены в цепь, как показано на рисунке 262. Частота  $\omega$  переменного тока в цепи такова, что  $\omega L = 1/(\omega C)$ . При каком

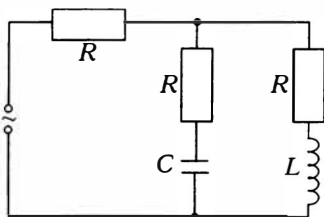


Рис. 262

сопротивлению  $R$  резисторов ток в неразветвленной части цепи в  $n$  раз меньше тока в каждой из ветвей?

**634.** Стержень  $AB$  длиной  $l$  и массой  $m$  нижним концом опирается на стену и с помощью нити удерживается в наклонном положении (рис. 263). Нить привязана к

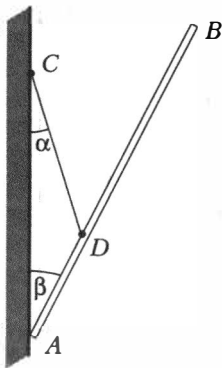


Рис. 263

стене в точке  $C$ , а к стержню – в точке  $D$  такой, что  $AD = AB/3$ . Углы, составляемые нитью и стержнем со стеной, равны  $\alpha$  и  $\beta$  соответственно. Найдите возможные значения коэффициента трения между стержнем и стеной.

**635.** Два одинаковых автомобиля массой  $m = 10^3$  кг движутся вверх по одной и той же горной дороге. Зависимость высоты  $h$  дороги от расстояния  $x$  до начала подъема показана на рисунке 264. Каждый автомобиль развивает постоянную мощность  $P = 12$  кВт, а сила сопротивления движе-

нию автомобиля пропорциональна квадрату его скорости:  $F = \alpha v^2$ , где  $\alpha = 1,4 \text{ кг/м}$ . На последнем горизонтальном участке дороги расстояние между автомобилями равно 100 м. Каким было минимальное расстояние между автомобилями при их движении?

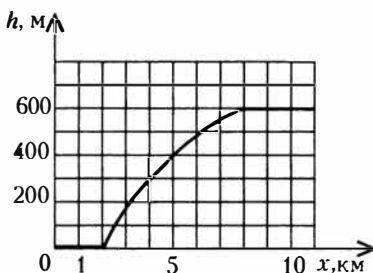


Рис. 264

**636.** Цилиндрический сосуд, закрытый невесомым поршнем с площадью сечения  $S$ , содержит газ под атмосферным давлением  $p_0$ . Объем газа при этом равен  $V_0$ . Сосуд погружают в воду (плотностью  $\rho_0$ ) так, как показано на рисунке 265. Найдите зависимость расстояния  $x$  между поршнем и поверхностью воды от модуля  $F$  силы, удерживающей нить, которая привязана к поршню.

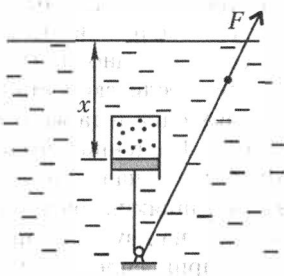


Рис. 265

**637.** В сверхпроводящих катушках с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$ , включенных параллельно, возбужден ток. Индуктивность  $L_1$  одной из катушек уменьшается до нуля. Во сколько раз изменятся при этом ток в цепи и энергия системы?

**638.** Читая в 1908 году лекции в Страсбурге, академик Л.И.Мандельштам поражал слушателей следующим красивым опытом. Два камертона на резонаторных ящиках, имеющих резонансные частоты 500 Гц и 505 Гц, ставили рядом и один из камертонов возбуждали. Второй камертон при этом практически не откликался на колебания первого. Но стоило экспериментатору начать периодически закрывать и открывать рукой ящик звучащего камертона, как тут же начинал звучать второй камертон. Объясните результат этого опыта.

**639.** Две пружины с жесткостями  $k_1$  и  $k_2$  присоединены каждая одним концом в вертикальной стене, другим – к грузу массой  $m$ , лежащему на горизонтальном столе (рис.266). В начальный момент пружина с жесткостью  $k_1$  растянута на величину  $l_1$ , а пружина с жесткостью  $k_2$  сжата на величину  $l_2$ . Груз отпускают. Най-

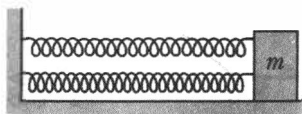


Рис. 266

дите амплитуду и период колебаний груза. Трением пренебречь.

**640.** На рисунке 267 показаны границы областей волнений, возбуждаемых кораблем на двух участках пути. Горизонтальны-

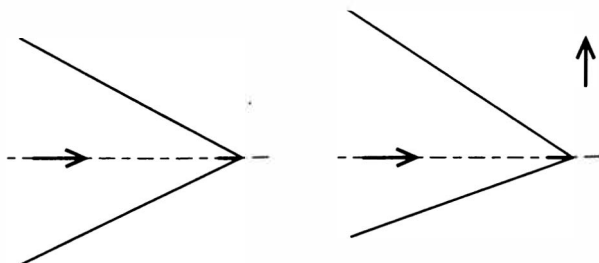


Рис. 267

ми стрелками указаны направления скорости корабля. На первом участке течение отсутствует. Направление течения на втором участке показано вертикальной стрелкой. Определите скорость течения, если скорость корабля относительно берегов в обоих случаях одна и та же и равна  $18 \text{ км/ч}$ .

**641.** Настенные часы с маятником имеют массу  $M = 5 \text{ кг}$ . Масса груза на конце легкого маятника  $m = 150 \text{ г}$ . Какая ошибка в показаниях часов накопится за сутки, если часы подвесить к потолку на двух длинных параллельных шнурах? Считать, что часы, прикрепленные к стене, идут точно.

**642.** На рисунке 268 приведена идеализированная вольт-амперная характеристика диода. Конденсатор емкостью  $C = 100 \text{ мкФ}$ , заряженный до напряжения  $U = 5 \text{ В}$ , подключается через диод к резистору сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом}$ . Какое количество теплоты выделится на резисторе при разрядке конденсатора?

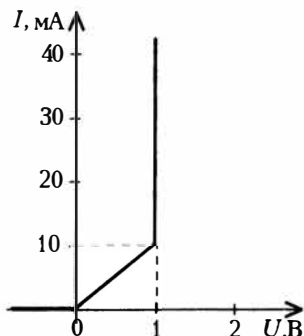


Рис. 268

**643.** С южного и северного полюсов Земли одновременно стартуют две ракеты с одинаковыми начальными скоростями, направленными горизонтально. Через время  $\tau = 3 \text{ ч } 20 \text{ мин}$  ракеты оказались на максимальном удалении друг от друга. Определите максимальное расстояние между ракетами. Ускорение свободного падения на Земле считать известным. Радиус Земли  $R_3 = 6400 \text{ км}$ .

**644.** Цепь, состоящая из двух конденсаторов с емкостями  $C_1$  и  $C_2$  ( $C_2 > C_1$ ) и двух идеальных диодов  $D_1$  и  $D_2$  (рис.269), подключена к источнику переменного напряжения  $u = U_0 \cos \omega t$ . Определите зависимость напряжения на конденсаторах от времени в установившемся режиме. Изобразите полученные зависимости на графике. Сопротивление идеального диода в прямом направлении равно нулю, в обратном – бесконечности.

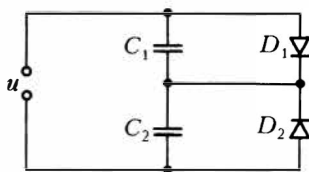


Рис. 269

**645.** Громкоговоритель имеет диффузор с площадью поперечного сечения  $S = 300 \text{ см}^2$  и массой  $m = 5 \text{ г}$ . Резонансная частота диффузора  $\nu_0 = 50 \text{ Гц}$ . Какой окажется его резонансная частота, если поместить громкоговоритель на стенке закрытого ящика объемом  $V = 40 \text{ л}$  (рис.270)? Расчет проведите в предположении, что температура воздуха внутри ящика не изменяется при колебании диффузора.

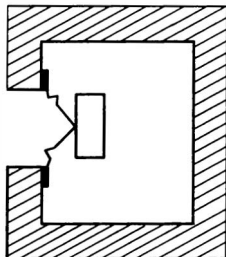


Рис. 270

**646.** Направленный поток электронов вылетает из тонкой широкой щели со скоростью  $v = 10^5 \text{ м/с}$ . Концентрация электронов в потоке  $n = 10^{10} \text{ 1/м}^3$ . На каком расстоянии от щели толщина пучка увеличится в 2 раза?

**647.** Крупная дождевая капля покинула облако в безветренную погоду на большой высоте. В момент, когда ускорение капли было равным  $7,5 \text{ м/с}^2$ , ее скорость составляла  $20 \text{ м/с}$ . Вблизи земли капля падала с постоянной скоростью и, попав на боковое стекло автомобиля, оставила на нем след под углом  $30^\circ$  к вертикали. Оштрафует ли инспектор ГАИ водителя за превышение скорости, если разрешенная скорость движения автомобиля  $60 \text{ км/ч}$ ? Силу сопротивления воздуха считать пропорциональной квадрату скорости капли.

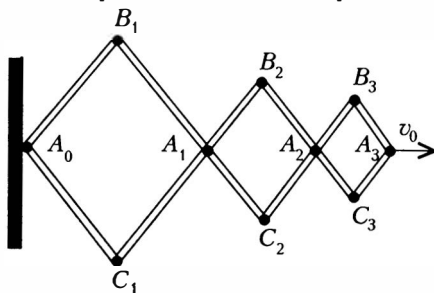


Рис. 271

**648.** Шарнирная конструкция состоит из трех ромбов, стороны которых относятся как  $3:2:1$  (рис.



271). Вершина  $A_3$  перемещается в горизонтальном направлении со скоростью  $v_0$ . Определите скорости вершин  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $B_2$  в тот момент, когда все углы конструкции прямые.

**649.** В ведре находится смесь воды со льдом. Масса смеси 10 кг. Ведро внесли в комнату и сразу же начали измерять

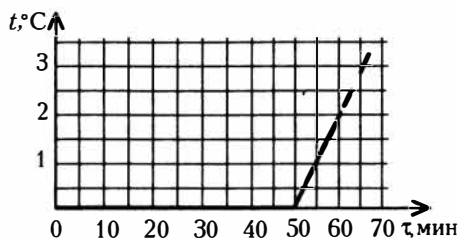


Рис. 272

температуру смеси. Получившийся график зависимости  $t(\tau)$  изображен на рисунке 272. Известны удельная теплоемкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  и удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$ . Оп-

ределите, сколько льда было в ведре, когда его внесли в комнату. Теплоемкостью ведра пренебречь.

**650.** Для получения напряжения, величина которого мало зависит от температуры, собрана схема по рисунку 273,а. Вольт-амперные характеристики диода  $D$  при трех различных температурах окружающей среды  $t_1 = 125^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_3 = -60^\circ\text{C}$  приведены на рисунке 273,б. Напряжение источника равно  $U = 6 \text{ В}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$  и с увеличением температуры возрастает на  $25 \cdot 10^{-3} \text{ В}/\text{град}$ . Найдите напряжение между зажимами  $A$  и  $B$  при  $25^\circ\text{C}$  и зависимость этого напряжения от температуры.

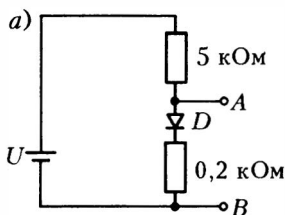
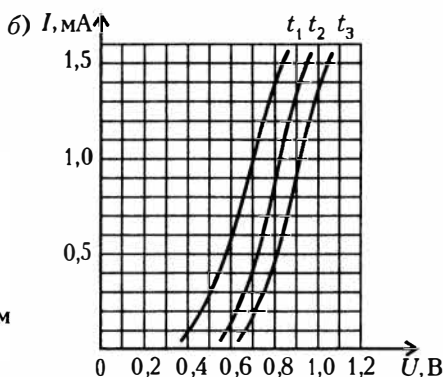


Рис. 273



**651.** В научно-фантастической повести описывается аварийная ситуация, в которой астронавт массой  $M = 100 \text{ кг}$  оказался на расстоянии  $l = 100 \text{ м}$  от корабля со стаканом замерзшей воды. Обеспечивая сублимацию (испарение) льда, астронавт возвраща-

ется на корабль. Реален ли такой способ возвращения? Оцените, за какое время астронавт возвратится на корабль. Считайте, что сублимация льда происходит при постоянной температуре  $T = 272 \text{ К}$ , давление насыщенных паров при этой температуре  $p_n = 550 \text{ Па}$ . Размеры стакана и массу льда задайте самостоятельно.

**652.** Схема, изображенная на рисунке 274, состоит из двух одинаковых резисторов  $R_2 = R_3 = R$  и двух одинаковых нелинейных резисторов  $R_1$  и  $R_4$ , вольт-амперная характеристика которых имеет вид  $U = \alpha I^2$ , где  $\alpha$  – некоторый известный постоянный коэффициент. При каком напряжении источника питания  $U_0$  сила тока через гальванометр  $\Gamma$  равна нулю?

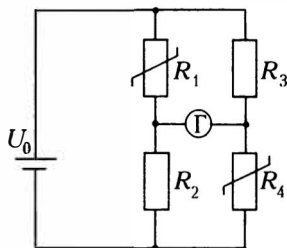


Рис. 274

**653.** Некоторый элемент  $Z$ , соединенный с батареей с ЭДС  $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 10 \text{ кОм}$ , подключен к внешнему источнику тока так, как показано на рисунке 275,а. Вольт-амперная характеристика такой цепи показана на рисунке 275,б. Постройте вольт-амперную характеристику элемента  $Z$ .

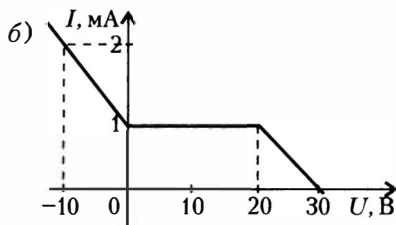
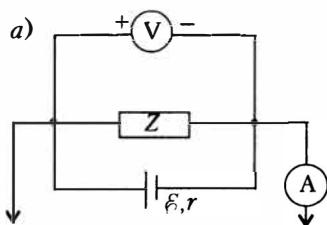


Рис. 275

**654.** Штатив массой  $M$  стоит на гладком столе. К штативу на легкой нити длиной  $l$  прикреплен шарик массой  $m$ . Нить отклоняют на малый угол  $\alpha$  и отпускают (рис. 276). Нарисуйте график зависимости скорости штатива от времени. Столкновения шарика с основанием штатива абсолютно упругие.

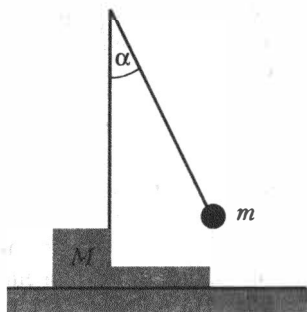


Рис. 276

**655.** В настоящее время используются соленоиды со сверхпроводящей обмоткой. Такие соленоиды мо-

гут длительное время создавать магнитное поле без затраты энергии. Однако если вследствие каких-либо причин участок обмотки соленоида утратит сверхпроводящие свойства, произойдет авария. На этом участке током будет выделяться большое количество тепла и произойдет взрыв. Придумайте простейшее приспособление, исключающее подобные аварии (не пытайтесь придумывать какие-либо схемы с реле, размыкающим цепь, — они не помогут).

**656.** Прямоугольный кузов самосвала заполнен песком. Высота кузова  $h = 1$  м, его ширина  $d = 3$  м, длина  $l = 6$  м. Какая сила действует на задний борт самосвала при равномерном движении автомобиля и при его движении с ускорением  $a = 3$  м/с<sup>2</sup>? Плотность песка  $\rho = 1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент трения между песчинками  $\mu = 0,6$ .

**657.** Радиусы кривизны двух одинаковых слипшихся друг с другом мыльных пузырей равны  $R$ . После того как перегородка между пузырями лопнула, образовался один пузырь радиусом  $R_1$ . Найдите атмосферное давление. Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора равен  $\sigma$ .

**658.** Из баллона, в котором находятся сильно разреженные пары калия, через узкую горизонтальную трубку выходит пучок атомов. Определите температуру паров, если на горизонтальном пути длиной  $l = 50$  см среднее смещение атомов по вертикали составляет  $h = 3,2$  мкм.

**659.** Небольшой станок массой  $m = 200$  кг вибрирует при работе из-за неоднородности тяжелого маховика, вращающегося с угловой скоростью 600 об/с. Чтобы снизить вибрацию перекрытия в цехе, в котором установлен станок, под станину положили упругую прокладку толщиной  $h = 10$  см из материала с модулем упругости  $E = 3,1 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>. Площадь основания станины  $S = 2$  м<sup>2</sup>. Приведет ли установка прокладки к уменьшению вибраций перекрытия?

**660.** Поплавок, изготовленный из однородного материала, имеет форму чечевицы — тела, ограниченного двумя сферическими поверхностями радиусов  $R_1 = R_2 = R = 3$  см. Максимальная толщина чечевицы  $h = 4$  см, масса чечевицы  $m_1 = 5$  г. В поплавок на всю толщину вдоль оси симметрии воткнута спица длиной  $l = 10$  см и массой  $m_2 = 3$  г. Устойчиво ли положение поплавка, когда он плавает на поверхности воды спицей вверх? Считать, что в жидкость погружена меньшая часть чечевицы.

**661.** На рисунке 277 приведены вольт-амперные характеристики двух нелинейных резисторов  $R_1$  и  $R_2$ . Какими будут токи,

идущие через резисторы и источник с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом, если оба резистора подключить к источнику, соединив их: а) последовательно; б) параллельно?

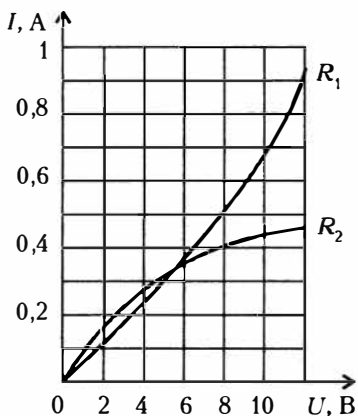


Рис. 277

**662.** Для подзарядки аккумулятора с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В от мощного источника напряжения  $U = 5$  В собрана схема из катушки индуктивностью  $L = 1$  Гн, диода  $D$  и прерывателя  $K$  (рис.278), который периодически-

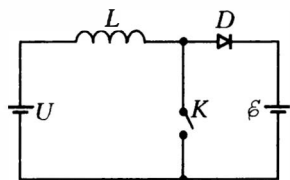


Рис. 278

ки замыкается и размыкается на одинаковые промежутки времени  $\tau_1 = \tau_2 = 0,01$  с. Определите средний ток заряда аккумулятора.

**663.** Тяжелая тележка движется со скоростью  $v$  по горизонтальной плоскости и въезжает на наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом. Переход между плоскостями плавный. На тележке на нити длиной  $l$  висит шарик. Какова будет амплитуда колебаний шарика, когда тележка въедет на наклонную плоскость?

**664.** При фотографировании удаленного точечного источника на фотографии из-за невысокого качества объектива и применяемого фотоматериала получается светлый кружок диаметром  $d = 0,1$  мм. С какого максимального расстояния можно сфотографировать в тех же условиях два точечных источника, расположенных на расстоянии  $l = 1$  см друг от друга, так, чтобы на фотографии их изображения не перекрывались? Фокусное расстояние объектива  $F = 5$  см.

**665.** В теплоизолированном сосуде имеются две жидкости с удельными теплоемкостями  $c_1$  и  $c_2$ , разделенные нетеплопроводящей перегородкой. Температуры жидкостей различны. Перегородку убирают, и после установления теплового равновесия разность между начальной температурой одной из жидкостей и установившейся в сосуде температурой оказывается в два раза

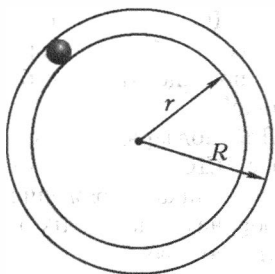


Рис. 279

меньше разности начальных температур жидкостей. Найдите отношение масс первой и второй жидкостей.

**666.** Радиус внутренней обоймы шарикоподшипника равен  $r$ , а внешней —  $R$  (рис.279). Сколько оборотов сделает шарик между этими обоймами, если внешняя обойма сделает  $n_1$ , а внутренняя  $n_2$  оборотов вокруг оси?

**667.** Электрон находится внутри соленоида на расстоянии  $r$  от его оси.

За малое время  $\Delta t$  индукция поля внутри соленоида увеличилась от  $B$  до  $2B$ . Как при этом изменилась скорость электрона? Насколько мала должна быть величина  $\Delta t$ , чтобы решение было верным?

**668.** Через неподвижный блок перекинута невесомая нить. К одному концу нити прикреплен груз массой  $m_1$ . К другому концу на пружине жесткостью  $k$  подвешен груз массой  $m_2$ . Длина пружины в нерастянутом состоянии  $l_0$ . Найдите амплитуду колебаний, которые будет совершать груз массой  $m_2$ , когда систему предоставят самой себе. Качаний поперек нити нет.

**669.** Перевернутый тонкостенный стакан с пробковым дном толщиной  $d$  плавает на границе раздела двух жидкостей с плотностями  $\rho_1$  и  $\rho_2$ . Верхняя часть стакана находится на высоте  $H$  над границей раздела (рис.280). Площадь сечения стакана  $S$ . На какую высоту поднимется стакан, если в дне стакана появится дырка?

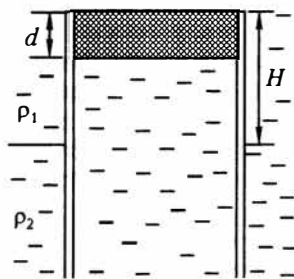


Рис. 280

**670.** Покажите, что максимальная скорость, которую при столкновении может сообщить протону  $\alpha$ -частица, составляет 1,6 начальной скорости  $\alpha$ -частицы.

**671.** Имеется 1 л горячей воды с температурой  $T_1$  и 1 л холодной воды с температурой  $T_2$ . Можно ли сделать так, чтобы окончательная температура воды, бывшей сначала холодной, стала выше температуры воды, которая была сначала горячей?

**672.** Ко вторичной обмотке включенного в сеть понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации  $K = 220/127$  подключена нагрузка сопротивлением  $R_n = 10$  Ом. Напряжение

в сети  $U = 220$  В, сопротивление первичной обмотки трансформатора  $R_1 = 3,6$  Ом, сопротивление вторичной обмотки  $R_2 = 1,2$  Ом. Определите напряжение на нагрузке.

**1981 год**

**673.** Груз висит на упругой нити. Если к грузу прикладывать силу, медленно нарастающую от нулевого значения, то нить оборвется, когда величина силы достигнет значения  $F_1$ . При какой минимальной величине силы оборвется нить, если прикладываемая сила мгновенно достигает некоторого значения и в дальнейшем остается неизменной?

**674.** Серный ангидрид  $\text{SO}_3$  в количестве  $\nu_1 = 1$  моль поместили в замкнутый сосуд и нагрели до температуры  $T_1 = 1000$  К, при которой  $\text{SO}_3$  частично диссоциирует на сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$  и кислород:  $\text{SO}_3 = \text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ . Степень диссоциации в этих условиях оказалась равной  $\alpha_1 = 0,2$  (т.е. диссоциировали 20% первоначально имевшихся молекул  $\text{SO}_3$ ). Когда в тот же сосуд поместили  $\nu_2 = 0,4$  моль  $\text{SO}_3$ , то оказалось, что для получения такого же, как в первом опыте, давления газ надо нагреть до температуры  $T_2 = 2000$  К. Определите степень диссоциации  $\text{SO}_3$  во втором опыте. Все вещества в обоих опытах находятся в газообразном состоянии.

**675.** Для измерения больших токов в цепи  $CC$  (рис.281) используется шунт  $\text{Ш}$ , параллельно которому через сопротивление  $R_1 = 2$  Ом и  $R_2$  подключается измерительный прибор  $\Gamma$  с внутренним сопротивлением  $r = 10$  Ом. В положении  $A$  переключателя  $\Pi$  вся шкала прибора соответствует току в цепи  $I_1 = 10$  А. Каким надо взять сопротивление  $R_2$ , чтобы в положении  $B$  переключателя  $\Pi$  вся шкала прибора соответствовала току  $I_2 = 100$  А? Сопротивление шунта много меньше внутреннего сопротивления прибора.

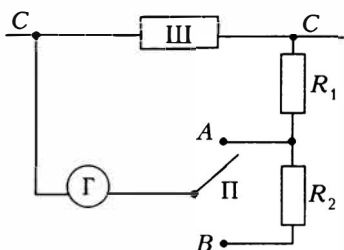


Рис. 281

**676.** Проволочной квадратной рамке с периметром  $4a$  и массой  $m$  сообщают в горизонтальном направлении некоторую начальную скорость. Рамка движется в вертикальной плоскости, все время находясь в магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки (рис.282). Индукция поля меняется по закону  $B(z) = B(0) + kz$ , где  $k = \text{const}$ . Сопротивление рамки равно  $R$ .

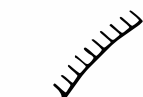
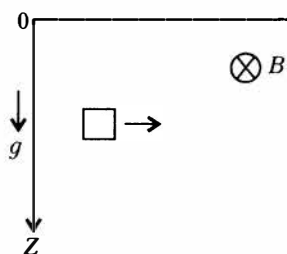


Рис. 282

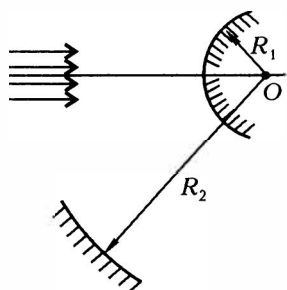


Рис. 283

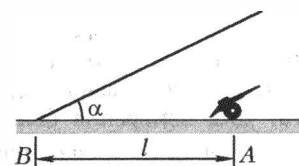


Рис. 284

снаряда лежит в плоскости рисунка, определите максимальную дальность полета.

**679.** Нерастяжимая шероховатая веревка с линейной плотностью  $\rho$  и длиной  $L$  перекинута через блок (рис.285) так, что длина одного из свисающих концов равна  $l$  ( $l < L/2$ ). Блок,

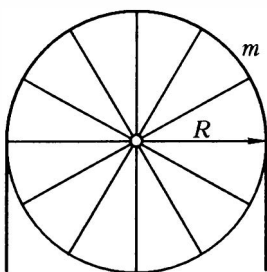


Рис. 285

надетый на горизонтальную ось, представляет собой тонкий обруч массой  $m$  и радиусом  $R$  на легких спицах. Систему удерживают в состоянии покоя и затем отпускают. Найдите силу давления на ось в первый момент времени. Трение между осью и блоком мало.

**680.** Тонкий обруч радиусом  $R$  может вращаться вокруг горизонтального стрежня  $A$ , параллельно оси обруча (рис.286). На обруч надета небольшая

Через некоторое время скорость рамки становится постоянной и равной  $v$ . Найдите начальную скорость, сообщаемую рамке.

**677.** С помощью системы концентрических зеркал (рис.283) на экране получено изображение Солнца. Радиусы зеркал  $R_1 = 12$  см,  $R_2 = 30$  см. Каково должно быть фокусное расстояние тонкой линзы, чтобы с ее помощью получалось изображение Солнца такого же размера?

**678.** Артиллерийское орудие стреляет из-под укрытия, наклоненного под углом  $\alpha$  к горизонту (рис.284). Орудие находится в точке  $A$  на расстоянии  $l$  от основания укрытия (точка  $B$ ). Начальная скорость снаряда равна  $v_0$ . Считая, что траектория

шайба  $B$  массой  $m$ , которая может перемещаться по обручу без трения. Обруч вместе с шайбой как целое отклоняют от положения равновесия на угол  $\varphi_0$  и отпускают. Определите зависимость силы взаимодействия шайбы и обруча от угла  $\varphi$ , образуемого радиусом-вектором  $OA$  с вертикалью.

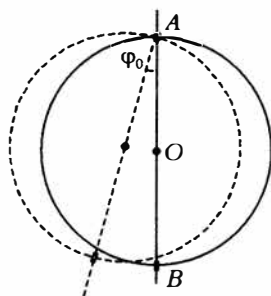


Рис. 286

**681.** Омметр состоит из миллиамперметра, рассчитанного на максимальный ток  $I = 1$  мА, источника тока и добавочного резистора, регулировкой сопротивления которого омметр устанавливается на нулевую отметку при замкнутых накоротко выводах (ноль омметра находится в правом конце шкалы). Схему собирают из батареи для карманного фонарика с ЭДС  $\mathcal{E} = 4,5$  В, резистора с неизвестным сопротивлением и омметра. Когда омметр включают последовательно, он показывает ноль. Когда его включают параллельно батарее, он показывает бесконечно большое сопротивление. Определите величину неизвестного сопротивления резистора и напряжения на батарее и на омметре.

**682.** Зеркало антенны радиолокатора, работающего на волне  $\lambda = 0,3$  м, представляет собой параболоид вращения с «выходным» диаметром  $d = 6$  м, в фокусе которого (глубоко внутри параболоида) расположен точечный излучатель энергии. Эта же антенна используется для приема отраженного от самолета сигнала. Мощность излучателя  $P_{\text{и}} = 2 \cdot 10^5$  Вт. Минимальная мощность сигнала на входе антенны, необходимая для нормальной работы,  $P_{\text{мин}} = 1 \cdot 10^{-13}$  Вт. Оцените максимальную дальность обнаружения локатором самолета, площадь отражающей поверхности которого  $S = 5$  м<sup>2</sup>. Считать, что мощность отраженного сигнала в  $n = 10$  раз меньше мощности падающего сигнала и отражение происходит равномерно во все стороны.

**683.** На рисунке 287 показаны источник  $AB$  и его изображение  $A'B'$ , полученное в линзе. Определите построением расположение линзы и ее фокусное расстояние.

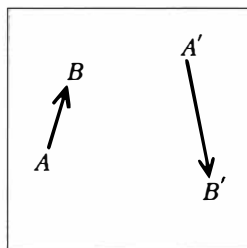


Рис. 287

**684.** Схема имеет  $N$  входных зажимов, один выходной зажим и один общий («земля»). На каждом из входных зажимов потенциал относительно «зем-



ли» составляет от +50 до +200 В. 1) Нарисуйте вариант схемы, который обеспечит на выходном зажиме максимальный из предложенных ко входам потенциалов. 2) Нарисуйте другой вариант – обеспечивающий на выходном зажиме минимальный из предложенных потенциалов. Постарайтесь обойтись без применения дополнительных источников питания.

**685.** Между стенкой и кубом массой  $M = 10$  кг летает на гладком столе упругий шарик массой  $m = 0,1$  г. Его скорость вначале, когда куб покоился, составляла  $v_0 = 100$  м/с. Найдите скорость куба в тот момент, когда он будет в 2 раза дальше от стенки, чем вначале.

**686.** Тонкий обруч массой  $M$  и радиусом  $R$  поставлен на горизонтальную плоскость. По гладкому каналу, проходящему внутри обруча, соскальзывает из верхней точки без начальной скорости небольшое тело массой  $m$ . Определите скорость центра обруча в тот момент, когда тело находится в точке обруча  $A$ , радиус-вектор которой образует угол  $\varphi$  с вертикалью. В начальный момент обруч покоится. Трение между обручем и плоскостью отсутствует.

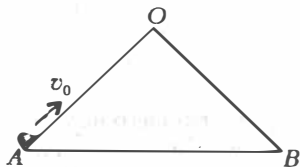


Рис. 288

**687.** Стальному шарик, находящемуся в точке  $A$  основания  $AB$  равнобедренного прямоугольного клина, сообщают скорость  $v_0$  в направлении стороны  $AO$  (рис.288). При

каких значениях  $v_0$  шарик из точки  $A$  попадает в точку  $B$ ? Длина ребра клина  $l$ .

**688.** Тонкий обруч массой  $M$  и радиусом  $R$  жестко закреплен при помощи легких спиц на легкой тонкой оси, проходящей через центр обруча, так, что плоскость обруча составляет с осью угол  $\alpha$  (рис.289). Определите, какую работу необходимо совершить, чтобы раскрутить обруч до угловой скорости  $\omega$ .

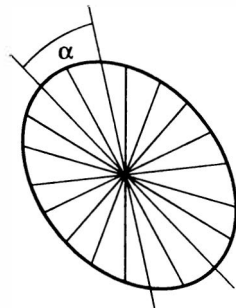


Рис. 289

**689.** На гладком горизонтальном столе лежит пачка бумаги, в которой 500 листов. Сотый лист (считая снизу) больше других. Этот лист осторожно тянут в горизонтальном направлении. Какое максимальное ускорение можно сообщить пачке, чтобы она при этом двигалась не распадаясь? Каково максимальное ускорение, с которым может двигаться центр масс пачки? С каким ускорением должен

двигаться при этом сотый лист? Коэффициент трения бумаги о бумагу  $\mu = 0,2$ .

**690.** Между точками  $A$  и  $B$  на поверхности Луны, расположенными на угловом расстоянии  $90^\circ$ , прорыт прямолинейный канал (рис.290), заполненный воздухом при нормальной температуре. Давление воздуха в середине канала  $p = 10^5$  Па. Найдите давление воздуха в канале у поверхности Луны. Луну считать однородным шаром диаметром  $D = 3480$  км. Ускорение свободного падения на поверхности Луны в шесть раз меньше земного.

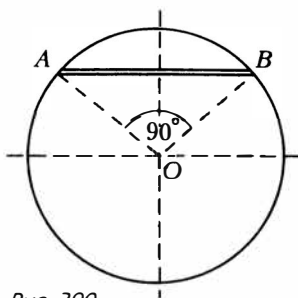


Рис. 290

**691.** Между точками  $E$  и  $F$  схемы, изображенной на рисунке 291, включают сначала идеальный вольтметр, а затем амперметр. Их показания равны  $U_0$  и  $I_0$  соответственно. Какой ток будет течь через резистор сопротивлением  $R$ , включенный между точками  $E$  и  $F$ ?

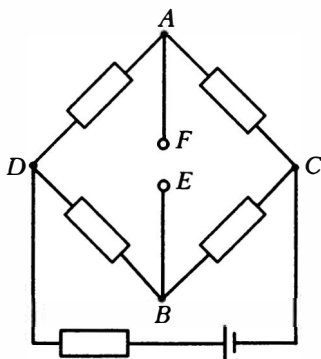


Рис. 291

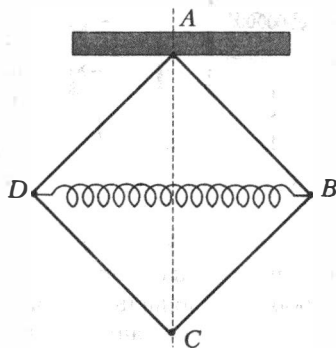


Рис. 292

**692.** Конструкция, изображенная на рисунке 292, состоит из четырех легких жестких стержней длиной  $l$  каждый и легкой пружины длиной  $2l$ . Стержни скреплены небольшими одинаковыми массивными шариками. В точке  $A$  система закреплена. В состоянии равновесия системы стержни образуют квадрат. Определите период малых колебаний системы, при которых точка  $C$  движется вдоль вертикали.

**693.** На неподвижном клине, образующем угол  $\alpha$  с горизонтом, лежит нерастяжимая невесомая веревка (рис.293). Один из

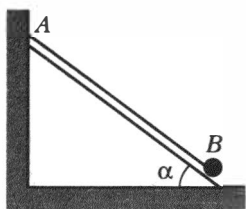


Рис. 293

концов веревки закреплен в точке  $A$ . К нижнему концу веревки (в точке  $B$ ) прикреплен небольшой грузик. В некоторый момент времени клин начинает двигаться вправо с постоянным ускорением  $a$ . С каким ускорением движется грузик, пока он находится на клине?

**694.** По длинному прямолинейному желобу, наклоненному под углом  $\alpha$  к горизонту, движутся без трения  $N$  одинаковых шаров. Какое максимальное число соударений может произойти в системе при произвольных начальных положениях и скоростях шаров? Соударения шаров считать абсолютно упругими.

**695.** В простейшей модели звезда рассматривается как газовый шар, находящийся в равновесии в собственном поле тяжести. Считая, что газ состоит из полностью ионизованных атомов водорода и гелия, оцените температуру звезды. Масса звезды  $M$ , радиус  $r$ , относительное содержание водорода в газе  $n$ .

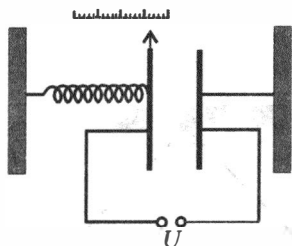


Рис. 294

**696.** Емкостный вольтметр представляет собой плоский воздушный конденсатор, одна из пластин которого закреплена неподвижно, а вторая может перемещаться поступательно в направлении, перпендикулярном плоскости пластин. К подвижной пластине прикреплена пружина жесткостью  $k$  (рис. 294). Мерой приложенного напряжения служит изменение зазора между пластинами. Какое максимальное напряжение  $U$  можно измерить таким прибором? Площадь каждой пластины  $S$ , зазор между пластинами при нулевом напряжении  $d$ .

**697.** Между двумя средами с показателями преломления  $n_0 > 1$  и  $n_1 = 1$  имеется неоднородный слой высотой  $h = H \left( 1 - \frac{1}{n_0^2} \right)$ , где  $H = \text{const}$ , внутри которого показатель преломления меняется с высотой по закону  $n = \sqrt{1 - \frac{x}{H}} n_0$  (рис. 295). Из среды с показателем преломления  $n_0$

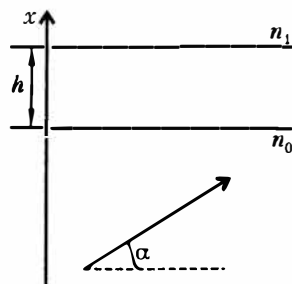


Рис. 295

в неоднородный слой входит луч света. При каких значениях угла  $\alpha$  луч вернется в оптически более плотную среду? При каком значении угла  $\alpha_0$  расстояние между точками входа и выхода луча максимально?

**698.** На некотором производстве детали перемещают с помощью двух транспортеров, ленты которых движутся во взаимно перпендикулярных направлениях с одинаковыми по абсолютной величине скоростями  $v_0$  (рис.296). При этом деталь, въезжая на транспортер II, останавливается на середине ленты. Скорость транспортера II увеличили в  $n$  раз. Какой должна быть скорость транспортера I, чтобы детали по-прежнему останавливались на середине ленты транспортера II? Размёрами деталей пренебречь и считать, что переход на транспортер II происходит без удара.

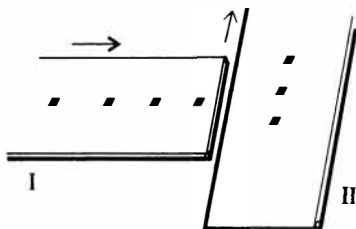


Рис. 296

**699.** Изогнутый капилляр радиусом  $r$  (рис.297), полностью заполненный жидкостью, вращается вокруг вертикальной оси  $OO'$ . При какой угловой скорости вращения жидкость начнет выливаться из капилляра? Плотность жидкости  $\rho$ , поверхностное натяжение  $\sigma$ , жидкость полностью смачивает капилляр, размеры капилляра указаны на рисунке.

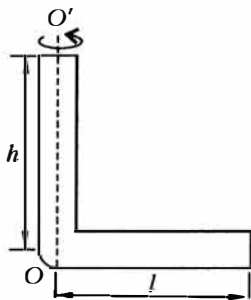


Рис. 297

**700.** Имеются два проводника  $A$  и  $B$  произвольной формы. Первоначально на проводнике  $A$  имеется заряд  $Q$ , а проводник  $B$  не заряжен. Проводники приводят в соприкосновение, и на проводник  $B$  перетекает заряд  $q$ . Соприкасающимся проводникам сообщили дополнительно некоторый заряд  $q_x$ , и в результате на проводнике  $A$  оказался заряд  $q$ . Определите заряд  $q_x$ .

**701.** На рисунке 298 показано распределение температуры вдоль тонкого од-

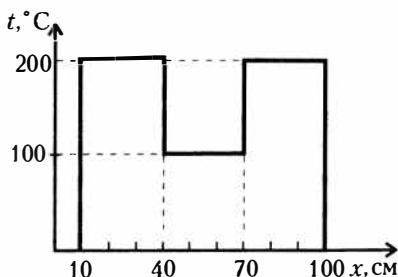


Рис. 298

народного теплоизолированного стержня в некоторый момент времени. Как будет меняться распределение температуры в дальнейшем? Какое распределение установится через достаточно большое время?

**702.** Две системы, каждая из которых состоит из двух одинаковых масс  $m$ , связанных пружинкой жесткостью  $k$ , дви-

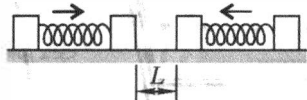


Рис. 299

жутся по гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу с одинаковыми по величине скоростями  $v_0$ . В некоторый момент времени расстояние между системами равно  $L$  (рис.299). Определите время,

через которое расстояние между теми же массами снова будет равно  $L$ . Столкновение систем считать абсолютно упругим.

**703.** Ракета запущена с поверхности Земли вертикально вверх с первой космической скоростью и возвращается на Землю недалеко от места старта. Сколько времени она находилась в полете? Радиус Земли  $R_3 = 6400$  км.

*Примечание.* Площадь эллипса с полуосями  $a$  и  $b$  равна  $S = \pi ab$ .

**704.** По двум гладким наклонным плоскостям, образующим одинаковые углы  $\alpha$  с горизонтом, движутся, касаясь друг друга,

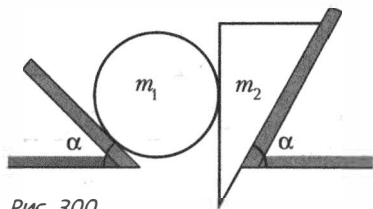


Рис. 300

цилиндр и клин (рис.300). Найдите, с какой силой клин давит на цилиндр. Масса цилиндра  $m_1$ , масса клина  $m_2$ . Трение между цилиндром и клином пренебречь.

**705.** Горизонтально расположенный цилиндрический теплоизолированный сосуд

объемом  $V_0 = 100$  л, заполненный гелием, разделен на две части теплонепроницаемым поршнем, который может перемещаться без трения. Газу, находящемуся в левой части сосуда, сообщают количество теплоты  $Q = 100$  Дж. Найдите изменение давления в сосуде к тому моменту, когда поршень перестанет двигаться.

**706.** Для горизонтального перемещения грузов на расстояние  $L = 20$  м используется самоходная тележка, перемещающаяся по горизонтальным рельсам. На тросе длиной  $l = 5$  м к тележке подвешивают перемещаемый груз. Тележка половину времени движется равноускоренно, а половину равнозамедленно. Определите возможные значения ускорения тележки, при которых груз после остановки тележки в конце пути будет неподвижным.

**707.** Объектив телескопа Гейла имеет диаметр  $D = 250$  см и фокусное расстояние  $F = 160$  м. Телескоп используется для фотографирования искусственного спутника Земли, имеющего диаметр  $d = 200$  см и находящегося на расстоянии  $L = 320$  км. 1) На каком расстоянии от фокуса должна быть расположена фотопластинка? 2) Каким будет размер изображения искусственного спутника? 3) Каков будет диаметр размытых (несфокусированных) изображений звезд на фотографии?

**708.** Для исследования свойств нелинейного резистора был произведен ряд экспериментов. Вначале была исследована зависимость сопротивления резистора от температуры. При повышении температуры до  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  мгновенно происходил скачок сопротивления от  $R_1 = 50$  Ом до  $R_2 = 100$  Ом; при охлаждении обратный скачок происходил при температуре  $t_2 = 99^\circ\text{C}$  (рис.301). Во втором опыте к резистору приложили постоянное напряжение  $U_1 = 60$  В, при котором его температура оказалась равной  $t_3 = 80^\circ\text{C}$ . Наконец, когда к резистору приложили постоянное напряжение  $U_2 = 80$  В, в цепи возникли самопроизвольные колебания тока. Определите период этих колебаний, а также максимальное значение тока. Температура воздуха в лаборатории постоянна и равна  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . Теплоотдача от резистора пропорциональна разности температур резистора и окружающего воздуха. Теплоемкость резистора  $C = 3$  Дж/К.

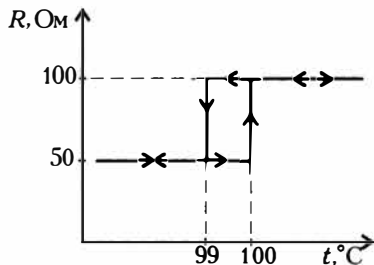


Рис. 301

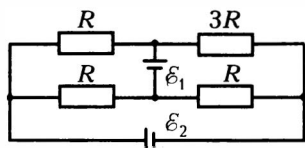


Рис. 302

**709.** Собрана схема, показанная на рисунке 302. ЭДС батареи  $\epsilon_1$  уменьшили на 1,5 В, после чего токи на различных участках цепи изменились. Как нужно изменить ЭДС батареи  $\epsilon_2$ , чтобы: 1) ток через батарею  $\epsilon_2$  стал прежним; 2) ток через батарею  $\epsilon_1$  стал прежним? Внутренними сопротивлениями батарей пренебречь.

**710.** При наблюдении в облаке за падением капли, которая увеличивается в размерах, поглощая мельчайшие капельки, встречающиеся на ее пути, было установлено, что капля движется все время с постоянным ускорением. Определите это ускоре-

ние, считая начальный размер капли малым. Сопротивлением воздуха при движении капли пренебречь.

**711.** В таблице приведены экспериментальные данные об удельных теплоемкостях ( $c$ ) и молярных массах ( $M$ ) нескольких твердых тел. На основании этих данных установите некоторую

|                                          | Серебро | Алюминий | Золото | Висмут  | Кобальт | Медь   | Железо |
|------------------------------------------|---------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|
| $c, \text{Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$ | 0,238   | 0,9      | 0,128  | 0,122   | 0,417   | 0,383  | 0,447  |
| $M, \text{г}/\text{моль}$                | 107     | 27       | 197    | 209     | 59      | 64     |        |
|                                          | Литий   | Магний   | Никель | Платина |         | Ванний |        |
| $c, \text{Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$ | 3,52    |          | 0,43   | 0,131   |         | 0,484  |        |
| $M, \text{г}/\text{моль}$                | 7       | 24       | 60     | 196     | 48      | 51     |        |

физическую закономерность и заполните три пустые клеточки таблицы. Какова предполагаемая точность ваших предсказаний (в процентах)?

**712.** Небольшой шарик движется с постоянной скоростью  $v_0$  по гладкой горизонтальной поверхности и попадает в точку  $A$  в цилиндрический вертикальный колодец глубиной  $H$  и радиусом  $R$ . Вектор скорости шарика составляет угол  $\alpha$  с диаметром колодца, проведенным в точку  $A$  (рис.303). При каком соотношении между  $v_0$ ,  $H$ ,  $R$ , и  $\alpha$  шарик после упругих соударений со стенками и дном сможет выбраться из колодца?

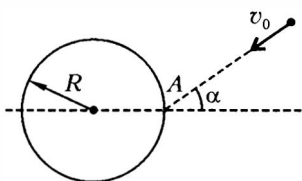


Рис. 303

шарик после упругих соударений со стенками и дном сможет выбраться из колодца?

**713.** Гибкий трубопровод длиной  $l$  соединяет в пространстве точки  $A$  и  $B$ , разность высот между которыми равна  $h$ . Внутри трубопровода по всей его длине лежит веревка, которую удерживают в точке  $A$ . С каким ускорением начнет двигаться веревка в первый момент времени, после того как ее отпустят? Трением между веревкой и стенками трубопровода пренебречь.

**714.** В закрытом сосуде на поверхности воды плавает шар. Как изменится глубина погружения шара, если в сосуд накачать

воздух так, чтобы давление воздуха в сосуде увеличилось в два раза?

**715.** Как зависит напряжение между точками  $A$  и  $B$  (рис.304) от сопротивления резистора  $R$ ?

**716.** Из куска тонкой стальной ленты шириной  $d$ , в которой пробито небольшое отверстие радиусом  $r$ , сделали обруч и поставили его на стол так, что отверстие оказалось внизу. Из этого положения обруч немного сместили и предоставили самому себе. Чему равно максимальное значение скорости качения обруча?

**717.** Маленький шарик скользит без трения по цилиндрическому желобу радиусом  $R$ , ось которого наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту; длина желоба равна  $l$  (рис.305). Сколько раз шарик пересечет линию  $AB$ , если он начал свое движение вблизи точки  $A$ ?

**718.** На берегу реки, скорость течения которой равна  $w$ , в точке  $A$  находится мальчик. Он может бежать по берегу со скоростью  $v$  и плыть по реке со скоростью  $u$  (относительно воды), причем  $u < w$ . Определите, на каком расстоянии от точки  $A$  находится та точка  $C$  берега, откуда мальчик должен начать плыть, чтобы добраться до бакена  $B$  за наименьшее время. Расстояние  $BD$  от бакена до берега  $h$ , расстояние  $AD$  по берегу  $l$  (рис.306).

**719.** Маленькому тяжелому шарiku массой  $m$ , имеющему заряд  $q$ , сообщают начальную скорость  $v_0$ , направленную вертикально вверх. Шарик находится в однородном горизонтальном электростатическом поле, напряженность которого равна  $E$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха и зависимостью ускорения свободного падения  $g$  от высоты, определите минимальную скорость шарика в процессе его движения.

**720.** Однородный брусок массой  $M$  и длиной  $l$  начинает двигаться вниз по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Начальный участок длиной  $l$  наклонной плоскости

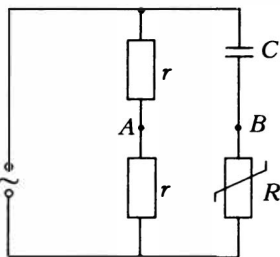


Рис. 304

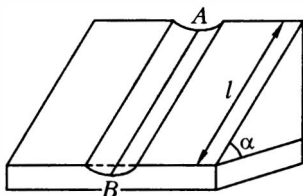


Рис. 305

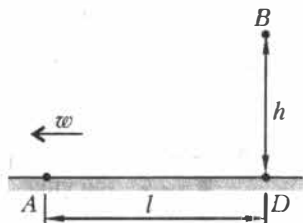


Рис. 306



занят близко расположенными катками в виде трубок массой  $m$  и радиусом  $r \ll l$  (рис.307), которые вращаются без трения в подшипниках. Остальной участок наклонной плоскости гладкий. Найдите зависимость ускорения бруса от перемещения вдоль плоскости.

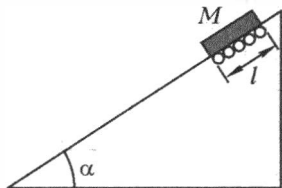


Рис. 307

721. Равномерно заряженный по поверхности лист из диэлектрика, имеющий форму равнобедренного прямоугольного треугольника, сложили пополам. При этом была совершена работа  $A$  против сил электростатического поля. Какую работу надо совершить, чтобы полученный треугольник опять сложить пополам?

722. Плоский конденсатор находится в магнитном поле, которое перпендикулярно плоскостям пластин (рис.308). Расстояние между пластинами  $d$ , вектор магнитной индукции  $\vec{B}$ . Внутри конденсатора около отрицательно заряженной пластины расположен источник медленных электронов, испускающий электроны в разных направлениях. При каком напряжении между пластинами электроны будут фокусироваться на положительно заряженной пластине? От чего зависит размер «пятна»?



Рис. 308

723. Спортсмены бегут с одинаковыми скоростями  $v$  колонной длиной  $l_0$ . Навстречу бежит тренер со скоростью  $u$  ( $u < v$ ). Спортсмен, поравнявшийся с тренером, бежит назад с той же скоростью  $v$ . Какова будет длина колонны, когда все спортсмены развернутся?

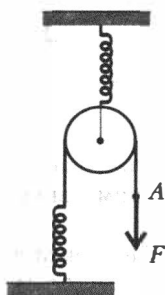


Рис. 309

724. На сколько переместится конец перекинутой через подвижный блок нити (точка  $A$  на рисунке 309), если к нему приложить силу  $F$ ? Жесткости пружин одинаковы и равны  $k$ . Пружины, нить и блок считать невесомыми.

725. Из взрывчатого вещества нужно изготовить тонкостенную коническую оболочку так, чтобы при взрыве, начинающемся с вершины конуса и «сползающем» вниз, продукты взрыва ударились о горизонтальную плиту, на которой стоит конус, одновременно. Скорость детонации (скорость вовлечения во взрыв новых участков

взрывчатого вещества)  $v$ , а скорость разлета продуктов взрыва  $u$ . Каким должен быть угол  $\Phi$  между осью конуса и его образующей?

**726.** В длинной горизонтально расположенной теплоизолированной трубе между двумя поршнями массой  $m$  каждый находится 1 моль идеального одноатомного газа при температуре  $T_0$ . Вне поршней – вакуум. В начальный момент скорости поршней направлены в одну сторону и равны  $v$  и  $3v$ . До какой максимальной температуры нагреется газ? Поршни тепло не проводят.

**727.** Зависимость напряжения от тока для некоторого источника электрической энергии показана на рисунке 310. Постройте график зависимости напряжения на нагрузке, на которую замкнут источник, от сопротивления нагрузки.

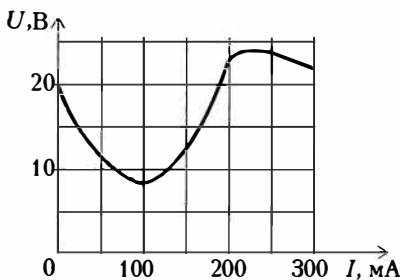


Рис. 310

**728.** Три маленьких шарика с одинаковыми массами – красный, синий и зеленый – закреплены невесомым каркасом в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $l$ . Система

положена на гладкую горизонтальную поверхность и приведена во вращение с периодом  $T$  вокруг центра масс. В некоторый момент красный шарик отрывается от каркаса. На каком расстоянии от синего шарика он окажется спустя время  $T$ ?

**729.** Лента транспортера длиной  $l$  движется со скоростью  $v_0$  (рис. 311). С какой скоростью нужно толкнуть кубик массой  $m$  против движения транспортера для того, чтобы количество теплоты, выделившееся за счет работы силы трения между кубиком и лентой транспортера, было максимальным? Чему равно это максимальное количество теплоты, если коэффициент трения равен  $\mu$  и выполняется условие  $v_0^2 < 2\mu l g$ ?

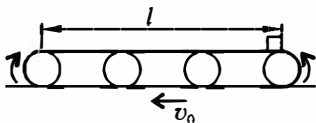


Рис. 311

**730.** Два плоских конденсатора расположены параллельно друг другу. Расстояние  $L$  между конденсаторами много больше размеров их обкладок и расстояния  $d$  между обкладками. Заряд одного конденсатора  $q_1$ , заряд другого  $q_2$ . С какой силой притягиваются эти конденсаторы?

**731.** Две одинаковые частицы с зарядами  $q$  и массами  $m$  вылетают одновременно из одной точки в направлении, перпендикулярном силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией  $\vec{B}$ . Выразите расстояние между частицами как функцию времени, если начальные скорости частиц направлены одинаково и равны  $v_1$  и  $v_2$ .

**732.** Точечный предмет  $S$  находится на оси полого конуса с зеркальной внутренней поверхностью (рис.312). С помощью линзы  $L$  на экране  $\mathcal{E}$  получают изображение предмета, создаваемое лучами, однократно отраженными от зеркальной поверхно-

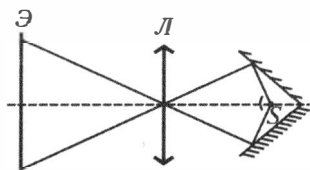


Рис. 312

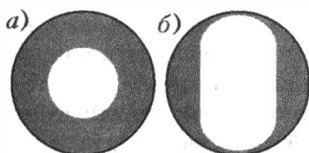


Рис. 313

сти конуса (прямые лучи от предмета на линзу не попадают). Что произойдет с изображением, если линзу закрыть диафрагмой такой, как: а) на рисунке 313, а; б) на рисунке 313, б?

### 1982 год

**733.** На полуцилиндре с радиусом основания  $R$  лежит гантелька длиной  $l$  (рис.314). Найдите период малых колебаний гантельки.

**734.** Веревка, прикрепленная одним концом к боковой поверхности цилиндра у его основания радиусом  $r$ , обмотана вокруг цилиндра  $k$  раз ( $k$  – целое число). К свободному концу веревки привязан груз. Грузу сообщают скорость  $v$ , направленную вдоль радиуса цилиндра (рис.315). За какое время вся веревка снова наматывается на цилиндр? Цилиндр закреплен на гладкой поверхности.

**735.** Две одинаковые катушки индуктивности подключены через

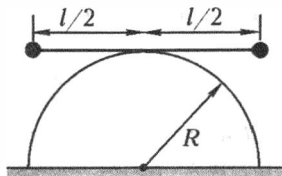


Рис. 314

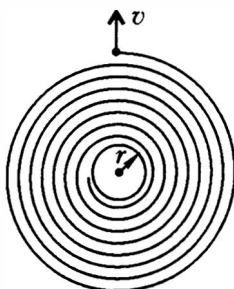


Рис. 315

ключи  $K_1$  и  $K_2$  к источнику с постоянной ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (рис.316). В начальный момент времени оба ключа разомкнуты. Затем замыкают сначала ключ  $K_1$ , а потом ключ  $K_2$ . Определите величину тока, протекающего через ключ  $K_1$  в момент замыкания ключа

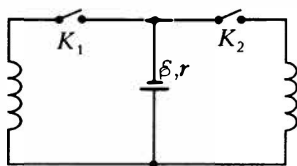


Рис. 316

$K_2$ , если известно, что после замыкания ключа  $K_2$  установившийся ток через ключ  $K_1$  в два раза больше установившегося тока через ключ  $K_2$ . Активными сопротивлениями катушек пренебречь.

**736.** На однородный стержень, оба конца которого заземлены, падает пучок электронов (рис.317), причем на каждый сантиметр длины стержня попадает одно и то же число электронов в секунду. Сопротивление стержня  $R$ . Ток на участке заземления равен  $I$ . Найдите разность потенциалов между серединой стержня  $A$  и его концом  $B$ .

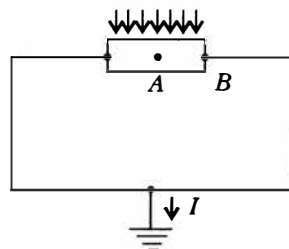


Рис. 317

**737.** Параллельный пучок света рассеивается, проходя пластинку. Для любого луча, проходящего пластинку, максимальный угол отклонения от первоначального направления равен  $\alpha$ .

Каков наименьший радиус светлого пятна, которое можно получить, поставив за пластинкой собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F$ ?

**738.** Частицы движутся гуськом с постоянными скоростями. Скорости частиц равномерно возрастают от значения  $v_1$  в голове колонны до значения  $v_2$  в хвосте колонны. В некоторый момент частицы занимают отрезок длиной  $l_0$ , и при этом на единицу длины приходится  $n_0$  частиц. Сколько частиц спустя время  $t$  будет приходится на единицу длины в хвосте колонны; в голове колонны?

**739.** В цилиндрический сосуд высотой  $H$  с площадью основания  $S$  из горизонтально расположенной трубы каждую секунду вливается масса воды  $M$ . В основании сосуда имеется небольшое отверстие. На поверхности воды в сосуде лежит тонкая легкая губка. С некоторого момента высота уровня воды в сосуде становится постоянной и равной  $h_0$ . Определите, с какой скоростью вытекает при этом вода из отверстия.

**740.** В сосуде находится смесь газов – гелия и кислорода. При

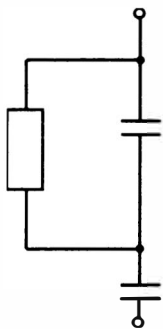


Рис. 318

температуре  $t = -2^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 0,9$  атм плотность этой смеси  $\rho = 0,44$  кг/м<sup>3</sup>. Каким станет давление в сосуде, если из него удалить половину молекул кислорода?

**741.** В сеть переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц подключены последовательно два конденсатора емкостью 1 мкФ каждый. Параллельно одному из конденсаторов включен резистор сопротивлением 100 кОм (рис.318). Найдите тепловую мощность.

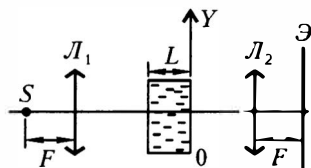


Рис. 319

**742.** Стекланный сосуд прямоугольного сечения установлен между двумя собирающими линзами с фокусными расстояниями  $F$  перпендикулярно оптической оси линз (рис.319). Точечный источник света  $S$  расположен в фокальной плоскости линзы  $L_1$ . Когда сосуд пустой, изображение источника наблюдается на экране  $\mathcal{E}$ , расположенном в фокальной плоскости линзы  $L_2$ . Сосуд заполняют прозрачной жидкостью, показатель преломления которой меняется с высотой по закону  $n(y) = n_0 + \alpha y$ . Толщина слоя жидкости равна  $L$ . На сколько

сместится по вертикали изображение источника на экране? Изменение показателя преломления с глубиной сосуда считать малым в пределах диаметра светового пучка.

**743.** С какой минимальной скоростью можно перебросить камень через стену высотой  $H$  и толщиной  $l$ , если бросать его с высоты  $h$ ?

**744.** Космический аппарат представляет собой жесткую тонкостенную сферу радиусом  $R = 2$  м, наполненную газом. Внутри аппарата находится шар радиусом  $r = R/2$ , наполненный тем же газом, что и весь аппарат, но при большем давлении. Шар касается внутренней поверхности аппарата. В результате повреждения шар лопнул. Найдите, во сколько раз изменилось давление внутри аппарата, если оказалось, что весь аппарат при этом сместился на расстояние  $a = 0,5$  м. Массой оболочек пренебречь, температуру считать неизменной.

**745.** Теплоизолированный сосуд разделен на две части теплоизолированным поршнем, который может перемещаться в сосуде без трения. В левой части сосуда содержится 1 моль идеального одноатомного газа, в правой – вакуум. Поршень соединен с

правой стенкой сосуда пружиной, длина которой в свободном состоянии равна длине сосуда. Пренебрегая теплоемкостью сосуда, поршня и пружины, определите теплоемкость системы.

**746.** Электрическая батарея, использующая  $\beta$ -радиоактивность, представляет собой металлическую сферу, внутри которой помещен изолированный от нее кусочек радиоактивного вещества. Ежесекундно распадаются  $\nu$  атомов. Считая, что энергия электронов, образующихся при распаде, равномерно распределена от минимального значения  $W_{\min}$  до максимального  $W_{\max}$ , определите ЭДС батареи.

Какой наибольший ток может давать такая батарея? До каких сопротивлений нагрузки батарею можно считать генератором тока?

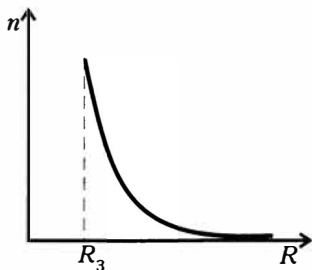


Рис. 320

**747.** Космонавты во время вывода космического корабля на орбиту заметили на некоторой высоте  $H_0$  тонкий светящийся слой (полное внутреннее отражение света в атмосфере). Как по графику (рис.320) зависимости коэффициента преломления атмосферы  $n$  от расстояния  $R$  до центра Земли определить  $H_0$ ?

**748.** По винтообразному желобу с прямоугольным профилем, вырезанному на внутренней поверхности бесконечного длинного полого цилиндра, скользит маленький кубик (рис.321). Радиус основания цилиндра  $R$ , шаг винта  $h$ , коэффициент трения скольжения  $\mu$ . Найдите установившуюся скорость движения кубика. (Размер кубика и глубина желоба много меньше  $R$ .)

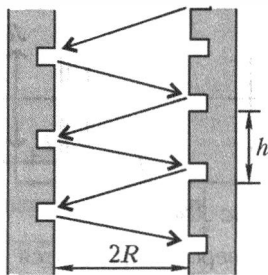


Рис. 321

**749.** Массивный диск вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью  $\Omega$ . На него сверху опускают диск радиусом  $r$  и массой  $m$ , ось которого направлена строго вертикально (рис. 322). Расстояние между осями дисков  $d$  ( $d > r$ ), коэффициент трения между поверхностями дисков  $\mu$ . Определите установившуюся угловую скорость малого диска. Какой момент сил необходимо приложить к оси большого диска, чтобы скорость его вращения оставалась неизменной? Трение в осях отсутствует.

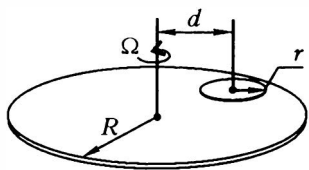


Рис. 322

указаны на рисунке)? Какого минимального сопротивления резистор можно подключить параллельно элементу Э, чтобы напряжение на элементе не оставалось постоянным?

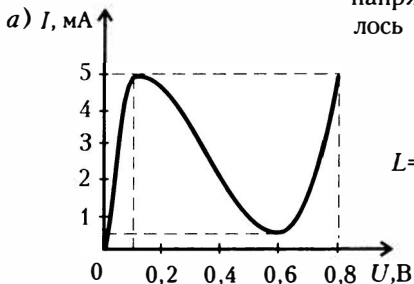
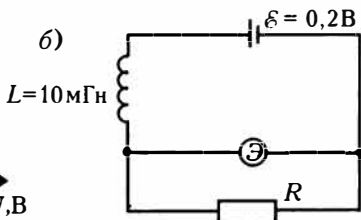


Рис. 323



**751.** На очень шероховатый цилиндр радиусом  $r$ , расположенный горизонтально, надет тонкий обруч радиусом  $R$ . Найдите период колебаний обруча в вертикальной плоскости.

**752.** На расстоянии  $L_1 = 5 \text{ м}$  от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 10 \text{ см}$  расположена равномерно освещенная вертикальная плоскость  $\Pi$  (рис. 324). Между линзой и плоскостью на расстоянии  $L_2 = 1 \text{ м}$  от линзы расположена вертикальная непрозрачная пластинка толщиной  $l = 5 \text{ см}$ , в которой проделано отверстие диаметром  $d = 1 \text{ см}$  (центр отверстия находится на главной оптической оси линзы). Как будет выглядеть пятно на экране Э, помещенном в фокальной плоскости линзы справа от нее? (Внутренние стенки отверстия не отражают свет.)

Рис. 324

**753.** На рисунке 325 приведена зависимость напряжения источника питания от тока нагрузки. Найдите максимальную мощность, которую можно получить в нагрузке. При каком сопротивлении нагрузки она достигается? Для чего может пона-

добиться такой источник питания и как практически осуществить такую зависимость  $U(I)$ ?

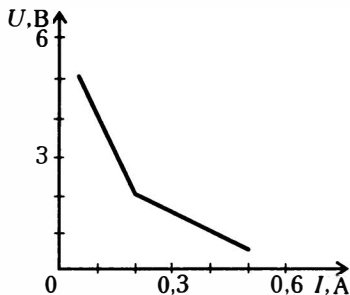


Рис. 325

**754.** Муравей бежит от муравейника по прямой так, что скорость его обратно пропорциональна расстоянию до центра муравейника. В тот момент, когда муравей находится в точке  $A$  на расстоянии  $l_1 = 1$  м от центра муравейника, его скорость  $v_1 = 2$  см/с. За какое время муравей

добежит от точки  $A$  до точки  $B$ , которая находится на расстоянии  $l_2 = 2$  м от центра муравейника?

**755.** Спутник представляет собой легкую жесткую сферу радиусом  $R = 1$  м и массой  $M = 1$  кг, наполненную воздухом при давлении  $p = 10^{-3}$  атм и температуре  $T = 300$  К. Одновременно в стенке сферы открываются два клапана, расположенные друг от друга на расстоянии, равном радиусу сферы. Площади клапанов  $S_1 = 10^{-4}$  см<sup>2</sup> и  $S_2 = 2 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>. Найдите величину отклонения спутника от прежней траектории за время  $\tau = 100$  с.

**756.** Баллон объемом  $V = 2$  л содержит  $m = 2$  г водорода и немного воды. Давление в сосуде  $p_1 = 17$  атм. Сосуд нагревают так, что давление в нем увеличивается до  $p_2 = 26$  атм. Сколько воды при этом испаряется? Чему равны начальная и конечная температуры?

*Указание.* Воспользуйтесь таблицей зависимости давления насыщенных паров воды от температуры:

|                                 |     |     |     |     |     |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t, ^\circ\text{C}$             | 100 | 120 | 133 | 152 | 180 |
| $p_{\text{н}}, 10^5 \text{ Па}$ | 1   | 2   | 3   | 5   | 10  |

**757.** Для получения одинаковых по размеру капель воды используется капиллярная трубка, соединенная с большим резервуаром, наполненным водой (рис. 326). Жидкость вытекает из капилляра при медленном перемещении поршня в резервуаре. Снаружи на свободном конце капилляра укреплен пьезоэлемент, присоединенный к звуковому генератору и передающий колебания

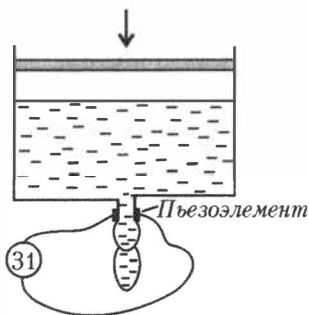


Рис. 326



струе воды. При достаточно большой амплитуде колебаний струя разбивается на совершенно одинаковые капли. Найдите радиус капель, если диаметр трубки  $d = 0,2$  мм, скорость вытекающей жидкости  $v = 2$  м/с, частота звуковых колебаний  $\nu = 1000$  Гц.

**758.** Жесткая заготовка зажата между двумя параллельными направляющими, движущимися в горизонтальном направлении со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  (рис.327). В некоторый момент времени точки касания заготовки с направляющими лежат на прямой, перпендикулярной векторам  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . Какие точки заготовки имеют в этот момент скорости, равные по абсолютной величине  $v_1$  и  $v_2$ ?

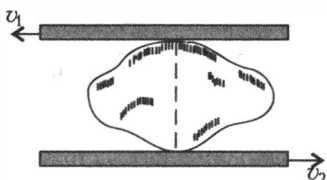


Рис. 327

**759.** Невесомый стержень длиной  $l$  с небольшим грузом массой  $m$  на конце шарнирно закреплен в точке  $A$  (рис.328) и находится в строго вертикальном положении, касаясь при этом тела массой  $M$ . От небольшого толчка система приходит в движение. При каком соотношении между  $m$  и  $M$  стержень в момент отрыва от тела  $M$  будет составлять с горизонтом угол  $\alpha = \pi/6$ ? Чему будет равна в этот момент скорость тела? Трением пренебречь.

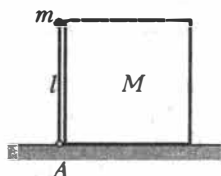


Рис. 328

**760.** В теплоизолированный сосуд, содержащий  $m_1 = 20$  г гелия, влетает со скоростью  $v = 100$  м/с стальной шарик массой  $m_2 = 1$  г. Найдите изменение температуры в сосуде. Удары шарика о стенки сосуда и атомов о шарик считать абсолютно упругими.

**761.** Схему собирают из батарейки, двух одинаковых амперметров и двух одинаковых вольтметров (рис.329). Амперметры  $A_1$  и  $A_2$  показывают, соответственно,  $I_1 = 1,1$  мА и  $I_2 = 0,9$  мА; вольтметр  $V_2$  показывает  $U_2 = 0,25$  В. Что показывает вольтметр  $V_1$ ? Чему равно напряжение батарейки?

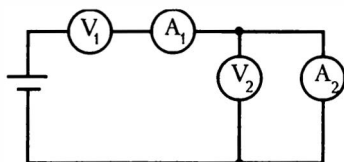


Рис. 329

**762.** На рисунке 330 приведена вольт-амперная характеристика лампы накаливания, номинальное напряжение которой  $U_n = 220$  В, а номинальная мощность  $P_n = 100$  Вт. Лампу

подключают к сети переменного тока (220 В, 50 Гц) последовательно с конденсатором емкостью  $C = 10$  мкФ. Определите ток в лампе и напряжение на ней. Считать, что в течение периода сетевого напряжения температура нити практически не меняется.

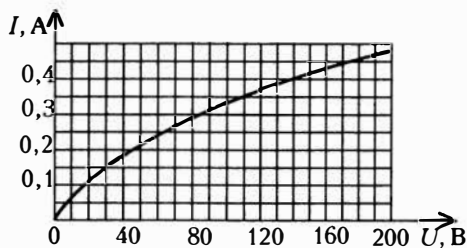


Рис. 330

**763.** На горизонтальной поверхности стоит обруч радиусом  $R$ . Мимо него движется со скоростью  $v$  такой же обруч. Найдите зависимость скорости верхней точки «пересечения» обручей от расстояния  $d$  между их центрами. Обручи тонкие; второй обруч «проезжает» вплотную к первому.

**764.** Ударная волна представляет собой область повышенного давления, распространяющуюся с большой скоростью в направлении оси  $X$  (рис. 331, а); в момент прихода волны давле-

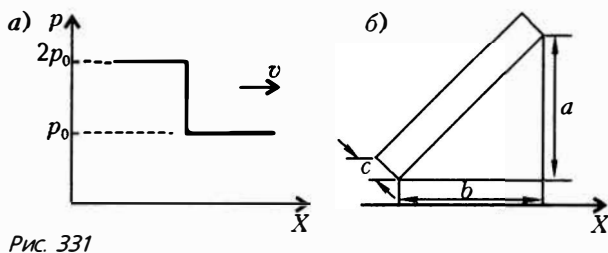


Рис. 331

ние резко повышается от  $p_0$  до  $2p_0$ . На пути распространения волны стоит клин, размеры клина указаны на рисунке 331, б, масса клина равна  $m$ . Какую скорость приобретет клин сразу после прохождения через него фронта ударной волны? Считать, что приобретаемая клином скорость много меньше скорости распространения волны; трение пренебрежимо мало.

**765.** В настоящее время мощность всех источников энергии на Земле, используемых человечеством, составляет  $\Delta P = 10^{13}$  Вт, а мощность солнечной энергии, поступающей на Землю, равна  $P_0 = 10^{17}$  Вт. К какому перегреву  $\Delta T$  поверхности Земли приводят земные источники энергии? Какова максимально допустимая величина  $\Delta P_{\max}$ , если предельный перегрев из экологических соображений не должен превышать величины  $\Delta T_{\max} = 0,1$  К? Известно, что энергия, излучаемая в единицу времени

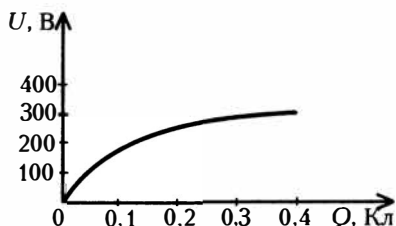


Рис. 332

нагретым телом, увеличивается в 16 раз при увеличении абсолютной температуры тела в 2 раза.

**766.** Для лампы-вспышки применили нелинейный конденсатор (он заполнен диэлектриком, у которого диэлектрическая проницаемость зависит от напряженности

поля). График зависимости напряжения  $U$  от заряда  $Q$  конденсатора приведен на рисунке 332. Конденсатор заряжают от батареи напряжением  $U_0 = 300$  В через резистор сопротивлением  $R = 10$  кОм. Найдите максимальную энергию вспышки. Оцените максимальное число вспышек за 1 минуту. Считать, что при вспышке конденсатор полностью разряжается. Минимальное начальное напряжение вспышки  $U_1 = 250$  В.

**767.** В одном из проектов получения электроэнергии предлагалось использовать морские течения и магнитное поле Земли. Проект заключается в следующем. В море погружают две горизонтальные металлические пластины, расположенные одна над другой на расстоянии  $l = 100$  м; площадь каждой пластины  $S = 1$  км<sup>2</sup>. Морская вода, удельное сопротивление которой  $\rho = 0,25$  Ом·м, протекает между пластинами с запада на восток со скоростью  $v = 1$  м/с. Магнитное поле Земли в данном месте однородно и направлено с юга на север; индукция поля  $B = 10^{-4}$  Тл. Определите максимальную электрическую мощность, которая может выделяться на нагрузку, подсоединенной к пластинам.

**768.** По гладкому столу движется, быстро вращаясь вокруг своей оси, волчок, имеющий форму конуса (рис. 333). При какой скорости поступательного движения волчок не ударится о край стола, соскочив с него? Ось волчка остается вертикальной. Размеры волчка указаны на рисунке.

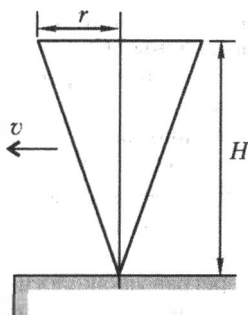


Рис. 333

**769.** Массивный цилиндр массой  $M$  и радиусом  $R$  опирается на две подставки одинаковой высоты (рис. 334). Одна подставка неподвижна, а другая выезжает из-под цилиндра со скоростью  $v$ . С какой силой давит цилиндр на неподвижную подставку в тот момент, когда расстояние

между точками опоры равно  $R\sqrt{2}$ ? Считать, что в начальный момент подставки располагались очень близко друг к другу; трение между цилиндром и подставками отсутствует.

**770.** В теплоизолированном цилиндре под легким поршнем находится смесь равных количеств воды и льда:  $m_v = m_l = 1$  кг. Давление на поршень медленно увеличивают от начального значения  $p_0 = 10^5$  Па до  $p_1 = 2,5 \cdot 10^6$  Па. Определите, сколько льда при этом растает и какую работу совершит внешняя сила. Известно, что для уменьшения температуры плавления льда на 1 градус нужно довести давление до  $14 \cdot 10^6$  Па. 1) Решите задачу, считая воду и лед несжимаемыми. 2) Оцените поправку, которую дает учет сжимаемости. Известно, что для уменьшения объема некоторого количества воды на 1% давление нужно поднять до  $20 \cdot 10^6$  Па. Сжимаемость льда примите для оценки равной половине сжимаемости воды.

**771.** В схеме, приведенной на рисунке 335, диод  $D$  и катушка индуктивностью  $L$  в момент времени  $t = 0$  при помощи ключа  $K$  подключаются к источнику переменного напряжения  $u = U_m \cos \omega t$ . Определите силу тока в катушке как функцию времени, постройте график этой функции. Диод и катушку считать идеальными. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

**772.** Межпланетный корабль совершил мягкую посадку на Луну. Корабль имеет форму диска радиусом  $r = 4$  м, его поверхность покрыта черной (неотражающей) краской. Можно ли обнаружить прилунение корабля с помощью самого большого в мире советского телескопа БТА с диаметром объектива  $D = 6$  м, если в его фокальной плоскости установить фотопластинку и сфотографировать участок поверхности Луны, в котором находится предполагаемое место прилунения? Принять, что надежно различимая контрастность изображения на фотопластинке (т.е. минимальная относительная разница в освещенности светлых и темных частей изображения) равна  $k = 0,05$ . Расстояние от Земли до Луны  $L = 4 \cdot 10^5$  км; фотографирование ведется в свете с длиной волны  $\lambda = 0,6$  мкм. Оцените, при каком размере букв, выложенных космонавтами на поверхности Луны, их можно

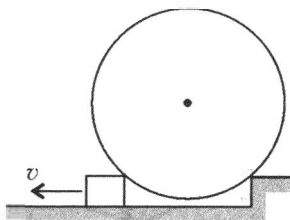


Рис. 334

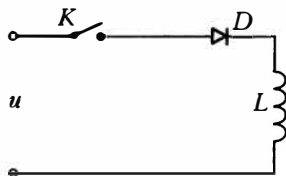


Рис. 335

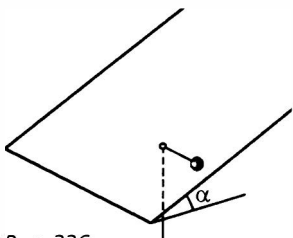


Рис. 336

что нить горизонтальна (рис.336). Нить начинают медленно вытягивать; при том тело к моменту достижения отверстия описывает половину окружности. Найдите величину коэффициента трения тела о плоскость.

**774.** Для многих веществ существуют такие значения температуры  $T_{тр}$  и давления  $p_{тр}$ , при которых все три фазы вещества – газообразная, жидкая и твердая – находятся в равновесии друг с другом. Это так называемая тройная точка. Для воды  $T_{тр} = 0,0075^\circ\text{C}$ ,  $p_{тр} = 4,58$  мм рт. ст; удельная теплота парообразования в тройной точке  $r = 595,8$  кал/г, удельная теплота плавления  $\lambda = 79,7$  кал/г. Найдите удельную теплоту сублимации (прямого перехода из твердого состояния в газообразное) воды вблизи тройной точки.

**775.** Многопредельный амперметр высокой точности содержит для каждого предела измерений отдельный шунт. Амперметр включают в сеть на пределе 10 мА, и он показывает силу тока  $I_1 = 2,95$  мА; когда его переключили на предел 3 мА, он показал  $I_2 = 2,90$  мА. Какова была сила тока в цепи до подключения амперметра?

**776.** В небольшой чайник налита доверху теплая вода ( $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ). Чайник остывает на 1 градус за время  $\tau = 5$  мин. Для того чтобы чайник не остыл, в него капают горячую воду ( $t_2 = 45^\circ\text{C}$ ). Масса одной капли  $m_k = 0,2$  г. Сколько капель в минуту должно капать в чайник, чтобы температура поддерживалась равной  $30^\circ\text{C}$ ? На сколько градусов подогреется вода за одну минуту, если начать капать втрое чаще? Считать, что температура воды в чайнике выравнивается очень быстро. Лишняя вода выливается из носика. В чайник входит 0,3 л воды. Температура окружающего воздуха  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ .

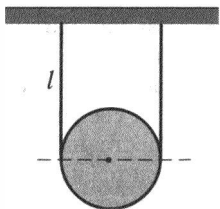


Рис. 337

**777.** На невесомой нерастяжимой нити подвешен блок. Расстояние между точками подвеса нити равно диаметру блока; длина

прочсть при наблюдении с Земли с помощью телескопа БТА.

**773.** На шероховатой наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha$  лежит тело, к которому привязана легкая нерастяжимая нить. Свободный конец нити пропущен через маленькое отверстие в плоскости. В начальный момент тело лежит на плоскости так,

вертикальных участков нити равна  $l$  (рис. 337). Определите период малых колебаний системы в вертикальной плоскости, в которой лежит нить.

**778.** Колечко массой  $m$ , свободно скрепляющее два тонких обруча массой  $M$ , начинает соскальзывать вниз; обручи при этом разъезжаются в разные стороны по шероховатой горизонтальной поверхности. Определите ускорение колечка в начальный момент времени, если угол  $AO_1O_2$  (рис.338) равен  $\alpha$ . Трение между колечком и обручами отсутствует.

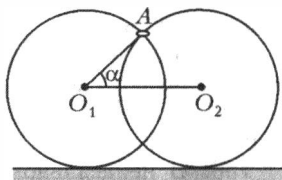


Рис. 338

**779.** Квадрат, состоящий из двух половинок, отношение масс которых равно двум, находится на шероховатой поверхности. Под каким углом  $\alpha$  к границе раздела половинок необходимо тянуть веревку в горизонтальной плоскости, чтобы квадрат двигался поступательно? Точка приложения силы лежит в точке пересечения стороны квадрата и границы раздела.

**780.** Цилиндрический сосуд высотой  $2h$ , поровну разделенный перегородкой, содержит в верхней части воду (ее плотность  $\rho$ ), в нижней – воздух при атмосферном давлении  $p_0$ . В перегородке открывается небольшое отверстие, и вода начинает протекать в нижнюю часть сосуда. Какой толщины будет слой воды в нижней части сосуда, когда воздух начнет проходить из отверстия вверх? Температура постоянна.

**781.** Между двумя незаряженными металлическими концентрическими сферами с радиусами  $a$  и  $b$  находится точечный заряд  $q$  на расстоянии  $c$  от центра сфер. Какой заряд протечет по тонкому проводнику, если им замкнуть сферы?

**782.** Конденсатор зарядили до напряжения  $U_0 = 100$  В и подключили к нему резистор. При этом за некоторый интервал времени выделилась в виде тепла энергии  $W_1 = 1$  Дж, а еще за такой же интервал – энергия  $W_2 = 0,3$  Дж. Определите емкость конденсатора.

**783.** Горизонтально расположенный невесомый стержень длиной  $3l$  с закрепленными на нем грузами с массами  $m_1$  и  $m_2$  удерживается в положении равновесия при помощи двух вертикальных нитей (рис.339). Определите силу натяжения левой нити в момент времени, когда правую нить перерезают.

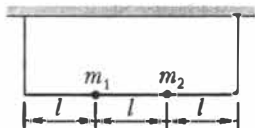


Рис. 339

**784.** На движущееся с постоянной скоростью  $v$  тело начинает действовать постоянная сила  $\vec{F}$ . Спустя время  $\tau$  скорость тела стала равной  $v/2$ . За следующий такой же интервал времени скорость уменьшилась еще в два раза. Определите, чему будет равна скорость тела спустя интервал времени  $3\tau$  с начала действия силы.

**785.** В стакане с водой плавает кусок льда. На поверхность воды наливают слой масла. Как изменится уровень жидкости в стакане, когда лед растает? Куда сместится при этом граница раздела воды и масла?

**786.** В неидеальном одноатомном газе между молекулами действуют силы притяжения. Считая, что потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия пропорциональна плотности газа, т.е.  $U = \alpha \frac{N}{V}$ , где  $N$  – число молекул газа,  $V$  – объем, занимаемый газом,  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности ( $\alpha < 0$ ), определите разность молярных теплоемкостей газа при постоянном давлении ( $C_p$ ) и при постоянном объеме ( $C_v$ ).

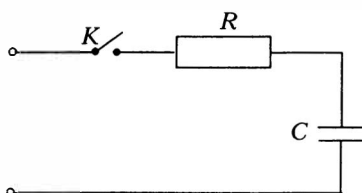


Рис. 340

**787.** Напряжение источника меняется со временем по линейному закону. В начальный момент напряжение было равно нулю. С помощью ключа  $K$  источник можно подключить к схеме, приведенной на рисунке 340. В какой момент нужно замкнуть ключ, чтобы ток в

цепи был постоянным по величине? Сопротивление резистора  $R$ , емкость конденсатора  $C$ .

**788.** Длинная гладкая труба радиусом  $R$  наклонена под углом  $\alpha$  к горизонту (рис. 341). Из точки  $A$  по внутренней поверхности трубы пускают вверх небольшое тело. Вектор начальной скорости тела составляет угол  $\varphi$  с прямой  $AB$ . При какой минимальной начальной скорости тело будет двигаться не отрываясь от поверхности трубы?

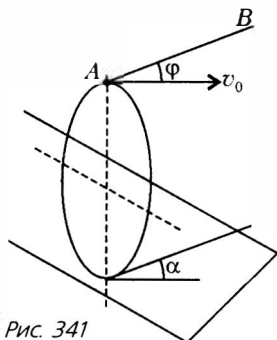


Рис. 341

**789.** Выточенную на токарном станке фигуру с плоским основанием поставили на дно сосуда и начали наливать в сосуд воду. На рисунке 342 приведен график зависимости силы  $F$ , с которой фигура давит на дно, от

высоты  $H$  уровня воды в сосуде (вода под фигуру не подтекает). Определите по графику площадь основания фигуры, ее объем и плотность материала, из которого она сделана. Нарисуйте (приближенно) эту фигуру. На

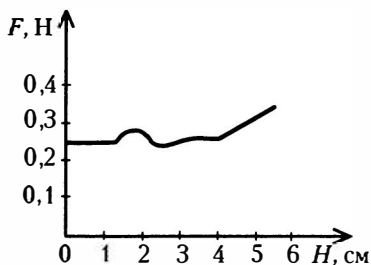


Рис. 342

какой высоте площадь горизонтального сечения фигуры равна площади ее основания?

**790.** Брусек массой  $m$  при-

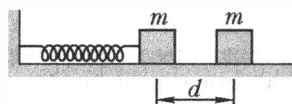


Рис. 343

креплен с помощью пружины жесткостью  $k$  к стене. На расстоянии  $d$  от бруска лежит второй брусок такой же массы (рис. 343). Какую минимальную скорость нужно сообщить правому бруску, чтобы после соударения брусков левый брусок вернулся в исходное положение? Коэффициент трения брусков о поверхность не зависит от скорости и равен  $\mu$ ; соударение брусков считать абсолютно упругим.

**791.** В цилиндрическом сосуде под поршнем находится 1 моль идеального одноатомного газа. Масса поршня равна  $M$ , площадь —  $S$ . Какое количество теплоты надо подводить к газу в единицу времени, чтобы поршень двигался равномерно вверх со скоростью  $v$ ? Атмосферное давление равно  $p_0$ . Трение между поршнем и стенками сосуда отсутствует.

**792.** Между Москвой и Ленинградом протянута двухпроводная телефонная линия. Сопротивление одного метра проволоки равно  $r = 0,05$  Ом. Из-за несовершенства изоляции сопротивление между проводами составляет  $R = 10^7$  Ом на каждый метр линии. К концам линии в Москве подключают источник напряжением  $U = 100$  В. Что покажет вольтметр, если его подключить: а) к концам линии в Ленинграде; б) в середине линии?

## 1983 год

**793.** На вогнутую сферическую поверхность радиусом  $R$  с высоты  $H = R/8$  вблизи оси симметрии падают (с нулевой начальной скоростью) маленькие шарики. Считая удары шариков о поверхность абсолютно упругими, покажите, что после первого соударения каждый шарик попадает в низшую точку поверхности. Взаимные соударения шариков не учитывать.



**794.** Два одинаковых теплоизолированных калориметра высотой  $h = 75$  см заполнены на одну треть один – льдом, другой – водой при температуре  $t = 10^\circ\text{C}$ . Воду из второго калориметра переливают в первый, и при этом первый калориметр оказывается заполненным на две трети. После того как температура в этом калориметре установилась, уровень заполнения его увеличился на  $\Delta h = 0,5$  см. Какова была начальная температура льда в первом калориметре?

**795.** Вода течет по длинному каналу с прямоугольным сечением, наклоненному к горизонту. Можно считать, что сила трения воды о дно и берега канала пропорциональна средней скорости потока и обратно пропорциональна его глубине. Во время паводка количество воды, протекающей через сечение канала за одну секунду, увеличивается вдвое. Как меняется при этом средняя скорость потока?

**796.** На главной оптической оси  $AB$  собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  находится плоское зеркальце, вращающееся с угловой скоростью  $\omega$  вокруг оси, перпендикулярной оси  $AB$  (рис.344). На зеркальце падает параллельный пучок лучей, который после отражения фокусируется на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы. Найдите скорость светового пятна на экране в момент, когда оно проходит фокус линзы.

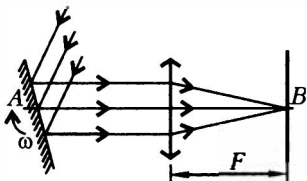


Рис. 344

**797.** Плоский конденсатор заполнен диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого зави-

сит от напряжения на конденсаторе по закону  $\epsilon = \alpha U$ , где  $\alpha = 0,1 \text{ В}^{-1}$ . Параллельно этому «нелинейному» конденсатору (незаряженному) подключают обычный конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U_0 = 60 \text{ В}$ . Каким будет напряжение на конденсаторах?

**798.** В реку, скорость течения которой везде равна  $u$ , из точки  $O$  на берегу бросают камень перпендикулярно берегу. Скорость поверхностных волн в воде равна  $v$ . Через какое время после падения камня волна придет в точку  $O$ , если камень упал на расстоянии  $L$  от берега?

**799.** Высота вертикального водяного фонтана от уровня выходной трубы насоса равна  $H$ . Во сколько раз следует изменить мощность насоса, чтобы полная высота фонтана осталась прежней после подсоединения к выходной трубе насоса вертикальной трубы такого же диаметра с высотой  $h < H$ ?

**800.** Схема состоит из конденсатора емкостью  $C$ , диодов  $D_1$  и  $D_2$  и катушек с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$ , собранных, как показано на рисунке 345. Найдите период колебаний напряжения на конденсаторе в этой схеме.

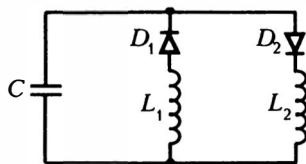


Рис. 345

**801.** В исходном состоянии центры двух шаров с массами  $m$  и радиусами  $R$  разнесены на расстояние  $10R$ . На одном из них равномерно распределен заряд  $+Q$ , на втором  $-Q$ . Первый шар привязан к удаленной стенке ниткой, которая выдерживает на разрыв натяжение  $T$ . Второй шар в некоторый момент отпускают. Найдите скорость шаров после соударения, если удар абсолютно неупругий. Заряды не перераспределяются.

**802.** Закрытый с торцов теплоизолированный цилиндр массой  $m$  перегорожен неподвижным поршнем массой  $M$ . С обеих сторон от поршня находится по одному молу идеального газа, внутренняя энергия которого  $U = cT$ . Коротким ударом цилиндру сообщают скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль его оси. На сколько изменится температура газа после затухания колебаний поршня? Трения между поршнем и цилиндром нет.

**803.** Человек поднимается в гору с углом подъема  $\alpha$  с постоянной скоростью  $v_0$  и тянет за собой на легкой веревке длиной  $l$  сани массой  $m$ , находящиеся на горизонтальном участке (рис. 346). Найдите натяжение веревки в тот момент, когда она составляет угол  $\alpha$  с горизонтальной поверхностью. Силой трения саней о поверхность дороги пренебречь.

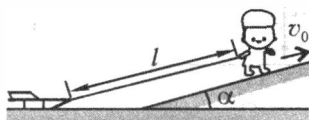


Рис. 346

**804.** Две одинаковые звезды  $A$  и  $B$  вращаются под действием взаимного притяжения на неизменном расстоянии  $R$  друг от друга. На некотором неизвестном расстоянии  $x$  от звезд в плоскости их орбит движется легкая планета  $C$ , причем  $AC = BC = x$  и треугольник  $ABC$  сохраняет свои размеры. Найдите расстояние  $x$ .

**805.** Через плоский конденсатор, заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и удельным сопротивлением  $\rho$ , течет переменный ток  $i(t) = I_0 \cos \omega t$ . Определите амплитуду напряжения на конденсаторе. Расстояние между пластинами  $d$ , площадь каждой пластины  $S$ .

**806.** В схеме, показанной на рисунке 347, сразу после выключения внешнего магнитного поля, в котором находилась

катушка индуктивностью  $L$ , через резистор сопротивлением  $R_1$  течет ток  $I$ . Пренебрегая омическим сопротивлением катушки, определите, какое количество теплоты выделяется на резисторе сопротивлением  $R_1$  и на резисторе сопротивлением  $R_2$ . Магнитное поле было направлено перпендикулярно плоскости витков катушки.

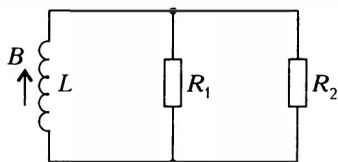


Рис. 347

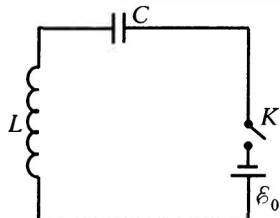


Рис. 348

**807.** Последовательно с катушкой индуктивностью  $L$  и конденсатором емкостью  $C$  через ключ  $K$  подключили батарею с постоянной ЭДС  $\varepsilon_0$  (рис.348). В начальный момент времени ключ разомкнут, конденсатор не заряжен. Определите максимальную величину тока в цепи после замыкания ключа. Омическим сопротивлением в цепи пренебречь.

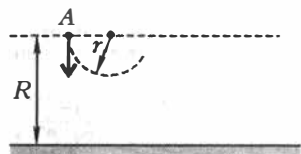


Рис. 349

направлена к берегу (рис.349). Волна от лодки дошла до берега через время  $t = 3$  мин после начала разворота. Скорость распространения волн от лодки по поверхности воды  $u = 9$  км/ч. Найдите расстояние  $R$ .

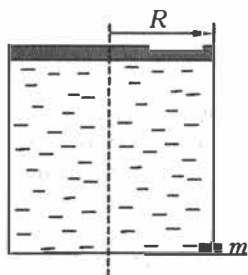


Рис. 350

**809.** Цилиндрический бак наполнен доверху жидкостью плотностью  $\rho$ . Сверху бак плотно закрыт крышкой радиусом  $R$ . Снизу в баке имеется отверстие площадью  $s$ , закрытое пробкой массой  $m$  (рис.350). Чтобы вытащить пробку из бака, нужно приложить силу  $f$ . С какой максимальной угловой скоростью можно вращать бак вокруг вертикальной оси так, чтобы пробка не вылетела?

**810.** Имеется нагреватель с рабочей

температурой  $t_{\text{н}} = 700^\circ\text{C}$ . Температура окружающей среды  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . Какое минимальное количество теплоты необходимо забрать у нагревателя, чтобы испарить  $m = 3\text{ кг}$  воды, предварительно нагретой до температуры кипения ( $t_1 = 100^\circ\text{C}$ )? Удельная теплота парообразования воды  $r = 2,26\text{ МДж/кг}$ .

**811.** В обычной схеме однополупериодного выпрямителя (рис. 351)  $C = 1000\text{ мкФ}$ ,  $R = 500\text{ Ом}$ . Частота сети  $f = 50\text{ Гц}$ . Считая диод идеальным, найдите: 1) величину коэффициента пульсаций напряжения  $k = \Delta U/U$  на резисторе; 2) во сколько раз уменьшится коэффициент  $k$ , если последовательно с резистором включить катушку индуктивностью  $L = 100\text{ Гн}$ .

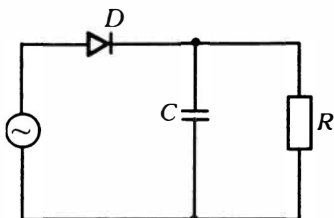


Рис. 351

**812.** Коническая линза представляет собой половину усеченного стеклянного конуса. Показатель преломления стекла  $n$ ; размеры линзы указаны на рисунке 352. На линзу падает пучок параллельных лучей, перпендикулярных плоской части боковой поверхности линзы. Под каким углом к оси пучка надо расположить за линзой экран, чтобы изображение пучка на экране было прямой линией?

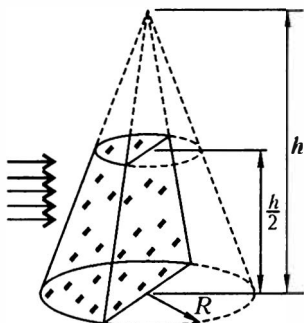


Рис. 352

**813.** Три невесомых шарнирно связанных стержня длиной  $a$  каждый закреплены шарнирно в точ-



Рис. 353

ках  $A$  и  $B$ , лежащих на одной горизонтали (рис.353);  $AB = 2a$ . К шарниру  $C$  подвесили груз массой  $m$ . При какой минимальной силе, приложенной к шарниру  $D$ , средний стержень будет сохранять горизонтальное положение?

**814.** На гладкой горизонтальной поверхности тележки лежит шар радиусом  $R$ . Тележка начинает двигаться со скоростью  $v_0$ . Найдите горизонтальную проекцию скорости шара в момент его удара об пол.

**815.** Нижний конец капилляра радиусом  $r = 0,2$  мм и длиной  $l = 8$  см погружают в воду, температура которой постоянна и равна  $0^\circ\text{C}$ . Температура верхнего конца капилляра  $t_0 = 100^\circ\text{C}$ . На какую высоту поднимется вода в капилляре? Теплопроводность капилляра намного превосходит теплопроводность воды в нем; теплообменом с окружающим воздухом можно пренебречь. Температурная зависимость коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma(t)$  воды приведена в таблице:

|                                      |    |    |    |    |
|--------------------------------------|----|----|----|----|
| $t, ^\circ\text{C}$                  | 0  | 20 | 50 | 90 |
| $\sigma, \frac{\text{МН}}{\text{М}}$ | 76 | 73 | 67 | 60 |

**816.** В схеме, приведенной на рисунке 354, сопротивления резисторов одинаковы и равны  $R = 60$  Ом, диоды идеальные. Батарею, дающую напряжение  $U = 12$  В, подключают к точкам  $A$  и  $B$  на время  $t_1 = 1$  с. Затем, поменяв полюса местами, подключают батарею к схеме на время  $t_2 = 5$  с. Найдите выделившееся в схеме количество теплоты.

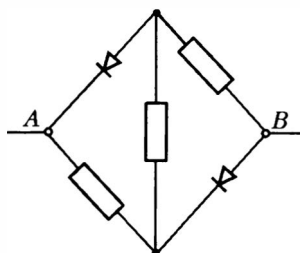


Рис. 354

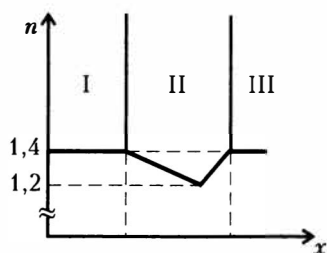


Рис. 355

**817.** На рисунке 355 показана зависимость показателя преломления  $n$  от координаты  $x$ . Узкий монохроматический пучок света падает на границу раздела сред I и II. При каких углах падения свет проникает в среду III?

**818.** Два жестких стержня длиной  $l$  каждый шарнирно скреплены в точке  $A$  (рис. 356). Стержень  $BA$  жестко закреплен в точке  $B$ , а точка  $C$  стержня  $AC$  может скользить по направляющей  $BC$ . Стержень  $BA$  начинают вращать в плоскости рисунка вокруг точки  $B$  с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Чему будут равны максимальная скорость и ускорение точ-

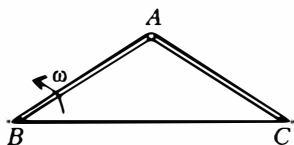


Рис. 356

$C$ , если в начальный момент стержни вытянуты вдоль направляющей  $BC$ ?

**819.** Три небольших тела, массы которых относятся как 3 : 4 : 5 (масса самого легкого тела равна  $m$ ), удерживаются в трех различных точках на внутренней поверхности гладкой полусферической чаши радиусом  $R$ , которая в нижней точке прикреплена к горизонтальной поверхности. В некоторый момент тела отпускают и предоставляют самим себе. Какое максимальное количество теплоты может выделиться в этой системе? При каком начальном положении тел это осуществится? Все соударения тел абсолютно неупругие.

**820.** Процесс  $A-B-C-A$  производят над одним молем идеального одноатомного газа (рис.357). Определите КПД цикла.

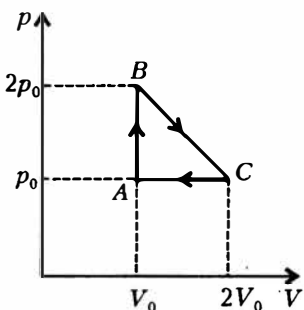


Рис. 357

**821.** В схеме, приведенной на рисунке 358, трансформатор идеальный. Параметры схемы указаны

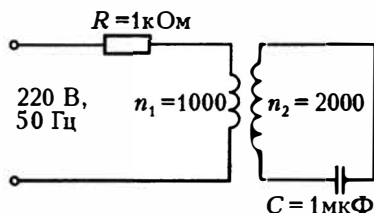


Рис. 358

на рисунке. Найдите амплитуду тока и сдвиг фаз в первичной цепи.

**822.** Ваш собеседник, сидящий напротив вас, носит очки. Сможете ли вы определить, каким дефектом зрения – близорукостью или дальнозоркостью – он обладает? (Естественно, вы не станете просить собеседника дать примерить его очки и не будете заводить о них разговор.)

**823.** Метеорит, летевший прямо на планету (по прямой, проходящей через центр планеты), попал в автоматическую космическую станцию, вращавшуюся вокруг планеты по круговой орбите радиусом  $R$ . В результате столкновения метеорит застрял в станции, которая перешла на новую орбиту с минимальным расстоянием до центра планеты  $R/2$ . Определите скорость метеорита перед столкновением. Масса станции в 10 раз превосходит массу метеорита. Масса планеты  $M$ .

**824.** Полый цилиндр массой  $M$  скатывается без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона  $\alpha = 45^\circ$ . На

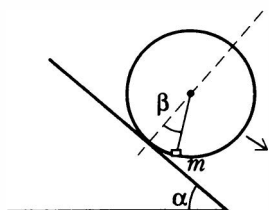


Рис. 359

абсолютно гладкой внутренней поверхности цилиндра лежит маленькое тело массой  $m = M/2$ . Чему равен угол  $\beta$  (рис.359) во время скатывания?

**825.** Лампочку, рассчитанную на напряжение 2,5 В и ток 0,2 А, подключают длинными проводами к батарейке. Амперметр, включенный последовательно с лампочкой, показывает ток

0,2 А. Когда лампочку подключили к проводам параллельно с амперметром, она накалилась так же, как и в первом случае. Какой ток показывает амперметр? Батарейку считать идеальной, сопротивление проводов 2 Ом.

**826.** На достаточно удаленные предметы смотрят через собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 9$  см, располагая глаз на расстоянии  $a = 36$  см от линзы. Оцените минимальный размер экрана, который нужно расположить за линзой так, чтоб он перекрыл все поле изображения. Где следует расположить этот экран?

**827.** Куб с ребром  $a$  движется со скоростью  $v = 0,8 c$  ( $c$  – скорость света) в направлении, перпендикулярном одной из граней куба. Что получится на фотографии куба, сделанной удаленным фотоаппаратом с очень короткой выдержкой, если оптическая ось аппарата перпендикулярна грани куба и пересекает траекторию его центра (рис.360)?

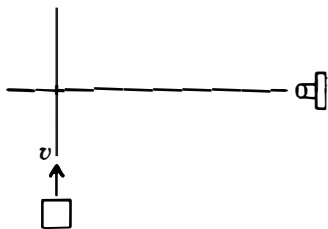


Рис. 360

**828.** Из точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  лежащих на одной прямой (точка  $B$  лежит между  $A$  и  $C$ ), бросают три тела  $a$ ,  $b$  и  $c$ : 1) бросают одновременно тела  $a$  и  $b$  и не бросают тело  $c$ ; при этом тела  $a$  и  $b$  сталкиваются в полете; 2) бросают одновременно тела  $a$  и  $c$  и не бросают тело  $b$ ; при этом тела  $a$  и  $c$  сталкиваются раньше, чем тела  $a$  и  $b$  в первом случае. При каждом бросании каждому телу сообщают одну и ту же начальную скорость. Столкнутся ли в полете тела  $b$  и  $c$ , если не бросать тело  $a$ ?

Решение задачи 828. Пусть  $v_0$  – начальная скорость тел. Если бросить одновременно тела  $a$  и  $b$ , то они встретятся в полете, т.е. на расстоянии  $s_1$  от точки  $B$  (рис. 361). Если бросить одновременно тела  $a$  и  $c$ , то они встретятся в полете, т.е. на расстоянии  $s_2$  от точки  $A$  (рис. 362). Если бросить одновременно тела  $b$  и  $c$ , то они встретятся в полете, т.е. на расстоянии  $s_3$  от точки  $B$  (рис. 363). Так как  $s_1 < s_2$ , то  $s_3 < s_1$ , т.е. тела  $b$  и  $c$  столкнутся раньше, чем тела  $a$  и  $b$  в первом случае. При каждом бросании каждому телу сообщают одну и ту же начальную скорость. Столкнутся ли в полете тела  $b$  и  $c$ , если не бросать тело  $a$ ?

1. На расстоянии  $a \left( d_1^2 - d_3^2 \right) / \left( d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 \right)$  слева от середины.
2.  $2\pi\sqrt{m_1 m_2 / (k(m_1 + m_2))}$ .
3.  $2/5$ .
4. Кислород.
5. 4,6 В.
6.  $-qr/R$ .
7.  $(l/r)\cos\alpha$ .
8. Вращаться в горизонтальной плоскости вокруг своего центра масс, который сам будет двигаться по параболе в вертикальной плоскости.
9. 14; 0,3 см.
10. 20 Ом, 5 Вт.
11. Из верхней бочки вода будет перетекать в среднюю и нижнюю, а из средней бочки — в нижнюю.
12.  $2 \left[ \frac{vt - \pi l}{6\pi l} \right] + \left[ \frac{vt - \left[ \frac{vt - \pi l}{6\pi l} \right] 5\pi l}{4\pi l} \right] + 1$ ; если  $k$  — четное, то через время  $(3k-1)\pi l/v$ , если  $k$  — нечетное, то через  $(3k-2)\pi l/v$ .
13.  $(M-m)/(\rho S_2)$ ;  $(M-m)(S_1-S_2)/(\rho S_1 S_2)$ .
14. а)  $vm_1 S_2/(m_2 S_1)$ ; б)  $vm_1(S_2-S_1)/(MS_1)$ .
15. 12 Вт.
16.  $\sqrt{\frac{2N}{m} \left( t - \frac{N}{2\mu^2 mg^2} \right)}$ .
17.  $qx/d$ .
18. 6 см/с.
19. Слева направо.
20.  $\arcsin(1/6)$ .
21.  $2\mathcal{E}I_0\omega/\omega_0^2$ .
22. Во втором.
23. См. рис.1.
24.  $\sqrt{2M(g-a)/(ka)}$ ;  $Mg/k + M\sqrt{a(2g-a)}/k$ .
25. 27 В; 20,8 В.



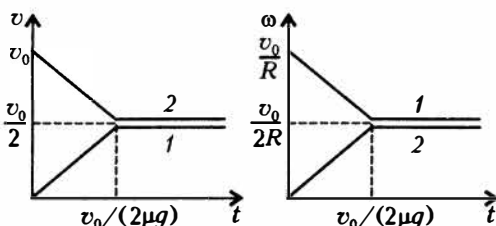


Рис. 1

26.  $\sqrt{v^2 + 2gh}$ ,  $\arcsin(\sin \alpha \cdot v/u)$ .

27.  $\pi R^3 \rho / 3$ .

28. а) Теплопроводность не изменяется; б) теплопроводность уменьшается в  $k + 1$  раз ( $k$  — количество экранов).

29.  $14,8 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ; 1 с.

30. 45 км/ч, если изображения колес вращаются «вперед», или 136 км/ч, если изображения колес вращаются «назад».

31. К Солнцу обращена зеркальная поверхность корабля.

32. Положение 2.

33. Бусинки столкнутся в точке, отношение расстояний до которой от начала координат (по дуге окружности) равно отношению масс бусинок.

34.  $mg(h - R)r/(2\varphi)$ , где  $m$  — масса капли,  $r$  — радиус.

35. Больше 1,6 км.

36. Указание. Луч света надо направить так, чтобы его можно было наблюдать лишь испытывавшим полное внутреннее отражение на границе раздела стекло — жидкость.

37.  $\rho g l S_1 S_2 / (S_1 - S_2)$ .

38. К тонкому.

39.  $G M m h / (r^2 R)$ .

40. 160 В.

41.  $1/80000$ .

42.  $\sqrt{gh}$ .

43.  $2\pi G \rho^2 R^2 / 3$ .

44.  $f(u + v)/(u - v)$ .

45. Нулевым.

46. 25 см.

47.  $Q - (p_2 - p_1)(V_2 - V_1)$ .

48. См. рис.2.

49. 13 м.

50.  $l_0 - F/k$ ;  $l_0$ .

51. Больше 20 см.

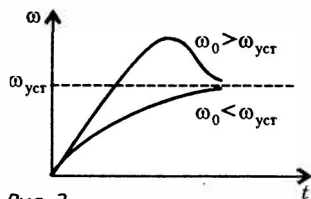


Рис. 2

52. Время падения больше.
53.  $(\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2)/(h_1 + h_2)$ .
54. 3 А.
55. 5 м.
56. Поведение флага объясняется точно так же, как и образование волн на воде (см., например, статью А.Эйнштейна «Элементарная теория полета и волн на воде» в «Кванте» №5 за 1970 г.).
57. После удара шарики движутся от стенки с той же скоростью, пружинка не деформирована.
58.  $16mgR/(\pi^2 d^4 B_0^2 \alpha^2)$ .
59. Следует удалить одно из ребер, связанных с точками А или В.
60. Приблизится к зеркалу.
61.  $\arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{1 - 2\mu \operatorname{tg} \alpha}\right)$  при  $\operatorname{tg} \alpha < \frac{1}{2\mu}$ ;  $\frac{\pi}{2}$  при  $\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{1}{2\mu}$ .
62.  $\sqrt{v_1^2 \rho_1 / \rho_2 + gR((\rho_1 / \rho_2) - 1)}$ .
63. Человек сохраняет равновесие, если сила реакции горки проходит через его центр масс.
64. В третьем опыте.
65.  $2(C + C_1)/(2C + C_1)$ .
66. 3 В.
67.  $v_0$  при  $v_0 \leq \sqrt{F_{\text{тр}}^2/(km)}$ ;  $\sqrt{F_{\text{тр}}^2/(km)}$  при  $v_0 > \sqrt{F_{\text{тр}}^2/(km)}$ .
68. Когда  $T > T_1$ .
69. Поверхность воды над шаром выпуклая, высота вздутия  $3 \cdot 10^{-7}$  м.
70. Сила, с которой велосипедист давит на педали, максимальна при  $v = 0$  и обращается в ноль, когда скорость вращения педалей становится равной скорости велосипедиста.
71. По биссектрисе угла  $ACB$ .
72. Указание. Это связано с наклоном земной оси к плоскости земной орбиты.
73. Жидкость поднимается благодаря осмотическому давлению. Энергия берется из тепловой энергии движения частичек растворенного вещества.
74.  $U_1(C_1 + C_2)/C_2$ .
75.  $\Delta pSl/(L \cos^2 \alpha)$ .
76.  $2\pi\sqrt{2R/g}$ ; увеличится в  $\sqrt{6}$  раз; уменьшится в  $\sqrt{1 - \rho_{\text{ж}}/\rho_{\text{ш}}}$  раз.
77. Указание. Накинуть на брусок петлю из нитки и потянуть в горизонтальном направлении.
78. 490 К.
79. В лодке (если ее стенки толстые).

80.  $v_0 \sin^2(\beta/2)$ .

81. Замкнуть соленоид на резистор.

82.  $\varepsilon_1 r_3 / (r_1 + r_3) = \varepsilon_2 r_4 / (r_2 + r_4)$ .

83.  $\mu m g l \alpha / 2$ .

84. Делитель напряжения.

85. Можно, если, например, задать объем газа в точке B.

86.  $10^{-18}$  м/с.

87. См. рис.3.

88. Не изменится.

89.  $1,5 \cdot 10^{-19}$  Дж.

90.  $mRT(n-1)/(nM)$ .

91. 10; реостаты следует подключить параллельно прибору.

92. 0.

93.  $2r/(n^2 - 1)$ .

94.  $R(T_1 + T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3})$ .

95. Скорость тела должна быть больше минимальной, но меньше максимальной скорости течения на протяжении тела.

96.  $v^2/(8g)$ .

97. Не произойдет.

98.  $2^n \varepsilon$ .

99. При процессе  $1-2-3-1$ .

100.  $4,8 \cdot 10^{-3}$  Н.

101.  $g\sqrt{m/k}$ .

102. Если равны количества молекул обоих газов, то  $N_{O_2}/N_{He} = 1/2\sqrt{2}$ ; если же равны массы газов, то искомое отношение равно  $1/16\sqrt{2}$ .

103. При угле  $40^\circ$ .

104. Останется одна большая капля.

105. См. рис.4.

106.  $90^\circ$ .

107. Предельное сопротивление вольтметра 3675 кОм.

108. Можно толкать соломинку силой, направленной под углом к горизонту (сила минимальна при  $\alpha = \arctg \mu$ ), или вращать соломинку (прикладывая к одному из ее концов силу  $0,43 \mu mg$ ).

109.  $3,36 \cdot 10^5$  Дж/кг.

110. 7,2 В и 4,8 В.

111. В случае  $v < c$  это сделать невозможно, в случае  $v = c$  шнур надо расположить по прямой, в случае  $v > c$  — по логарифмической спирали.

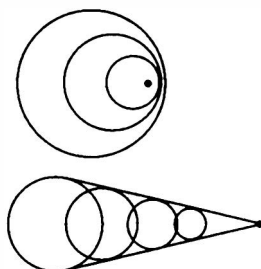


Рис. 3

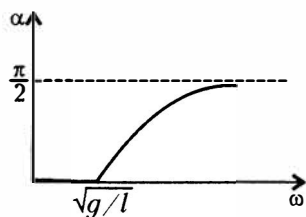


Рис. 4

Соответственно, поверхность со взрывчаткой должна быть поверхностью вращения логарифмической спирали вокруг оси, проходящей через заданную точку и лежащей в плоскости спирали.

$$112. d \cos \alpha \cdot \left( k - \sin \alpha \cdot \sum_{i=1}^k \frac{1}{\sqrt{n_i^2 - \cos^2 \alpha}} \right).$$

113. Уменьшится.

$$114. 2T / ((M + m_1 + m_2)g).$$

115. В простейшем случае это источник с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 3,5 Ом.

116. За 1 час.

117. 20 см.

$$118. 9m^2 RT / (2pS) + pS.$$

$$119. T^2 g(m + M) / (4\pi^2 M).$$

120. В обоих случаях уменьшается время прохождения поворота.

$$121. \lambda(M - 8,2m).$$

$$122. v \sqrt{\frac{m_2 m_3}{m_1 m_3 + m_1^2}} \text{ и } v \sqrt{\frac{m_1 m_2}{m_1 m_3 + m_3^2}}.$$

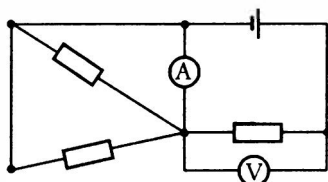


Рис. 5

123. Например, подключив приборы по схеме, изображенной на рисунке 5.

$$124. \text{На } v \ln / c^2.$$

$$125. pV.$$

$$126. 12,6 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

127. На оси сосуда.

128. Палочка будет колебаться, поочередно ударяясь о каждую плоскость и отскакивая от нее.

Через достаточно большое время палочка остановится у одной из плоскостей.

129. Если тело будет скользить по поверхности сферы.

$$130. 2mgd^2/q.$$

$$131. \rho g S l^2 / 2, \text{ если } l < l_0 = 0,76 \text{ м; } p_0 S (l - l_0 / 2), \text{ если } l > l_0.$$

132. Силы нормального давления равны  $\frac{mg}{\cos \alpha} \frac{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}{2(1 + \mu^2) \operatorname{tg} \alpha}$  и  $\frac{mg}{\cos \alpha} \frac{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}{2(1 + \mu^2) \operatorname{tg} \alpha}$ , а соответствующие силы трения превышают их в  $\mu$  раз.

$$133. (g \operatorname{tg} \alpha) / \omega^2.$$

134. Когда скорость шарика направлена к плите, после удара он движется со скоростью  $\sqrt{u^2 + 4v^2 \sin^2 \beta + 4uv \cos \alpha \sin \beta}$  под углом  $\arctg \frac{u \sin \alpha}{u \cos \alpha + 2v \sin \beta}$  к направлению движения плиты.

135.  $2\sqrt{1 - gR/v^2}$ .

136.  $3q/(2C)$ .

137.  $(1 - 0,98)^2$ .

138. 0,03 Н.

139. 20 м/с.

140. Будет.

141. Между точками 1, 3 включен источник с ЭДС 4 В и внутренним сопротивлением 2 Ом, а между точками 1, 2 и 1, 3 включены резисторы, сопротивления которых 6 Ом и  $\infty$  соответственно.

142.  $\sqrt{3}l/8$ .

143. 1,8.

144.  $\sqrt{3}/3$ .

145. См. рис. 6.

146. Параллельно нагрузке надо включить резистор сопротивлением 5,5 Ом и подключить нагрузку к источнику последовательно с резистором сопротивлением 17,8 Ом.

147.  $16,3 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $2,6 \cdot 10^{15}$  Гц.

148.  $\arcsin \sqrt{2(E_1 - 2E_2)/(Mv^2)}$ .

149. 32.

150. Если отношение  $\frac{T_3(T_2 - T_1)}{T_2(T_1 - T_3)}$  представимо в виде несократимой дроби  $m/N$ , то  $N$ -е затмение придется в ту же точку, что и 1-е, через время  $\frac{2\pi m T_3 T_1}{T_1 - T_3}$ .

151. На расстоянии  $F/2$  от линзы.

152.  $-5/6$ ;  $1/2$ ;  $1/3$ .

153. Прямолинейное течение неустойчиво, и случайно образовавшийся изгиб увеличивается.

154.  $1,1 \cdot 10^4$ .

155.  $\frac{2QR}{(2C_V + R)(p_2^2 - p_1^2)}$ .

156.  $r/2$ .

157.  $\sqrt{a^2 + (a_{\text{ц}} + a)^2}$ , где  $a_{\text{ц}} = (v_0 + at)^2/R$  — центростремительное ускорение;  $\sqrt{(2a)^2 + a_{\text{ц}}^2}$ ;  $\sqrt{a^2 + (a_{\text{ц}} - a)^2}$ ;  $a_{\text{ц}}$ .

158.  $\pi^2 l^2/(16h)$ .

159.  $q_1 \alpha_2 / \alpha_1$ .

160.  $3Fl/(4\pi M g \mu R)$ .

161. Через элемент  $C$  в случае а) ток не течет, пока  $\delta \leq U_0$ , а при

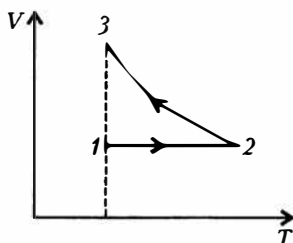


Рис. 6

$\mathcal{E} > U_0$  течет ток  $(\mathcal{E} - U_0)/R$ . В случае б) через элемент  $C$  ток не течет, пока  $\mathcal{E} \leq I_0 R + U_0$ , а затем течет ток  $(\mathcal{E} - U_0)/R - I_0$ . Напряжение на элементе  $B$  в случае а) равно нулю, пока  $\mathcal{E} \leq I_0 R$ , а при  $\mathcal{E} > I_0 R$  напряжение равно  $\mathcal{E} - I_0 R$ . В случае б) напряжение на элементе  $B$  отсутствует, пока  $\mathcal{E} < U_0 + I_0 R$ , а затем оно равно  $\mathcal{E} - I_0 R - U_0$ .

162. Через 15 лет.

163.  $3e^2/(2W)$ .

164. Подпрыгнет.

165. Увеличится в 2 раза.

166. Температура и давление уменьшатся.

167. Внутри может находиться, например, источник тока, ЭДС и внутреннее сопротивление которого связаны соотношением  $\mathcal{E}_1 = -2r\mathcal{E}/(3r + r_1)$ , причем знак «минус» означает, что этот источник включен навстречу внешнему.

168. Меньше  $1/\sqrt{3}$ .

169.  $\sim 2$  мин.

170.  $\epsilon\pi x/\epsilon_0$ .

171.  $v^2/(2g)$ .

172. а)  $12^\circ$ ; б) 15 мкФ.

173. В любой точке полости напряженность поля равна  $ap/(3\epsilon_0)$ .

174. а)  $C_V + R/2$ ; б)  $C_V - R$ .

175. См. статью Г.Коткина «Столкновение шариков» («Кванте» №3 за 1973 г.).

176. Обратитесь к вашему личному опыту.

177.  $\sim l^{-1}F^{1/2}\rho^{-1/2}$ .

178. 0,98  $n$ .

179.  $v(\tau_0 - \tau)/(\tau_0 + \tau)$ .

180.  $\sigma_0 \cos \alpha$ .

181. 3.

182. 6,1 м.

183. 3 Н.

184. Увеличение времени передачи одного кадра уменьшает уровень шумов.

185. 306 К.

186. Это связано с наклоном корпуса самолета в сторону поворота.

187. Жидкость поднимется над пластинкой на высоту

$$Q^2(\epsilon^2 - 1)/(8\epsilon_0\epsilon^2\rho gS^2).$$

188.  $P\tau + (ct + \lambda)\rho n$ .

189. а)  $5,7 \cdot 10^5$  В/м; б)  $7,4 \cdot 10^5$  В/м.

190.  $\pi a n(n+1)/(4v) + \alpha a n/v$ .

$$191. \sqrt{\frac{gR}{\mu} \left( \mu \cos \frac{l}{2R} - \sin \frac{l}{2R} \right)}.$$

192.  $1,5 \cdot 10^7$  Па.

193. См. рис.7.

194. Если, например, начальная скорость заряда равна нулю, то он движется прямолинейно в направлении одной и той же пластины, но его ускорение и скорость изменяются по синусоидальным законам.

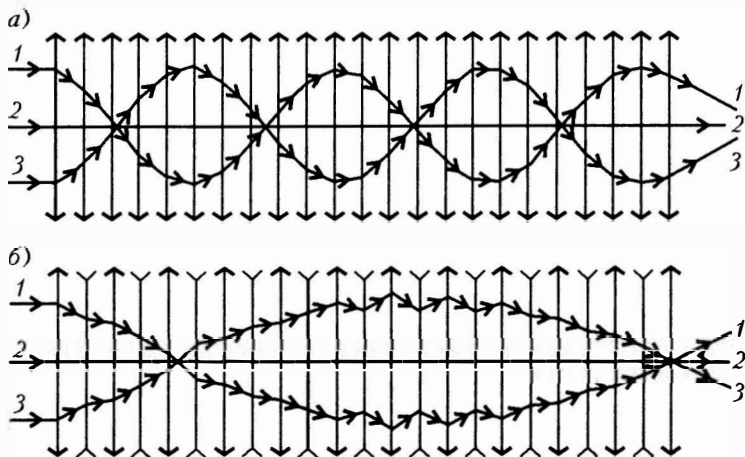


Рис. 7

195. Если начальной энергии достаточно, то сначала будет подниматься верхний кубик, растягивая при этом пружину, которая оторвет от стола нижний кубик. В этот момент центр масс системы поднимется на высоту  $\frac{m_1}{m_1 + m_2} \left( \frac{m_2 g}{k} + l_0 - l \right)$ , а затем будет двигаться как тело, брошенное вертикально вверх.

196.  $I_0 \sqrt{1 + \frac{n^2 e^3 \varphi}{2\pi^2 R^2 m I_0^2}}.$

197. Если угол  $\alpha$  положительный, то скорость тела равна

$$\frac{(\tau A (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu mg)^2}{2m A (\cos \alpha + \mu \sin \alpha)}.$$

198. Развернется и будет ехать задом.

199. При столкновении с атомом водорода нейтрон передает большую энергию, чем при столкновении с атомом свинца.

200.  $3,6 \cdot 10^8$  К.

201. В течение четырех часов течет ток 1,5 А, затем в течение двух часов течет ток 1 А.

202.  $\sqrt{F(\rho - \rho_0)/(\pi r^2 \rho \rho_0)}.$

203. 3000 МГц.

204. 700 м/с.

205. В 1,52 раза больше освещенности рассеянным светом.

206. 373 К.

207. Уровень масла понизится, давление на дно не изменится.

208. 180 км/ч.

209. 14 Н.

210. Сначала вода начнет перетекать из правого сосуда в левый и часть ее выльется. Затем вода начнет перетекать по верхней трубке слева направо, а по нижней трубке справа налево.

211. 16,5%, что в 3,36 раза меньше теоретического.

212.  $1/300$ .

$$213. \sqrt{\frac{v_{\max}^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha - 1) + 2Rg \operatorname{tg} \alpha}{Rg(1 - \operatorname{tg}^2 \alpha) + 2v_{\max}^2 \operatorname{tg} \alpha}} Rg.$$

214. 1 Вт.

$$215. 2\sigma(R_3^2 - R_1^2 - R_2^2)/(R_1^3 + R_2^3 + R_3^3).$$

216. При изменении расстояния от точки подвеса до центра тяжести системы (длины маятника) происходит так называемое параметрическое возбуждение колебаний.

217. Электронное пятно фокусируется, когда расстояние  $L$  от пушки до экрана кратно шагу винтовой линии:  $n \frac{2\pi}{B} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$ .

218.  $4 \cdot 10^4$  Вт.

$$219. \frac{3}{5} T_0 + \frac{2(p_a + Mg/S)V_0}{5nR}; \frac{2}{5} V_0 + \frac{3}{5} \frac{nRT_0}{p_a + Mg/S}.$$

220. На участке  $GD$  освещенность равна нулю, на участке  $DE$  она увеличилась в  $1/(1 - (n-1)\alpha^2)$  раз, на  $EF$  — в  $1 + 1/(1 - (n-1)\alpha^2)$  раз (рис.8).

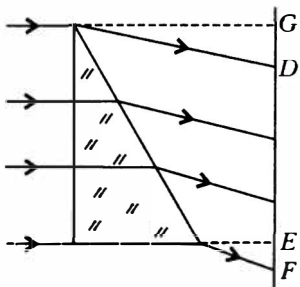


Рис. 8

221.  $h < 2R$ .

222. Параллельные токи притягиваются друг к другу;  $3 \cdot 10^{-6}$  А.

223. а) 5 м; б) 10 м.

224. а)  $\alpha + \operatorname{arctg} \mu$ ;

б)  $\alpha + \operatorname{arctg} \frac{g \cos \alpha}{g \sin \alpha + a}$ .

225. Вода испаряется в 25 раз медленнее.

226.  $v_0 - v_1$ .

227. 20 В.

228. Больше  $\sqrt{2\mu gL(1 + m/M)}$ .

229. Если угловая скорость отлична от нуля.



230. 0,21.

231.  $Q^2(1 - h^2/R^2)/(32\pi\epsilon_0 R^2)$ .

232.  $C(\epsilon - U_0)^2/2$ .

233. 25 м/с.

234. 397 мм рт.ст.

235. Уменьшится.

236.  $2 \cdot 10^{-11}$  с.

237. Во-первых, лицо освещено хуже, чем маска; во-вторых, маска закрывает для наблюдателя значительную часть лица.

238. 80 А.

239.  $2\sqrt{2}R$ ;  $4R \cos(\alpha/2)$ .

240. 180 с.

241.  $\sqrt{2LF(M+m)/(Mm)}$ .

242. 81.

243. Увеличивается глубина резкости, т.е. области, которая получается резкой на сетчатке глаза или на фотопленке.

244. Цепочки.

245. Напряженность падает от  $\pi\sigma$  в центре до 0 на периферии.

246.  $T_1 T_2 (p_1 + p_2)/(p_1 T_2 + p_2 T_1)$ .

247.  $\sqrt{11/3}$ .

248. См. задачу 76.

249.  $4Mmg/(M+m)$ .

250.  $\frac{q^2 r}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \sqrt{\frac{1}{a^4} + \frac{1}{b^4}}$ .

251. 480 м/с.

252.  $f(f/F)^{n-1}$ ; не изменится.

253.  $E - (qnl/(3\epsilon_0\epsilon))$  в любой точке шара.

254.  $g(m + \rho S h^2/(l \cos^2 \alpha))/2$ .

255.  $F(R - R_1)/(R_1 + D/2)$ .

256.  $v_0 m(n - \sqrt{n^2 - 1})/(M + m)$ ;  $v_0$ .

257.  $\epsilon(1 + C_2/(C_1 + C_2))$ .

258.  $9Q$ .

259.  $\arctg \frac{a + \mu g}{g - \mu a}$ .

260.  $U_0 R \tau / ((R - r)\tau + rT)$ .

261.  $hR^2/(R^2 - r^2)$ .

262.  $(p_0 S l_1 + k l_1 l_2 + \rho g l_2^2 S)/(\rho g S l_2)$ .

263. Шероховатая поверхность рассеивает падающий на нее свет равномерно во все стороны.

264.  $\epsilon_0 \omega B r^2 / a$ .

265.  $(\mu(M+m) \cos \alpha) / (M(1+\cos \alpha) - \mu m \sin \alpha)$ .

266.  $\rho S_1 (S_1/S_2 + 1) v^2$ .

267. 270 К.

268. Указание. Газ в обоих случаях получает одно и то же количество теплоты.

269.  $\alpha_0 \sqrt{1 - Cl^2 B^2 / (2m)}$ .

270.  $\sqrt{p_0 S (l - l_1) / (m l^2)}$ .

271.  $-1,3 \cdot 10^{-12}$  Кл/м<sup>3</sup>.

272.  $2 \left( \pi - \arccos \frac{\alpha}{\beta} \right) \sqrt{\frac{l}{g}}$ .

273. 30000 К.

274.  $C \left( (\epsilon - U_0)^2 - I_0^2 R^2 \right) / 2 + RC (U_0 + I_0 R)^2 / (2(R + U_0/I_0))$ .

275.  $4\sqrt{Rg}$ .

276. Для близоруких.

277.  $2\pi \sqrt{(l \sin \beta) / (g \cos \alpha)}$ .

278. 2 км/с; 12 ч.

279.  $T_1 T_2 (p_1 V_1 + p_2 V_2) / (p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1)$ .

280.  $9(3n+1)^2 / (4(5n+1)^2)$ .

281.  $-(2/3) \cdot 10^{-6}$  мкФ.

282.  $\sqrt{3k/m}$ .

283.  $3\sqrt{3}t$ .

284.  $g / (1 + B^2 d \epsilon_0 \pi R^2 / m)$ .

285. См. рис.9 (в случае 2 период колебаний температуры больше, чем в случае 1).

286.  $k/R^2$ .

287. Практически не изменяется.

288.  $2p$ .

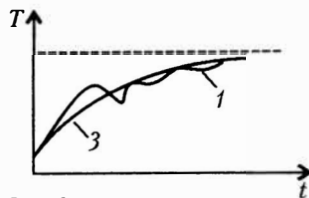


Рис. 9

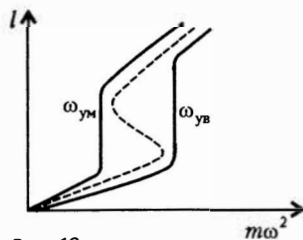


Рис. 10

289.  $m(g - v^2/(\sqrt{2}l))$ .

290. См. рис.10.

291.  $U\sqrt{C/(2L)}$ .

292. Встретятся, если малы начальные составляющие скоростей, перпендикулярные образующей.

293.  $3,64 \text{ м/с}^2$ .

294.  $R_3 = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ .

295.  $10^{-7}$ .

296.  $U(1 - kC_{\text{общ}}/C_i)$ .

297.  $\pi p(R^2 - r^2)$ .

298. 4.

299. Нить не натянута.

300.  $\left( -r_0 + \sqrt{r_0^2 + (8\sigma \sin \alpha)/(\rho g)/(2tg \alpha)} \right);$   
 $\left( r_0 - \sqrt{r_0^2 - (8\sigma \sin \alpha)/(\rho g)/(2tg \alpha)} \right).$

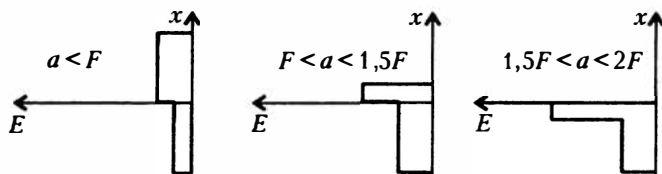


Рис. 11

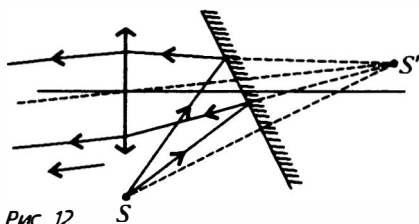


Рис. 12

301. См. рис.11.

302.  $v_1 v_2 / l$ .

303. См. рис.12.

304.  $8m^3/(\pi^2 d^4 \rho^2) + mgH$ ; например, увеличив  $d$  или укоротив трубку.

305. От  $6,7^\circ \text{C}$  до  $36,7^\circ \text{C}$ .

306. Указание. Угол поворота пропорционален разности удлинений двух участков проволоки, которые, в свою очередь, пропорциональны квадрату протекающего тока.

307. Указание. «Слышимый» самолет в обоих случаях отстает от видимого.

308. 40 кд.

309. В любой точке круга радиусом  $l/8$  с центром, координаты которого  $-l/8$  и 0.

310. Указание. В зависимости от величины деформации пружина может быть упругой или пластичной.

311.  $km/(4\pi pd)$ .
312.  $\sqrt{v^2(R-h)^2/R^2} - 2gh$ ;  $R\sqrt{2gh}/(R-h)$ .
313.  $((n_0/\alpha) - R)/2$ .
314.  $(\sqrt{2gh} \cos \alpha)/(\sqrt{1 + \cos^2 \alpha} \sin \alpha)$ ; не зависит.
315. В охлаждаемой половине уменьшится, а в неохлаждаемой половине и во всей спирали увеличится.
316. При кратковременных нагрузках пластичные материалы приобретают упругие свойства.
317.  $1,7 \cdot 10^{-8}$  см.
318. В случаях а) и б) это невозможно, а в случае в)  $C_1 = \sqrt{k}C$ .
319.  $E_0/4$ .
320.  $3,5 \cdot 10^4$  Па.
321. 0,077 мм.
322.  $(v_1 + v_2)^2 v_2 T / (2\pi G)$ ;  $(v_1 + v_2)^2 v_1 T / (2\pi G)$ ;  $(v_1 + v_2)T / (2\pi)$ .
323. На глубине  $l$  (при этом вся трубка целиком погружена в воду).
324. 112,5 см.
325.  $v_1 v_2 / \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ .
326. На  $2\sigma(1 - 1/\sqrt[3]{2})/r_0$ .
327.  $\sqrt{4u_1^2 + 4,5u_2^2}/(6R)$ ; 0.
328. Ускорение равно  $(v_1 + v_2)^2 \sqrt{l_1^6 + l_2^6} / (l_1 l_2 (l_1^2 + l_2^2))$  и составляет с первым стержнем угол  $\arctg(l_1/l_2)^3$ .
329. *Указание.* Это связано с нарушением и восстановлением плотной упаковки песчинок.
330.  $T_0(1 + (Mg + p_0S)/(5p_0S))$ .
331.  $(\pi R^2 n B_0 \omega \sin \omega t)/3$ .
332.  $\sqrt{12,25F^2 + 0,25a^2}$ .
333.  $Bl^2\omega/8$ .
334.  $\sqrt{2}$ .
335.  $\pi \rho R^3 \tg \alpha$ .
336.  $g/(2\omega^2)$ .
337. Телескоп увеличивает контрастность изображения звезды на фоне неба.
338. а)  $(l_1 - l_2)/(\beta_2 l_2 - \beta_1 l_1)$ ;  
б)  $(S_1 - S_2)/(2(\beta_2 S_2 - \beta_1 S_1))$ ; в)  $(V_1 - V_2)/(3(\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1))$ .
339.  $-v/2$ .
340. 0,25 м/с.
341.  $(vbd)^2 R / (R + d/(\sigma S))^2$ .

342.  $4\epsilon R/(3(3R+r))$ .

343. 4,4.

344.  $QB_0/(2m)$ .

345. 30 кВт.

346.  $\epsilon_0 S U^2 / l_0^3$ .

347. 200 м/с; 200 мин.

348.  $0,7 \cdot 10^3$  м/с; 16%.

349. 13/11.

350.  $2\epsilon R/(2r+R)$  при  $R \geq 2r$ ,  $4\epsilon R/(2r+3R)$  при  $R \leq 2r$ .

351.  $8 \cdot 10^{-3}$  с.

352. Движок надо сдвинуть так, чтобы сопротивление нижней части реостата было равно  $R(\sqrt{5}-2)$ .

353. Фокусное расстояние увеличится в  $1+\alpha t$  раз, а световой поток — в  $1+2\alpha t$  раз.

354. 21 Ом.

355.  $V^2/V_1$ .

356. 530 м/с.

357.  $x_{\min} = x_1$ , если  $x_1 \geq 0$ ;  $x_{\min} = 0$ , если  $x_1 \leq 0$ ;  $x_{\max} = x_2$ , если  $x_2 \leq L$ ;  $x_{\max} = L$ , если  $x_2 \geq L$ ; здесь  $x_1 = (k_1 l_1 + k_2 L - k_2 l_2 - \mu mg)/(k_1 + k_2)$  и  $x_2 = (k_1 l_1 + k_2 L - k_2 l_2 + \mu mg)/(k_1 + k_2)$ .

358. 0,48 l.

359. 5020 Дж.

360. Радиус, проведенный через пучок, образует с вертикалью угол  $\alpha = \arctg(a/g)$ .

361.  $BICU/\sqrt{2km}$ .

362.  $\epsilon_0 US (\epsilon_2 \rho_2 - \epsilon_1 \rho_1)/(d_1 \rho_1 + d_2 \rho_2)$ .

363.  $|v_1 - v_2|/(2R)$ .

364.  $(gR + v^2 \tg \alpha)/(gR \tg \alpha - v^2)$

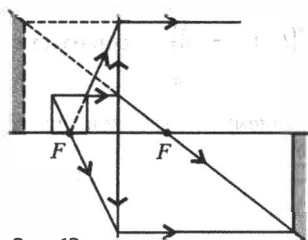


Рис. 13

при  $v < \sqrt{gR \tg \alpha}$ .

365.  $13C/9$ .

366. 40 Па.

367. См. рис.13.

368.  $\left( gt^2 \left( \sqrt{(F/mg)^2 - \cos^2 \alpha} - \sin \alpha \right) \sin \alpha \right) / 2$ .

369. Ускорение шарика А равно  $q^2/(8\pi\epsilon_0 ml^2)$  и составляет с горизонтом угол  $\arctg \ctg \alpha$ ; шарика В —  $q^2 \sqrt{1+3\sin^2 \alpha}/(8\pi\epsilon_0 ml^2)$  и  $\arctg(1/2 \ctg \alpha)$ ; шарика С —  $q^2 \sqrt{1+3\cos^2 \alpha}/(4\pi\epsilon_0 ml^2)$  и  $\arctg(2 \ctg \alpha)$ .

370.  $2\sqrt{gRl/(2\pi R-l)}$ .

371. 1600 м; 9,5 кг.

372.  $F_1 + F_2$ .

373.  $1/8$ .

374.  $100,6^\circ\text{C}$ .

375.  $\mu g(m_1 + m_2/2)$ .

376.  $\tau(3 - \sqrt{7 + 2\alpha^2})/2$ , где  $\alpha = 4h(M + m - \rho dh)/(m_\mu(D - d))$ .

376. Причина в преломлении световых лучей слезной жидкостью.

378.  $\sqrt{3}g$ .

379. 2 мм.

380.  $2\pi \sqrt{\frac{1}{g} \frac{m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2}{m_1^2 l_1^2 + m_2^2 l_2^2}}$ .

381. 2,5%.

382.  $10^{-8}$  см, что невозможно.

383.  $\frac{m}{2\pi} \left( \frac{g}{\tan \alpha} + \frac{\omega^2 l}{2\pi} \right)$ .

384. Указание. Центр масс системы остается неподвижным.

385.  $E^2 \epsilon_0 S d/2$ .

386. Если, например, в вершине прямого угла находился шарик 1, то на шариках установятся заряды

$$q(1 - 5(2 - \sqrt{2})r/(16a)), \quad q(1 + (2 - \sqrt{2})r/(8a)) \\ \text{и} \quad q(1 + 3(2 - \sqrt{2})r/(16a)).$$

387. Например, в случае а) обе скорости направлены вниз и равны, соответственно,  $v(l + R_1 + R_2)/R_2$  и  $v(l + R_1 + R_2)/R_1$ .

388.  $nR\Delta t/(p_a(S_1 - S_2) + (m_1 + m_2)g)$ .

389. 2,7 Ом; 3,2 Ом.

390. а) Разность уровней составит  $2\sigma(r_1 - r_2)/(\rho g r_1 r_2)$ ; б) вода покроет внутреннюю поверхность обоих сосудов, а ртуть соберется в шарик в большом сосуде.

391.  $\sqrt{k/(6m)}$ .

392.  $2\pi \sqrt{l/(2\mu g)}$ ; доска соскочит с цилиндров.

393. 700 К.

394. Перетяжка обеспечивает измерение максимальной температуры;  $80 \text{ м/с}^2$ .

395. Время остывания до температуры, при которой можно «стряхнуть» термометр, намного меньше времени нагревания, необходимого для измерения температуры.

396. В маленьком повысится, а в большом понизится; уровни не изменятся.

397. За счет ударов молекул воздуха;  $1,5 \cdot 10^4 \text{ Н}$ .

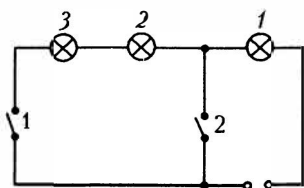


Рис. 14

398. См. рис.14.

399.  $Q_2^2/Q_1$ .

400. Уменьшилось в  $\sqrt{3}$  раз;  $4k_1/3$ .

401. Гальванометр надо включить вместо неизвестного сопротивления, а на место гальванометра поставить ключ и добиться того, чтобы показания гальванометра не изменялись при замыкании и размыкании ключа;  $r_1 R/r_2$ .

402. 0,4 м.

403.  $q_0(\cos \omega t + 1)/2$ ,  $q_0(1 - \cos \omega t)/2$ ,  $q_0\sqrt{1/(2LC)} \sin \omega t$ , где  $\omega = \sqrt{2/(LC)}$ .

404. 0,72;  $9 \cdot 10^5$  Н.

405.  $R$ .

406. 0,8.

407. Нет.

408. 1 А или 2 А.

409. Указание. См. статью П.Блюха «В фокусе линзы» («Квант» № 10 за 1976 г.).

410.  $5 \cdot 10^{-2}$  с.

411. 1,4 атм.

412. 1,5.

413. См. рис.15.

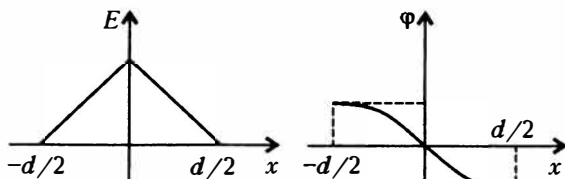


Рис. 15

414.  $l / (2\pi(1 - \omega^2 m / (4\pi^2 k)))$ .

415. 1, 13.

416. Указание. Воспользуйтесь построением.

417.  $5,6 \cdot 10^5$  Па; 2600 К.

418. Из-за явления смачивания.

419. 260.

420. Сжат;  $mg$ .

421.  $\omega^2 R(1 + \mu^2) / (4\pi\mu(1 + \mu)g)$ .

422.  $1/\epsilon$ ;  $2\pi\epsilon_0(1 + \epsilon)rR/(R - r)$ .

423.  $u - \mu (Mg - F)/\alpha$ .

424. 0,3; 0,5.

425.  $Q(l_2 - l_1)/(2\epsilon_0 S)$ .

426. 0,2 г.

427. 1000.

428. 1) 0,23; 2) 0,18.

429. 3674 Дж.

430. 4.

431.  $mgk/(n(k-1)+1)$ ;  $mg/(n(k-1)+1)$ .

432. Указание. В положении устойчивого равновесия центр пузырька лежит на вертикальном диаметре выше центра шара.

433. 10 см (от правой линзы).

434.  $CU^2/2$ .

435. 0,7 с; 10 рад/с.

436.  $4 \cdot 10^9$ .

437. 2,7 Н; 79°; да.

438.  $\arctg \frac{4\mu}{3-\mu^2}$ .

439. См. рис.16.

440. 300 км.

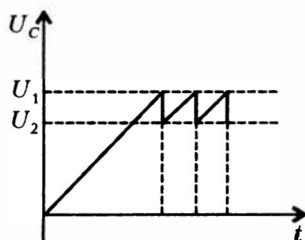


Рис. 16

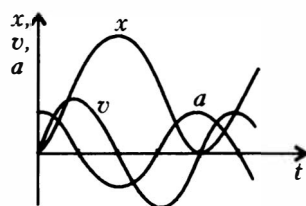


Рис. 17

441.  $q/3$ .

442. 45°.

443. Указание. Учтите орбитальное движение Земли.

444.  $\sqrt{(Mgl \sin \alpha)/m}$ .

445.  $10^{-2}$  Вт; 0,5.

446. См. рис. 17 (для случая, когда амплитуда скорости тела меньше скорости ленты).

447. Максимум плотности сдвинут относительно направления на шель примерно на 10 см.

448. Скорость течения возрастает от берега к середине, что и приводит к разворачиванию бревна.



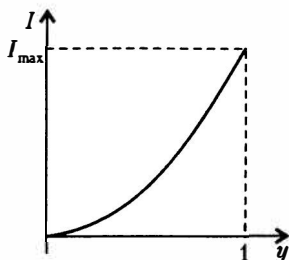


Рис. 18

449.  $2 \cdot 10^{-4}$  с.

450.  $\arcsin(v/v_0)$ .

451. См. рис. 18.

452. Для уменьшения амплитуды колебаний, вызванных неровностями дороги.

453.  $lm_1/(m_1 + m_2 + M)$ .

454.  $\approx 110$  В.

455. Напряжение увеличить в  $\sqrt{5}$  раз, а сопротивление — в 5 раз.

456.  $3 \cdot 10^4$  м/с;  $5,6 \cdot 10^6$  с.

457. а) Увеличится в  $5/3$  раза; б) уменьшится в 3 раза.

458. Под углом  $60^\circ$  к береговой линии.

459. В  $242/243$  раза.

460.  $1/180$  Вт.

461.  $5 \cdot 10^6$  км.

462.  $180^\circ\text{C}$ ;  $420^\circ\text{C}$ .

463. 130 м.

464. 1) В первом цикле газ получает тепло на участках  $AB$  и  $BB$ , а отдает на  $BA$ ; во втором — получает на  $AB$ , а отдает на  $BG$  и  $GA$ ; 2) у второго больше в  $23/21$  раза.

465.  $4,5 \cdot 10^6$  В;  $10^{-3}$  А.

466. 1)  $\sim 0,1$  МэВ; 2)  $^{12}_6\text{C}$ .

467.  $6,2 \cdot 10^4$  с.

468. 0.

469. 0,13.

470. Например, батарейка с параметрами 4,5 В и 6 Ом.

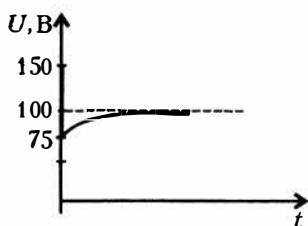


Рис. 19

471.  $p(\sqrt{2} + 1)/2\sqrt{2}$ ;  $T\sqrt{2}$ .

472. См. рис. 19.

473.  $1/3$ ; по нижней левой ветке.

474. 8,6 В.

475. 1) 0,24 А; 2) отношение плеч равно  $2/3$ ; 3)  $0,11/9$ .

476.  $7,03/1000$ .

477. Будет колебаться с периодом  $\sqrt{M/k}$ .

478. Указание. Результат зависит от характера соударения.

479. Указание. Учесть, что  $p_0 \ll p_a$ .

480.  $u/2$ .

481.  $9(n-1)r$ .

482. 0,14 мм.

483.  $g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)/(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)$ .

484. См. рис.20.

485.  $4\pi l \sqrt{2\pi\epsilon_0 m l/3}/q$ .

486. 0,12 м, 0,09 м, 0,08 м; 0,04 м.

487. 5/6.

488. 1) Да; 2) зеленого.

489. 1)  $3,4 \cdot 10^{-3}$  Тл;

2)  $6,6 \cdot 10^{-3} k$  Тл, где  $k = 1, 2, 3, 4$ .

490. 0,2.

491. См. задачу 385.

492.  $\sqrt{d/D}$ ;  $\sqrt{d/DMg}$ .

493. Земля движется по участкам синусоиды, «согнутым» в окружность.

494. 450 Ом; 450 Гн.

495.  $\arctg \frac{(\rho_1 - \rho_3)(1 - \cos \alpha_1) - (\rho_2 - \rho_3)(1 - \cos \alpha_2)}{(\rho_1 - \rho_3)\sin \alpha_1 + (\rho_2 - \rho_3)\sin \alpha_2}$ .

496.  $(r_0 \alpha)/\sqrt{2}$ .

497.  $(v \cos \alpha + \omega r)^2 / (\omega^2 r + g)$ .

498.  $\left( \sqrt{\mu^2 (4h + d)^2 + 4\mu d \rho h^2} - \mu (4h + d) \right) / (d\rho)$ , где  $\mu$  — масса единицы площади стенок и дна.

499. Да.

500.  $v\hbar/c$ .

501.  $4\sqrt{RH/3}/3 - 4R\sqrt{5}/27$ .

502. Не изменится.

503.  $\sqrt{g(2 - \sqrt{2})/l}$ ;  $\sqrt{2}$ .

504. Иначе шины будут изнашиваться неравномерно.

505. Указание. Например, используя дополнительные конденсаторы.

506. 1)  $p \frac{kRT}{V - V_p} - \frac{2\sigma V_p S}{V^2}$ ; 2) при  $T = \frac{2\sigma V_p S (V - V_p)}{V^2 kR}$ .

507. 0,18 Н/см.

508. 89 земных суток.

509.  $\arcsin(1/(1 + u/v))$ .

510. Форму тыквы.

511.  $\frac{2\epsilon_0 l}{\alpha} \ln \frac{b + \alpha a}{b - \alpha a}$ , где  $2al = S$ .

512. 0,5 Гн.

513. Солнце — не точечный источник света.

514. Равно, больше и меньше  $35^\circ 16'$ .

515.  $6\pi\sqrt{lm/(kl + 12mg)}$ .

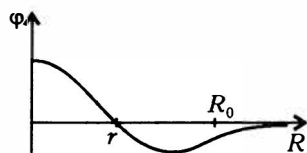


Рис. 20

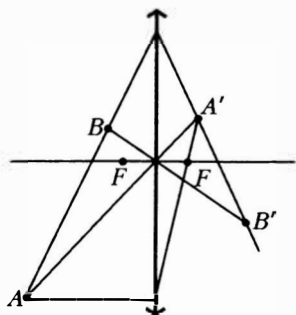


Рис. 21

**516.** Скорость направлена по биссектрисе угла  $\alpha$  вниз и равна  $\omega R / \cos(\alpha/2)$ .

**517.**  $1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

**518.** См. рис.21.

**519.** 0,06 см.

**520.** 40 °С.

**521.** 3,3 с.

**522.** 220 В.

**523.** Указание. Центр масс системы продолжает двигаться так же, как и до разрыва снаряда.

**524.** 95 кВт.

**525.** 5 Ом.

**526.** 10 ч.

**527.** 6/11; 6; 5,5 Вт.

**528.** 6,6 Вт.

**529.** 1) 6,8 см; 2) 50 см; 3) 53 см; 4) 4 мм.

**530.**  $C\epsilon_0(2\epsilon_1 - \epsilon_0)/(2(\epsilon_0 - \epsilon_1))$ .

**531.** 0,15.

**532.**  $\arcsin\left(\frac{r}{r+l} - \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\right)$ .

**533.**  $2\sqrt{2gl/3}/3$ .

**534.** 18-20 км.

**535.** Указание. Необходимо учесть энергию электрического поля каждого шарика.

**536.**  $\sqrt{g/(a \sin 2\alpha)}$ .

**537.**  $3,6 \cdot 10^{-8}$  м.

**538.** 3,2 кг.

**539.** У второго в 39/29 раз.

**540.**  $U \sqrt{\frac{L_2 C}{L_1(L_1 + L_2)}}; U \sqrt{\frac{L_1 C}{L_2(L_1 + L_2)}}$ .

**541.**  $nCU\epsilon(1 - U/(2\epsilon))$ .

**542.** Увеличится в 4 раза.

**543.** Указание. Область выхода лучей ограничена явлением полного внутреннего отражения.

**544.**  $1,4 \cdot 10^3$  м/с.

**545.** 3,8 мм.

**546.** Постоянный ток от источника создает в сердечнике постоянное магнитное поле и насыщает сердечник. При этом существенно уменьшается индуктивное сопротивление, включенное последовательно с лампочкой.

$$547. \frac{d^2}{2lt^2} \left| \frac{F-L}{F} \right|.$$

$$548. \pi m v^2.$$

$$549. \frac{v^2 m_2^2 / (2g(m_1 + m_2)^2)}{v \sqrt{m_1 m_2 / (k(m_1 + m_2))}};$$

$$550. \text{Увеличится на } 0,16 \text{ мм.}$$

$$551. \pi \sqrt{m(k_1 + k_2) / (k_1 k_2)}.$$

$$552. 40 \text{ Ом.}$$

$$553. \frac{2g(R-r)}{l(2+m(1-(R-r)^2/l^2)/M)}.$$

$$554. \text{См. рис.22.}$$

$$555. \text{а) } 2kl/g; \text{ б) } Fl/(ag).$$

556. Теплопроводность нити гораздо меньше теплопроводности проволоки.

$$557. \varepsilon \sqrt{C/L}; 2\varepsilon.$$

$$558. \text{См. рис.23.}$$

$$559. 2,4 \cdot 10^9 \text{ кДж.}$$

$$560. d_0 \cos^2(\alpha/2), d_0 \sin^2(\alpha/2).$$

$$561. 10^8 \text{ Н/м.}$$

$$562. -2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; -3,6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; 6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

$$563. 10,7 \text{ см.}$$

$$564. v_0^2 R / \left( 2\sqrt{(\mu g R)^2 - v_0^4} \right).$$

$$565. 4 \cdot 10^{-15} \text{ В} \cdot \text{с.}$$

566. Указание. Воспользуйтесь законами сохранения импульса и энергии.

$$567. 4,8 \text{ Вт.}$$

$$568. 1,92 \text{ МэВ.}$$

$$569. 1,8 \text{ кг.}$$

$$570. 1 \text{ эВ}; 3,2 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2.$$

571. Для схемы а вначале и после разрезания провода: 1 А, -1 А, 1 А, -1 А.

$$572. 5,8 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

$$573. 0,458 \text{ кг.}$$

$$574. 94,5 \text{ Дж.}$$

575. Нижний вольтметр показывает 3 В, средний показывает 1 В.

$$576. v > c/\cos \theta.$$

$$577. 6 \text{ кВт.}$$

$$578. v^2 / (2l \sin^3 \alpha).$$

$$579. 1,6 \text{ Вт}; 0,7 \text{ Вт.}$$

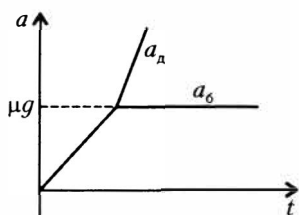


Рис. 22

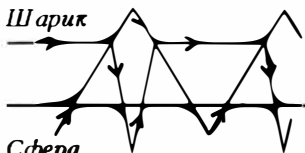


Рис. 23

580.  $\alpha r / (R + r)$ .

581. Бумажку на месте закрытого глаза.

582.  $2/3$ .

583. Прямая;  $1 : 2 : 3 \dots$

584.  $2,4 \cdot 10^3$  Дж/(кг · К);  $10^7$  Дж/кг.

585. 1 А, 4 А, 1 А;  $1 : 5$ .

586.  $5T_0/3$ .

587. Колеблется с частотой  $\sqrt{k/(M + CB^2l^2)}$ .

588. 40 км/ч.

589. 2,03 г.

590. 235 А.

591. См. рис.24.

592.  $1/7$  кг.

593.  $(H \sin \alpha) / (2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))$ .

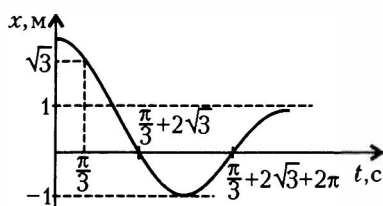


Рис. 24

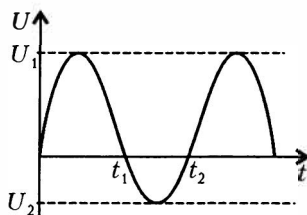


Рис. 25

594. И наружу, и внутрь.

595. От 20 до 32 В.

596.  $3,03 \cdot 10^5$  км/с.

597.  $2\sqrt{2Wm}/(re)$ .

598.  $Vg(\rho_2 - \rho_1 - (\rho - \rho_0)l/H)/2$ .

599. С ускорением  $2gM/m$ .

600. См. рис.25, где  $U_2 = U_1\sqrt{C_1/C_{\text{общ}}}$ ,  $t_1 = \pi\sqrt{LC_1}$ ,  $t_2 = t_1 + \pi\sqrt{LC_{\text{общ}}}$ .

601.  $1,4T_1$ .

602.  $\varepsilon(2C_1 + 5C_2)/4$ .

603. Указание. Это связано с графиком движения поездов.

604.  $R_2(R_1/R_0 + 1)$ ; уровни будут ниже или выше соответственно.

605.  $Un/\sqrt{k}$ .

606.  $(\sqrt{3}\text{tg}\alpha)/(2k)$ .

607. Одинаково.

608. 1) 29 кг; 2) 116 кг.

609. 43,2 г.

610. 1)  $0,05^\circ$ ; 2)  $10^{-12}$ ; 3) нет; 4)  $2 \cdot 10^6$ .

611.  $\operatorname{arctg} \mu; mg\mu/\sqrt{1+\mu^2}$ .

612. 41,5 Дж.

613.  $(M+m)g/k$ .

614. 5500 Дж/моль.

615. 15 мкА, 3 кВ.

616.  $l\sqrt[3]{2}; d\sqrt[3]{4}$ .

617. 5,5.

618. Нет.

619. На 1,25 см в противоположную сторону.

620. См. рис.26.

621.  $vR/(R \sin \alpha - r)$ .

622. В июле больше в 3,4 раза.

623.  $C_0(1-t/(RC_0)); U^2/(2R)$ .

624. 2,16 кПа.

625. 0,2 Н.

626. 26.

627. На внешнюю поверхность.

628. 326 К.

629. Колеблется с частотой  $\omega$  и амплитудой  $a/(\omega^2/\omega_0^2 - 1)$ , где  $\omega_0^2 = k/m$ .

630. 50 кВ.

631. Уменьшится; увеличится; увеличится.

632. В наших широтах освещенность солнечного зайчика больше в 2 раза.

633.  $\omega L/\sqrt{4n^2 - 1}$ .

634.  $\geq \frac{1}{3} \left| \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{2}{\operatorname{tg} \beta} \right|$ .

635. ~ 40 м.

636.  $(p_0 V_0 \rho_0 g S + F^2 - p_0 S F)/(p_0 g S F)$ , если цилиндр невесом.

637.  $1 + L_1/L_2$ , если обмотки ориентированы одинаково;  $1 - L_1/L_2$  и  $(L_2 - L_1)^2/(L_2(L_1 + L_2))$ , если обмотки ориентированы по-разному.

638. Причина — амплитудная модуляция колебаний.

639.  $|l_2 k_2 - l_1 k_1|/(k_1 + k_2)$ ;  $2\pi\sqrt{m/(k_1 + k_2)}$ .

640. 3,6 км/ч.

641. Уйдут на 21 мин 36 с.

642.  $8,5 \cdot 10^{-4}$  Дж.

643. 59200 км (через половину периода обращения).

644.  $\frac{U_0 C_2}{C_1 + C_2} \cos \omega t - \frac{U_0 C_2}{C_1 + C_2}; \frac{U_0 C_2}{C_1 + C_2} \cos \omega t + \frac{U_0 C_2}{C_1 + C_2}$ .

645. 117 Гц.

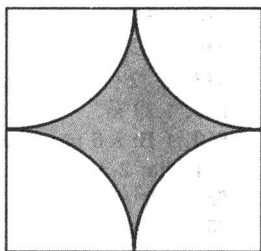


Рис. 26

646. 2,5 см.

647. Да.

648.  $v_0/2$ ;  $5v_0/6$ ;  $v_0\sqrt{17}/6$ .

649. 1,23 кг.

650. 1 В; в 6 раз слабее, чем на источнике.

651. Да; 2-3 мин.

652.  $2R^2/\alpha$ .

653. См. рис.27.

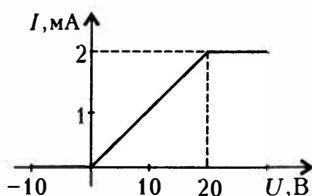


Рис. 27

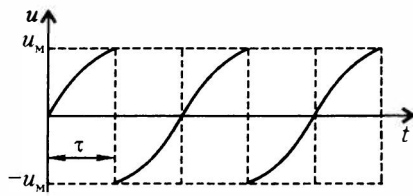


Рис. 28

654. См. рис.28, где  $u_m = \frac{m}{M} \sqrt{\frac{g m + M}{l}} \sin \alpha$  и  $\tau = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g m + M}}$ .

655. Простейший способ — шунтировать обмотку массивным проводником с малым сопротивлением.

656. Указание. Сделайте оценки с помощью закона Паскаля.

657.  $4\sigma(16R_1^2 - 27R^2)/(27R^3 - 16R_1^3)$ .

658. 600 К.

659. Нет.

660. Нет.

661. а) 0,25 А; б) 0,49 А, 0,38 А, 0,87 А.

662. 8,9 мА.

663.  $\arccos(\cos \alpha - (2v_0^2 \sin^4(\alpha/2))/(gl \cos \alpha))$ .

664. 5 м.

665.  $c_2/c_1$ .

666.  $(n_1 R - n_2 r)/(R - r)$ .

667.  $eBr/(2m)$ ;  $\ll 2m/(eB)$ .

668.  $m_1 m_2 g (m_2 - m_1) / (k (m_1 + m_2)^2)$ .

669.  $(H - d)(S - \Delta S)/\Delta S$ , где  $\Delta S \ll S$  — площадь торца стенок стакана.

670. Указание. Воспользуйтесь системой отсчета, связанной с центром масс.

671. Да.

672. 100 В.

673.  $F_1/2$ .

674. 0,75.





$$698. v_0 \sqrt{\sqrt{n^4/4 + 2} - n^2/2}.$$

$$699. \sqrt{(8\sigma/r - 2\rho gh)/(\rho l^2)}.$$

$$700. Q(2q - Q)/(Q - q).$$

701. В средней части стержня температура будет повышаться, а в боковых частях — понижаться; по всей длине установится температура 166,6 °С.

$$702. L/v_0 + 2\pi\sqrt{m/(2k)}.$$

703. 1 ч 9 мин.

$$704. (2m_1 m_2 g \tan \alpha)/(m_1 + m_2).$$

705. 667 Па.

$$706. 1/n^2 \text{ м/с}^2, \text{ где } n = 1, 2, 3, \dots$$

707. 1) 8 см; 2) 0,1 см; 3) 1,25 мм.

708. 0,2 с; 1,6 А.

709. 1) Уменьшить на 3/8 В; 2) уменьшить на 6 В.

710.  $g/7$ .

711. 56 г/моль, 1,04 Дж/(г·К), 0,52 Дж/(г·К); 3-4%.

$$712. n \frac{R \cos \alpha}{v_0} = k \sqrt{\frac{2H}{g}}, \text{ где } n \text{ и } k \text{ — целые взаимно простые числа.}$$

$$713. gh/l.$$

714. Увеличится, если материал шара сжимаем.

715. Не зависит.

$$716. r\sqrt{g/d}.$$

$$717. \left( \sqrt{(2lct \tan \alpha)/R/\pi - 1/2} \right) + 1.$$

$$718. l + h(w^2 - u^2 + wu) / \left( u \sqrt{(w+v)^2 - u^2} \right).$$

$$719. v_0 q E / \sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2}.$$

$$720. (g \sin \alpha) / (1 + ml(1 - x/l)/(2rM)) \text{ для } x < l \text{ и } g \sin \alpha \text{ для } x > l.$$

$$721. A\sqrt{2}.$$

722.  $ed^2 B^2 / (2\pi^2 n^2 m)$ , где  $n = 0, 1, 2, \dots$ ; например, от разброса начальных скоростей электронов.

$$723. l_0(v - u)/(v + u).$$

$$724. 5F/k.$$

$$725. \arccos(u/v).$$

$$726. T_0 + 2mv^2/(3R).$$

727. См. статью А.Зильбермана «Источник с «отрицательным» внутренним сопротивлением» («Квант» №7 за 1982 г.).

$$728. l\sqrt{1 + \pi\sqrt{3}(1 + \pi\sqrt{3})}.$$

$$729. \sqrt{2\mu g l}; m(v_0 + \sqrt{2\mu g})^2/2.$$

730.  $3q_1 q_2 d^2 / (2\pi\epsilon_0 L^4)$ , если заряды соседних пластин одинаковы по знаку.

$$731. 2m(v_1 - v_2) \sin(qBt/(2m)) / (qB).$$

732. а) Освещенность равномерно уменьшится; б) уменьшится неравномерно.

$$733. \pi l \sqrt{1/(gR)}.$$

$$734. 2\pi^2 r k (2k + 1) / v.$$

$$735. \epsilon / (3r).$$

$$736. IR/8.$$

737. Результат зависит от параметров системы. В частности, при малых  $\alpha$  радиус равен  $F \tan \alpha$ .

$$738. n_0 / (1 - (v_2 - v_1)t/l_0).$$

$$739. \sqrt{2gh_0 + 2M \sqrt{2g(H - h_0)}} / (\rho S).$$

$$740. 0,8 \text{ атм.}$$

$$741. 0,12 \text{ Вт.}$$

$$742. FL\alpha.$$

$$743. \sqrt{g(l + 2H - 2h)}.$$

744. Увеличилось в 2 раза.

$$745. 2R.$$

$$746. W_{\max}/e; ev; W_{\min}/(e^2 v).$$

747. Указание. Используйте условие полного внутреннего отражения света.

$$748. \sqrt{Rg \sqrt{1 + h^2/(2\pi R)^2} (h/(2\pi R) - 1)}.$$

$$749. \Omega; \mu mgd.$$

750. См. рис.31, где  $\tau_1 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}$  и  $\tau_2 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ; 100 Ом.

$$751. 2\pi \sqrt{2(R - r)/g}.$$

752. Пятно освещено неравномерно, причем степень размытости и диаметр пятна зависят от диаметра линзы.

753. 0,45 Вт; 20 или 5 Ом; например, для калориметрических опытов; с помощью двух разных источников и диода.

$$754. 75 \text{ с.}$$

755.  $0,65 \cdot 10^{-2} \text{ м}$  по горизонтали и  $0,12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$  по вертикали (считая, что клапаны расположены симметрично относительно горизонтальной оси).

$$756. 6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; 380 \text{ К}, 440 \text{ К.}$$

$$757. 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

758. Указание. Найдите положение мгновенного центра вращения.

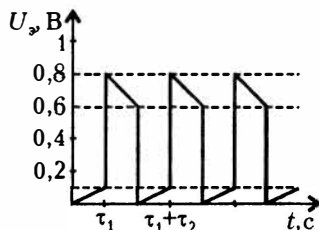


Рис. 31

759.  $1/4$ ;  $\sqrt{gl/2}/2$ .

760. 0,08 К.

761. 1,375 В; 1,93 В.

762. 0,4 А; 180 В.

763.  $v/\left(2\sqrt{1-d^2/(2R)^2}\right)$ .

764.  $p_0abc/(2mv)$ .

765.  $10^{-2}$  К;  $10^{14}$  ВТ.

766. 60 Дж; 3.

767. 1 ВТ.

768.  $\geq \sqrt{r^2g/(2H)}$ .

769.  $M(g/\sqrt{2}-v^2/(2R))$ .

770. 1)  $3,7 \cdot 10^{-3}$  кг, 0,5 Дж; 2) 3 Дж.

771. См. рис.32.

772. Нет; 400-500 м.

773.  $\operatorname{tg} \alpha$ .

774. 675,5 кал/г.

775. 2,97 мА.

776. 20; 0,4 °С.

777.  $2\pi\sqrt{l/g}$ .

778.  $g/(1+(4M \operatorname{tg} \alpha)/m)$ .

779.  $\arctg(1/6)$ .

780.  $h+p_0(1-\sqrt{1+4\rho gh/p_0})/(2\rho g)$ .

781.  $q(1/c-1/b)/(1/a-1/b)$ .

782. 29 мкФ.

783.  $m_1m_2g/(m_1+4m_2)$ .

784.  $v\sqrt{7}/4$ .

785. Понизится; вверх.

786.  $R/(1+2\alpha/(VkT))$ , где  $k$  – постоянная Больцмана.

787.  $RC$ .

788.  $\sqrt{Rg \cos \alpha} / \sin \varphi$ .

789.  $10^{-3}$  м<sup>2</sup>;  $3,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>;  $7 \cdot 10^2$  кг/м<sup>3</sup>; 1,7 см и 2,2 см.

790.  $\sqrt{2\mu g \sqrt{d/(\mu g)} + 4m/k}$ .

791.  $5(Mg+p_0S)v/2$ .

792.  $10^{-24}$  В;  $10^{-11}$  В.

793. Указание. Достаточно рассмотреть движение одного шарика.

794. -54 °С.

795. Возрастает в 1,6 раза.

796.  $2F\omega$ .

797. 20 В.

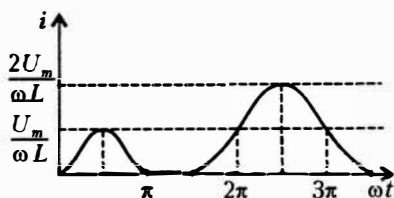


Рис. 32

798.  $L/\sqrt{v^2 - u^2}$ .
799. Уменьшиться в  $(1 - h/H)^{3/2}$  раз.
800.  $2\pi\sqrt{CL_1L_2/(L_1 + L_2)}$ .
801.  $\sqrt{\frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 m}} \left( \frac{2}{Q} \sqrt{\pi\epsilon_0 T} - \frac{1}{10R} \right)$ .
802.  $Mmv^2/(4c(M + m))$ .
803.  $(mv_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)/(l \cos^2 \alpha)$ .
804.  $R$ .
805.  $I_0 \rho d / \left( S \sqrt{1 + (\omega \rho \epsilon_0 \epsilon)^2} \right)$ .
806.  $LI^2(R_1 + R_2)/(2R_2)$ ;  $LI^2R_1(R_1 + R_2)/(2R_2^2)$ .
807.  $\epsilon_0 \sqrt{C/L}$ .
808. 545 м.
809.  $\sqrt{f/(mR + \rho s R^2/2)}$ .
810. 2,1 МДж.
811. 1) 0,04; 2) 80.
812.  $\arctg \left( \operatorname{tg} \left( (n-1) \arctg \frac{R}{h} \right) + \frac{n-1}{R} h \right)$ .
813. Сила направлена перпендикулярно стержню  $BD$  и равна  $mg/2$ .
814.  $v_0 - \sqrt{(v_0^2 + 2Rg)^3/3}/(3Rg)$ .
815. 6,4 см.
816. 11,2 Дж или 36,8 Дж.
817. Меньше  $60^\circ$ .
818.  $2\omega l$ ;  $2\omega^2 l$ .
819.  $4mgR$ ; на кромке чаши так, чтобы суммарный импульс перед соударением был равен нулю.
820. 16,5%.
821. 0,17 А; 0,9 рад.
822. Например, по смещению видимого за очками края лица: у близорукого человека — внутрь, у дальнозоркого — наружу.
823.  $\sqrt{58GM/R}$ .
824.  $21^\circ 48'$ .
825. 0,5 А.
826. 1 мм; 12 см от линзы.
827. Куб будет как бы повернут на угол  $\arcsin 0,8$ .
828. Да.

## **ЗАДАЧНИК «КВАНТА»**

### **ФИЗИКА**

Часть 1

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

Библиотечка «Квант». Выпуск 118

Приложение к журналу «Квант» №5/2010

Редактор *В.А.Тихомирова*

Обложка *А.Е.Пацверия*

Макет и компьютерная верстка *Е.В.Морозова*

Компьютерная группа *Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева*

ИБ № 108

Формат 84x108 1/32. Бум. офсетная. Гарнитура кудряшевская

Печать офсетная. Объем 6 печ.л. Тираж 3000 экз.

Заказ № 5074

119296 Москва, Ленинский пр., 64-А, «Квант»

Тел.: (495)930-56-48, e-mail: admin@kvant.info

Отпечатано в ОАО Ордена Трудового Красного Знамени  
«Чеховский полиграфический комбинат»

142300 г.Чехов Московской области

Сайт: [www.chpk.ru](http://www.chpk.ru). E-mail: [marketing@chpk.ru](mailto:marketing@chpk.ru)

Факс: 8(49672)6-25-36, факс: 8(499)270-73-00

Отдел продаж услуг многоканальный: 8(499) 270-73-59

Индекс 70465

60 =



# Библиотечка КВАНТ

ЗАДАЧНИК «КВАНТА»

Часть I

Ф И З И К А



ВЫПУСК

118