

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Наиболее полное собрание задач П.Л. Капицы

ПРЕДИСЛОВИЕ

Написано для кн.: *Капица П.Л. Физические задачи*. М.: Знание, 1966. 16 с.

Напечатанные в этом сборнике задачи были составлены мной для студентов Московского Физико-технического института, когда в 1947-1949 гг. я там читал курс общей физики. В этот сборник вошли также задачи, которые давались на экзаменах при поступлении в аспирантуру Института физических проблем Академии наук СССР. Эти задачи собрали вместе и подготовили к печати студенты физтеха, недавно окончившие институт, Л.Г. Асламазов и И.Ш. Слободецкий. При составлении этих задач я преследовал определенную цель, поэтому они были составлены необычным образом. Чтобы их решение для читателя представляло интерес, следует сделать некоторые разъяснения.

Хорошо известно, какое большое значение имеет решение задач при изучении точных наук, таких, как математика, механика, физика и др. Решение задач дает возможность не только самому студенту проверить свои знания к решению практических проблем, но и для преподавателя задачи являются одним из наиболее эффективных способов проверить, насколько глубоко понимает студент предмет, не являются ли его знания только накоплением заученного наизусть. Кроме того, при обучении молодежи с помощью решения задач можно еще воспитывать и выявлять творческое научное мышление.

Необходимость в этом вызвана тем, что физико-технический институт, который был организован 20 лет назад, был специально создан как высшее учебное заведение для отбора и воспитания работников для научных институтов. Хорошо известно, что для плодотворной научной работы требуются не только знание и понимание, но, главное, еще самостоятельное аналитическое и творческое мышление. Как одно из эффективных средств воспитания, выявления и оценки этих качеств при обучении молодежи и были составлены эти задачи. Я стремился осуществить эту цель, составляя большинство задач таким образом, что они являются постановкой небольших проблем, и студент должен на основании известных физических законов проанализировать и количественно описать заданное явление природы.

Эти явления природы выбраны так, чтобы они имели либо научный, либо практический интерес, и при этом нами учитывалось, что уровень знаний студентов должен быть достаточным, чтобы выполнить задание. Обычно задачи ставятся так, чтобы подходов к их решению было несколько, с тем чтобы и в выборе решения могла проявиться индивидуальность студента. Например, задачу о траектории полета самолета, при которой в кабине была бы невесомость, можно решить стандартным способом, написав уравнение движения самолета в поле тяжести Земли и приравнять нулю равнодействующую сил, действующих на точку, находящуюся в самолете. Другой способ решения более прост: принять, что если самолет следует траектории свободно летящего тела, которая в земном поле близка к параболе, тогда тело, находящееся в самолете, может быть в состоянии невесомости. Более любознательный студент может углубить вопрос и выяснить, что требуется при полете самолета для того, чтобы во всех точках кабины самолета было одновременно состояние невесомости. Далее можно разобрать вопрос, какие навигационные приборы нужны, чтобы пилот мог вести самолет по нужной для осуществления невесомости траектории и т.п. Характерной чертой наших задач является то, что они не имеют определенного законченного ответа, поскольку ку студент может по мере своих склонностей и

способностей неограниченно углублять в изучение поставленного вопроса. Ответы студента дают возможность оценить склонность и характер его научного мышления, что особенно важно при отборе в аспирантуру. Самостоятельное решение такого рода задач дает студенту тренировку в научном мышлении и вырабатывает в нем любовь к научным проблемам.

Кроме проблемного характера этих задач, в большинстве из них есть еще одна особенность: в них не заданы численные величины физических констант и параметров и их представляется выбрать самим решающим. Так, например, в той же задаче о невесомости в самолете требуется определить время, в продолжение которого она может осуществляться, и при этом говорится, что выбирается современный самолет. Потолок полета этого самолета и его предельную скорость представляется выбрать самому студенту. Это мы делаем потому, что практика преподавания показывает, что обычно у нас мало заботятся о том, чтобы ученые и инженеры в процессе своего учения научились конкретно представлять себе масштабы тех физических величин, с которыми им приходится оперировать: ток, скорость, напряжение, прочность, температуру и пр.

При решении научных проблем ученому всегда приходится в своем воображении ясно представлять величину и относительную значимость тех физических величин, которые служат для описания изучаемого явления. Это необходимо, чтобы уметь выбирать те из них, которые являются решающими при опытным изучении данного явления природы. Поэтому надо приучать с молодости ученых, чтобы символы в формулах, определяющие физические величины, всегда представляли для них конкретные количественные значения. Для физика, в отличие от математика, как параметры, так и переменные величины в математическом уравнении должны являться конкретными количествами. В наших задачах мы к этому приучаем студентов тем, что они сами должны в литературе отыскивать нужные для решения величины. Студенты физтеха с интересом относятся к этим задачам и часто подвергали их совместному обсуждению. Когда эти задачи давались нами на экзаменах, то необходимое условие при решении - полная свобода в пользовании литературой. Обычно на экзаменах давалось несколько задач (до 5), так чтобы предоставить экзаменуемому по своему вкусу выбрать 2-3 из них. По выбору задач тоже можно было судить о склонностях студента. Для аспирантских экзаменов составлялись новые и более сложные задачи, но здесь разрешалось экзаменуемому не только пользоваться литературой, но и консультацией. Умению пользоваться консультацией ученому также необходимо научиться, как и умению пользоваться литературой. При научной работе советы и беседы с товарищами и руководителями необходимы для успеха работы, и к этому тоже надо приучать с самого начала обучения.

На решение каждой из задач мы обычно давали около часа. Задачи должны были быть решены в письменном виде, но способности и характер студента в основном выявляются при устном обсуждении написанного текста. Чем ярче способности молодого ученого, тем скорее можно их выявить. Обычно обсуждение всех этих задач не брало у нас больше часа.

Сейчас (т.е. в 1966 году - И.И.) общепризнано громадное значение науки для развития культуры и хозяйства в современном государстве. Количество ученых и научных работников у нас в стране неуклонно увеличивается и уже сейчас превышает полмиллиона. Поэтому воспитание и обучение молодых ученых теперь являются большой и самостоятельной **государственной задачей**. У нас в стране, кроме Московского физико-технического института, имеется еще несколько высших учебных заведений, которые ставят перед собой задачу воспитания научных кадров. Несомненно, преподавание в таких вузах имеет свою специфику, и оно отличается от преподавания в вузах, которые готовят кадры для нашей промышленности и народного хозяйства.

Мне думается, что при выработке методов преподавания решение задач-проблем, подобных собранным в этой книге, может быть широко использовано не только

при преподавании физики, но и других областей точных наук: математики, механики, химии и др. Перед тем как решить крупную научную проблему, ученым надо уметь ее решать в малых формах. Поэтому решение задач, аналогичных приведенным в этом сборнике, является хорошей подготовкой для будущих научных работников.

1. Астрономические наблюдения показывают, что на планете Венера полная облачность, так что "жители" Венеры лишены возможности наблюдать небесные светила. Опишите, каким методом они могли бы точно измерить длину своих суток.
2. Тунгусский метеорит ударился о Землю на широте 60° , и вся его энергия обратилась в тепло, так что он испарился. Принимая, что вес метеорита был 10 000 т и его скорость составляла 50 км/с, подсчитать, какое предельное влияние этот удар мог оказать на период обращения Земли вокруг ее оси. Можно ли обнаружить это изменение вращения современными часами?
3. По какой траектории должен лететь современный самолет для того, чтобы можно было воспроизвести невесомость? Как долго можно воспроизводить невесомость?
4. Определите предел точности измерения интервала времени катодным осциллографом.
5. В древности применяли водяной насос, работающий по следующему принципу: труба, согнутая по винтовой линии, вращается около центральной оси, наклоненной под углом α к поверхности воды. Нижний конец трубы находится в воде. Вода поднимается на высоту h . Найти оптимальное значение угла α , производительность и КПД насоса.
6. Нейтроны легко проходят через блок свинца, но задерживаются в таком же объеме парафина, воды или другого соединения, в состав которого входят атомы водорода. Чем это объяснить?
7. Парашютист, опускаясь, подтягивает передние стропы. Куда он полетит?
8. У автомобиля, участвующего в гонке, лопается шина. С какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы шина не сминалась?
9. Для защиты пассажиров при столкновении автомобилей применяются подушки-амортизаторы с быстрым наполнением газом. Оценить эффективность этого метода. Какими должны быть размер подушки и давление газа в ней, чтобы при аварии машины, двигающейся со скоростью 100 км/час, при ударе в подушку голова человека не разбилась?
10. Во сколько раз можно увеличить высоту прыжка акробата однократным применением трамплина?
11. Объясните, почему для данного размера лука существует определенный размер стрелы, при котором будет наибольшая дальность полета? Оцените этот размер для лука заданной конфигурации.
12. Эквилибрист весом P стоит на шаре радиусом R и массой M . Шар находится на горизонтальной плоскости и катится по ней без скольжения. Проанализируйте, как должен эквилибрист переступать по шару, чтобы катиться, и как связан коэффициент трения подошв эквилибриста с ускорением качения.
13. С какой скоростью должен лететь теннисный мяч, чтобы он разбил стекло?
14. Шарик, брошенный на твердую поверхность, отскакивает от нее. Оценить, как зависит

высота отскока от вязкости твердого тела.

15. Оценить время соударения футбольного мяча со стенкой.

16. Стальной шарик с высоты $h = 10$ см падает на наклонную плоскость с углом $\alpha = 10^\circ$, упруго отскакивает и снова падает и т.д. Опишите, как будет развиваться это движение, приняв, что длина наклонной плоскости не ограничена и процесс удара происходит без потерь.

17. Объясните, почему человек может бежать по очень тонкому льду и не может стоять на нем не проваливаясь?

18. Оцените порядок скорости, с которой человек должен бежать по воде, что бы не тонуть.

19. Почему можно управлять движением велосипеда при езде "без рук"?

20. Спутник пролетел над Новосибирском в 2 ч. 30 мин, а над Москвой - в 6 ч. Где он будет пролетать в 20 ч. и в 21 ч. 45 мин? Время московское.

21. Космический корабль летит от Земли к Марсу. Половина поверхности корабля зачернена и полностью поглощает излучение от Солнца, другая половина - полированная, металлическая, полностью отражает излучение от Солнца. Изучить, как будет влиять световое давление на поступательное и вращательное движение корабля. Количественно оценить величину эффекта для корабля-шара весом 5 т и диаметром 300 см.

22. На весах уравновешена банка с водой, в которой плавает водяная крыса. Со штанги, укрепленной на другой чашке весов, свешивается веревка, касаясь воды в банке. Сохранится ли равновесие, если крыса начнет карабкаться по веревке?

23. На дне стакана, стоящего на весах, сидит муха. Муха взлетает. В какой момент весы начнут "чувствовать", что муха улетела?

24. Определите искажение поверхности жидкости, производимое силой тяготения шара. Разобрать возможность экспериментального наблюдения этого эффекта для определения постоянной тяготения.

25. Определить минимальный размер предмета, который можно еще различить, на фотографии, сделанной со спутника, летящего на высоте 300 км.

26. Космонавту, находящемуся в состоянии невесомости, необходимо вырыть яму. Как он может это сделать?

27. Над Землей висит неподвижно ракета массой M . Скорость вытекающих из ракеты газов равна u . Определить мощность двигателя ракеты.

28. По какой траектории полетит пуля, выпущенная из спутника вперед (назад, в сторону)?

29. Каким образом космонавт сможет вернуться на корабль, если трос, соединяющий его с кораблем, случайно оборвется?

30. Как изменить направление полета спутника на 2° ? Масса спутника 100 кг, радиус орбиты 400 км. Опишите принципиально возможные способы, с помощью которых можно осуществить этот маневр.

31. Когда Земля движется по своей эллиптической орбите, скорость ее все время возрастает или убывает. Возможно ли измерить соответствующее ускорение при помощи уровня с жидкостью?

32. Подсчитайте, насколько изменится температура Земли, если на нее упадет Луна. Принять

теплоемкость Луны и Земли равной $1 \text{ кал/см}^3\text{град}$.

33. Опишите искажения земной орбиты, производимые давлением солнечного света. Оцените эти величины.

34. Груз массой M подвешен на нитке через блок и качается с заданной амплитудой. Определить изменение периода и амплитуды качания, если конец нитки A медленно передвинуть на длину l (рис. 1). Вычислить также совершенную работу.

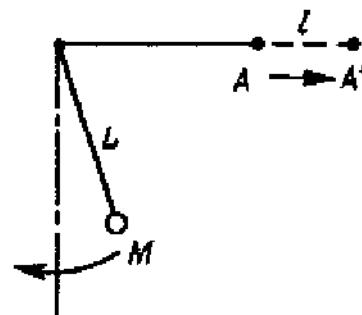


Рис. 1

35. Каким путем закон, соединяющий длину маятника и период колебания, может быть получен без вычислений?

36. Вверх по склону горы с углом α движется автомобиль с ускорением a . Определить период колебаний маятника длины l , находящегося внутри автомобиля.

37. Укажите, какие, по вашему мнению, наиболее простые и точные экспериментальные методы возможны для того, чтобы по известным физическим постоянным и заданному эталону длины (1 м), можно было бы воспроизвести единицу времени (с), не пользуясь при этом астрономическими наблюдениями и постоянной ускорения силы тяжести (как если бы опыт производился в глубинной шахте или на другой планете).

38. Определите предел радиуса слышимости разговора на открытом воздухе.

39. Вечером, плавая на реке, можно обнаружить, что очень хорошо слышен разговор, который ведется далеко от вас. Объясните, почему это возможно?

40. На столбе на высоте h висит звонок. Скорость ветра u . В каком месте на земле звук громче всего, если скорость звука c ?

41. Объясните, почему бывали случаи, когда во время выстрела из артиллерийского орудия целиком отлетал передний конец дула?

42. Всегда ли садовник, поливающий газон из шланга, ощущает действие реактивной силы?

43. Разобрать вопрос принципиальной возможности использования ультразвуковых колебаний для создания аппаратуры, позволяющей получать изображение предметов, находящихся в воде.

44. Перечислите и опишите все методы, с помощью которых можно производить звук. Какой из этих методов наиболее экономичен?

45. Транспортёр перемещает грузы в горизонтальном направлении, но его лента имеет поперечный наклон для стока воды. Свободно лежащие на ленте транспортируемые детали не скатываются вбок благодаря достаточно большому трению. Лента проходит внутрь здания сквозь узкую щель в абсолютно гладкой стене, плоскость которой перпендикулярна направлению движения ленты транспортёра. Как будет двигаться свободный, но устойчиво стоящий на ленте цилиндр после того, как он, двигаясь вместе с лентой, наткнется на стенку? Если он действительно будет двигаться, определите направление, скорость и ускорение этого движения, считая заданными угол наклона ленты к горизонту, ее скорость и коэффициент трения между цилиндром и лентой.

46. Объясните, как мальчик на качелях увеличивает амплитуду качания.
47. Какие движения должен совершать человек, чтобы вертеть на туловище обруч?
48. Определить затухание колебаний маятника в разреженном газе.
49. Мотоциклист едет по стенке бочкообразного кольца. Разберите, когда это движение устойчиво.
50. В маятнике полая чечевица заполняется вязкой жидкостью. Количественно оцените влияние жидкости на период и затухание колебаний.
51. Перечислите факторы, которые сказываются на точности хода карманных часов. Оцените относительные значения этих факторов.
52. Стенки прямоугольного сосуда, расположенные на расстоянии l , медленно сближаются с относительной скоростью v . В сосуде находится частица, скорость которой относительно Земли и. Как изменится скорость частицы за время t ? Удары о стенки считать абсолютно упругими.
53. Подвес маятника совершает быстрые колебания в горизонтальной плоскости. Найти положение равновесия маятника в поле тяжести.
54. а) Покажите, что, сообщив горизонтальные или вертикальные колебания точке подвеса маятника, можно поддерживать его колебания.
б) Найдите фазу и период этих колебаний и оцените их амплитуду, необходимую для поддержания колебаний в обычном маятнике.
в) Исследуйте устойчивость этих процессов.
55. Два одинаковых диска расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Верхний диск подвешен на проволоке и может совершать крутильные колебания. Нижний диск совершает вынужденные крутильные колебания с заданной амплитудой и с периодом, равным периоду свободных колебаний верхнего диска. Диск помещены в сосуд, где газ разрежен и длина свободного пробега молекул газа велика по сравнению с линейными размерами сосуда. Определите форму и амплитуду установившихся колебаний верхнего диска по отношению к нижнему и постоянную времени установления конечного состояния.
56. Два одинаковых шарика известной массы, свободно лежащие на абсолютно гладкой горизонтальной поверхности, соединены натянутой нитью. По нити ударяет вертикальный стержень,двигающийся в горизонтальном направлении с постоянной скоростью. При каком значении этой скорости нить порвется, если известно, что она разрывается силой F ? Часть нити, на которую непосредственно приходится удар, имеет повышенную прочность.
57. На магнитофонную ленту записан звук летящего прямо на вас и затем удаляющегося самолета. Как определить скорость самолета?
58. В бочкообразном открытом резонаторе возбуждаются волны типа "шепчущей галереи". Положим, что резонатор вращается вокруг своей оси. Спрашивается, как повлияет это вращение на распространение волн по вращению и против. Возникнут ли при этом биения и какой частоты?
59. Подвешен бронзовый цилиндр радиуса R и длиной l , толщина стенок h . При этом $h/R < 1$. Какой должен быть размер цилиндра, чтобы его собственные радиальные колебания имели частоту $f = 2000 \text{ с}^{-1}$? Опишите другие возможные типы колебаний и оцените их частоту.
60. Укажите, какими опытными путями можно было бы определить скорость распространения мирового тяготения? Объясните, какие экспериментальные трудности мешают это осуществить?
61. Поверхность реки образует наклонную плоскость. Может ли тело свободно плыть по реке

со скоростью, превышающей максимальную скорость течения?

62. Имеются два одинаковых дырявых ведра с отверстиями около дна (рис. 2). Одно стоит на горизонтальном столе, другое на клине, верхняя поверхность которого также горизонтальна. Из какого ведра вода будет вытекать быстрее, если первоначальный уровень в них одинаков?

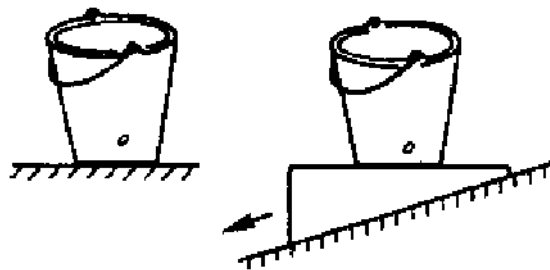


Рис. 2

63. Почему щиты, установленные вдоль дороги, предохраняют дорогу от заносов снега?

64. По дороге идет человек со скоростью u . На груди человека газета весом P . При каком минимальном коэффициенте трения газета не соскользнет? Плотность воздуха ρ , ветер дует навстречу человеку со скоростью v . Грудь считать плоской. Как изменится результат, если грудь выпуклая? Площадь газеты S .

65. Объясните, почему, когда камень или капля дождя падают в воду, брызги летят вверх? От чего больше зависит высота полета брызг: от размеров камня или от скорости его падения? Какова максимальная высота полета капель?

66. По рельсам, между которыми в углублении находится вода, катится тележка с начальной скоростью v_0 . На тележке укреплена вертикальная труба с краном, опущенная в воду и связанная с другой трубой переменного сечения (рис. 3). Известно, что при скорости тележки v_0 и при закрытом кране вода в вертикальной трубке может подняться выше крана. Описать движение тележки, если трение отсутствует.

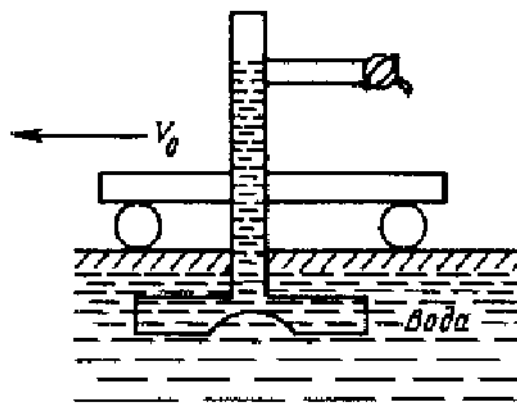


Рис. 3

67. Как затрачивается работа, когда производят усилия, необходимые, чтобы повернуть гироскоп вокруг оси, перпендикулярной оси маховика?

68. Зачем ось вилки руля велосипеда делается наклонной?

69. Четыре гироскопа помещены в стороны квадрата. Концы гироскопов соединены между собой шарнирами. Квадрат подвешен за одну из вершин, противоположную вершину можно нагружать (гиропружина Кельвина). Определить момент количества движения гироскопов, чтобы при длине сторон квадрата 30 см и грузе весом 1 кг диагональ квадрата удлинилась на 1 см. Как будет двигаться система без нагрузки, если квадрат сохраняет свою форму?

70. На качелях помещен гироскоп, так что его ось может поворачиваться в плоскости, проходящей через ось качания. Опишите, как человеку на качелях надо повернуть гироскоп, чтобы раскачать качели? Найдите наиболее эффективный метод раскачивания качелей и выведите выражение для скорости возрастания амплитуды качания качелей со временем.

71. В цилиндре радиусом R и массой M на расстоянии l от оси помещен груз m . Опишите, как будет катиться этот цилиндр по горизонтальной плоскости, если считать, что скольжения

нет.

72. На плоскости вращается волчок с угловой скоростью ω , массой M и моментами инерции A и B . В волчок попадает пуля с массой m , летящая со скоростью v , и застревает в нем. Опишите, что может произойти с волчком и как можно по этому определить скорость пули.

73. Тяжелый обруч 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. Определить период малых колебаний такого маятника. Как он изменится, если маятник перевести на Луну или поместить его в жидкость без трения?

74. На конце вертикально стоящего на полу стержня длиной 1,5 м помещен быстро вращающийся маховик. Над маховиком находится платформа, на которую может стать человек. Подсчитайте необходимый размер маховика при 3000 об/мин, чтобы стержень стоял устойчиво даже в том случае, если человек на платформе будет делать гимнастические упражнения.

75. Данное количество газа хранится в сферическом металлическом баллоне. Определить, при каком давлении газа вес тары будет наименьший.

76. Почему жидкий азот можно лить на руку, не боясь "ожога"?

77. Вертикальная стеклянная трубка круглого сечения открыта с обоих концов. В нижнем конце помещается электрическая спираль, по которой идет ток. Благодаря нагреванию воздуха возникает тяга. Считая, что течение воздуха в трубке ламинарное, определить разность температур между воздухом снаружи и внутри трубки в зависимости от длины, радиуса трубки и подведенной электроэнергии (теплоотдачей через стекло пренебречь).

78. Какие нужны начальные и конечные условия, чтобы частично оживить реальный газ при его однократном адиабатическом расширении? В качестве численного примера разобрать сжижение воздуха.

79. Какие можно придумать эксперименты, чтобы установить абсолютную шкалу температур ниже 0,5 К?

80. Оцените, какую толщину должны иметь стены из данного материала, для того чтобы в помещении колебания температуры от средней годичной не превышали бы 3° ?

81. Вычислить среднюю температуру поверхности земного шара, считая, что она излучает как черное тело и энергия этого излучения находится в равновесии с получаемой от Солнца. Принять, что при вертикальном освещении на квадратный метр Земли падает 1,5 кВт солнечной энергии.

82. Оцените высоту падения, на которой застывает расплавленная свинцовая капля.

83. Оцените время, за которое замерзает пруд.

84. На одной чашке весов лежит кусок льда, на другой банка воды. Весы находятся в равновесии. Накрываем их большим колпаком и быстро откачиваем воздух. Нарушится ли равновесие?

85. Предположим, что 4×10^9 лет тому назад Луна и Земля были окружены атмосферой так, как сейчас Земля. Оцените, как за это время у Луны и Земли, двигающихся в планетной системе так же, как сейчас, менялась плотность их атмосферы.

86. а) Оцените время, необходимое для образования видимых капель в камере Вильсона.

___ б) Разберите и оцените факторы, влияющие на толщину следов траекторий частиц в камере Вильсона.

87. До широкого внедрения электричества для небольших мощностей употреблялся простой тепловой воздушный двигатель, состоящий из охлаждаемого водой цилиндра, непрерывно нагреваемого придатка-пальца и поршня, приводящего в действие маховик. Опишите, как и при каких условиях работают такого рода тепловые двигатели.

88. Известно, что при сжигании угля в паровых котлах из каждой калории можно превратить в работу только часть ее, равную $\eta = (T_1 - T_2) / T_1$, где T_1 - температура пара, а T_2 - температура окружающей среды. Уходящий из топки котла газ отличается по своему составу от воздуха. Если заставить его смешиваться с воздухом обратимо, то можно получить добавочную работу. Оцените предельные возможности увеличения η и придумайте возможные циклы для осуществления этого процесса.

89. Оцените термодинамический КПД выстрела из артиллерийского орудия и из ружья.

90. В газообразной смеси водорода и йода происходит обратимая реакция образования йодистого водорода. Определить количество образовавшегося йодистого водорода в зависимости от первоначальных количеств водорода и йода, считая константу равновесия известной.

91. Две параллельные пластины находятся на расстоянии, малом по сравнению с их размерами. Между пластинами помещают несколько тонких и хорошо теплопроводящих перегородок-экранов. Определить влияние экранов на теплопроводность между пластинами в двух случаях:

а) когда длина свободного пробега молекул газа, заполняющего пространство между пластинами, мала по сравнению с расстоянием между экранами;

б) когда длина свободного пробега молекул газа велика по сравнению с расстоянием между пластинами.

92. Максвелл, чтобы доказать, что вязкость газа не зависит от давления, наблюдал затухание крутильных колебаний диска. Проследить, как будет меняться затухание колебаний диска с понижением давления газа.

93. Вдоль длинной горизонтальной трубки осуществляется молекулярный пучок. Вещество поступает в молекулярный пучок при нормальной температуре. На другом конце трубки, в силу того, что молекулы, движущиеся с меньшей скоростью, будут больше отклонены силой тяжести, может возникнуть разность температур. Почему это не противоречит второму началу термодинамики?

94. Если пропустить молекулярный пучок через селектор, состоящий из двух вращающихся на общей оси параллельных дисков, на которых имеются смещенные относительно друг друга отверстия, то, как известно, можно осуществить выделение из пучка более быстрых молекул и этим как бы осуществить работу "дьявола Максвелла". Как это согласовать со вторым началом термодинамики?

95. Самолет летит со скоростью, близкой к звуковой; благодаря трению о воздух, фюзеляж нагревается. Оценить предельно возможную температуру нагревания поверхности самолета.

96. Насколько изменится температура Дебая меди и твердого гелия-4 при всестороннем сжатии давлением в 1 000 атм? (Предполагается, что выполняется закон Гука).

97. В сосуде, в котором нужно поддерживать вакуум 10^{-5} мм рт. ст. имеется маленькое отверстие диаметром 10^{-2} мм. Определить размер трубки для откачки и мощность вакуумного насоса.

98. Чтобы определить заряд электрона в классических опытах Эренхафта-Милликена, заряженная капелька ртути помещается между горизонтальными пластинами конденсатора. При этом сила тяжести капельки уравновешивалась электрической силой, и это давало

возможность определить заряд электрона. Проанализировать, как влияет броуновское движение частиц на точность этих измерений.

99. Определить предельные размеры плоских круглых дисков из железа и алюминия, поверхность которых плохо смачивается водой (толщина дисков много меньше их диаметров).

100. Два запаянных сообщающихся сосуда цилиндрической формы разных диаметров заполнены водой (ртутью). Как распределится количество воды (ртути) между сосудами в невесомости?

101. Рассчитать время исчезновения мыльного пузыря, соединенного с атмосферой через заданный капилляр.

102. Если леска удочки опущена в текучую воду, то кругом наблюдается рисунок из неподвижных капиллярных волн. Объясните, почему такое явление возможно?

103. Коленообразная трубка одним концом присоединена к насосу, который подает воду под постоянным давлением P . Максимальный расход воды для насоса Q л/с. В горизонтальном колене покоилась сначала пробка массой m , находящаяся на расстоянии l от открытого конца трубки (рис. 4). С какой скоростью она вылетит, если площадь поперечного сечения трубки S , атмосферное давление P_0 и трение между трубкой и пробкой пренебрежимо мало?

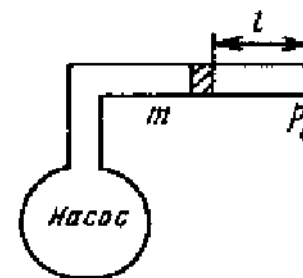


Рис. 4

104. Определите скорость, с которой распространяется двухмерная волна по натянутой мыльной пленке данной толщины. Оцените диапазон этих скоростей.

105. Найти потенциал в центре металлической заряженной сферы. Заряд сферы q , радиус R .

106. Определить глубину проникновения в земную кору сезонных изменений температуры, используя значение теплопроводности гранита. Вычислить также амплитуду сезонных колебаний температуры на дне оз. Байкал.

107. Изолированный медный шарик заданного радиуса, покрытый известным количеством полония, помещен в вакуум. Благодаря вылету α -частиц он приобретает заряд. Определить нарастание потенциала со временем и его предельное значение.

108. Изолированная сфера заданных размеров из металлического цезия помещена в вакуум, освещается с одной стороны дневным светом и заряжается благодаря фотоэффекту. Оценить изменение ее потенциала со временем.

109. На рис. 5 изображена капельная электростатическая машина. Из трубки в полый изолированный металлический шар падают капли воды, заряженные до определенного потенциала. Определить предельный потенциал, до которого заряжается шар в зависимости от высоты падения капли.

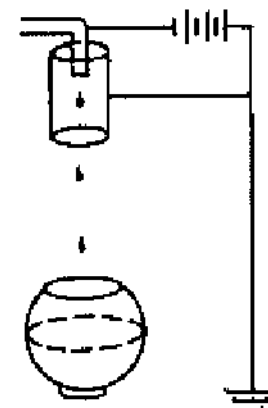


Рис. 5

110. Свободный мыльный пузырь наэлектризован до предельно возможного потенциала, ограниченного пробивной прочностью окружающего воздуха. Как и на сколько изменился его радиус?

111. Часы, работающие на радиоактивной энергии, состоят из некоторого количества радиоактивного вещества, помещенного на стержне лепесткового электроскопа. Благодаря радиоактивному излучению и потере заряда, электроскоп непрерывно заряжается и лепестки отклоняются. Достигнув некоторого угла, лепестки касаются заземленного контакта и падают в начальное положение. Рассчитать конструкцию таких часов с периодом колебания 1 мин. Оценить возможную точность таких часов.

112. Металлический цилиндр заданных размеров совершает продольные механические качания с частотой ω . Приняв, что электроны свободно движутся в металле, подсчитать, какие заряды возникнут на концах цилиндра. Также подсчитать, какие заряды возникнут на концах такого же стержня, если он сделан из изолятора, у которого диэлектрическая постоянная равна ϵ ?

113. Пластина из диэлектрика находится в однородном электрическом поле. Определить момент сил, действующих на пластинку.

114. Горизонтальные пластины плоского конденсатора присоединены к батарее с постоянной ЭДС E . Заряженный шарик, находящийся между пластинками, висит в поле тяжести. Как он будет двигаться после изменения расстояния между пластинами?

115. Почему для получения больших мощностей на практике пользуются электромагнитными, а не электрофорными машинами?

116. Если один конец провода имеет положительный потенциал, а другой отрицательный, то по проводнику обязательно идет ток от плюса к минусу. Почему же не горит лампочка в разомкнутой цепи, показанной на рис. 6?

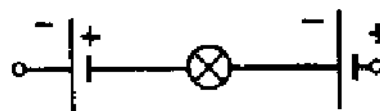


Рис. 6

117. Чем ограничивается чувствительность струнного электрометра и какова она?

118. Проанализируйте возможность опыта по обнаружению взаимодействия электрона с гравитационным полем Земли.

119. Электрические измерительные тепловые приборы часто делают как показано на схеме (рис. 7). По натянутой тонкой проволоке $a-b$ пропускается измеряемый ток. Проволока нагревается и удлиняется и под влиянием пружины прогибается. Нитка к пружине переброшена через цилиндр, скрепленный с показателем прибора. Найти связь между отклонением стрелки и силой тока. Оценить условие наибольшей чувствительности такого прибора для данной силы тока.

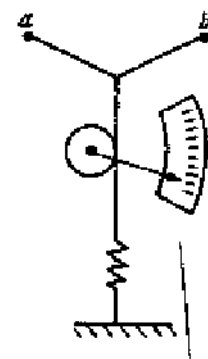


Рис. 7

120. Лампочка накаливания питается переменным током. Как меняется во времени температура ее нити? Оценить зависимость колебаний температуры нити от толщины нити, материала и т.д.

121. Обычная 50-ваттная лампа накаливания питается переменным током от сети. Оценить амплитуду колебаний интенсивности света в видимой области спектра, если баллон лампы наполнен аргоном.
122. Мостик Уитстона работает на постоянном токе и уравновешен. Через одну из его ветвей пропускают переменный ток. Разберите, как это скажется на равновесии мостика, если переменный ток такой силы, что нарушается закон Ома?
123. На электростанции, питающей электроэнергией несколько домов, по ошибке поменяли местами амперметр и вольтметр и после этого включили генератор. Что произошло на электростанции?
124. Электрон в вакууме в магнитном поле описывает круговую орбиту. На некоторой части пути помещены две сетки, имеющие некоторую разность потенциалов, так, чтобы каждый раз, когда электрон проходит между сетками, его скорость менялась. При каких условиях она будет непрерывно нарастать?
125. Если двигать горизонтальный проводник перпендикулярно его длине, то благодаря существованию земного магнитного поля на концах проводника возникает разность потенциалов. Вычислите ее и разберите вопрос, нельзя ли на практике использовать это явление для определения скорости движения самолетов, судов и спутников относительно Земли.
126. Спутник движется в земном магнитном поле. Какие электромагнитные явления могут при этом происходить? Опишите и оцените величину этих явлений, считая магнитное поле Земли таким, как у равномерно намагниченного шара.
127. Опишите, какие электрические явления вызывает земное магнитное поле при течении воды в реках, когда вода имеет электрическую проводимость.
128. Предлагается следующий метод изучения скоростей в текучей жидкости: жидкость делается проводящей при помощи примесей и течение осуществляется в магнитном поле. В точке, где определяется скорость, вставляют зонд из двух проводников и между ними наблюдают разность потенциалов. Разберите вопрос практического осуществления такого метода.
129. Через тонкую проволочку диаметром d пропускают импульс тока силой I . Через время t проволочка разрушится. Вычислить магнитное поле и оценить, какое наибольшее магнитное поле можно получить таким образом и чему равно время его существования.
130. Между полюсами магнита натянуты две параллельные проволоки, на которых свободно лежит проводящая пластинка. Описать движение пластинки при разряде конденсатора емкостью C , заряженного до потенциала V , через контур, образованный двумя проволоками и пластинкой. Магнитное поле направлено вертикально, перпендикулярно плоскости контура.
131. Громоотвод соединен с землей через круглую медную трубку диаметром 2 см и толщиной стенки 2 мм. После удара молнии трубка превратилась в круглый стержень. Объясните это явление и оцените силу тока грозового разряда.
132. Оценить, какое нужно минимальное сечение медного провода, мощность источника и какую энергию необходимо затратить, чтобы скомпенсировать электрическим током магнитное поле земного шара?
133. Вычислить эффективность защиты от влияния земного магнитного поля поллой сферической брони толщиной d и радиусом R . Сравнить эффективность этой защиты, когда она сделана из железа и из пермаллоя.
134. Разберите, чем точнее можно мерить магнитное поле: баллистическим гальванометром или флюксметром?

135. Определите величину напряженности магнитного поля, возникающего при быстром вращении медного цилиндра. Покажите несостоятельность объяснения этим эффектом земного магнетизма.

136. Рассмотрите возможность удержания нейтрона в магнитном поле.

137. Длинный тонкостенный медный цилиндр совершает вынужденные колебания около своей главной оси. Благодаря инерционной массе свободных электронов в металле они отстают по фазе от колебаний цилиндра и в нем создается переменное магнитное поле. Вычислите это поле и оцените возможность его измерения на опыте.

138. Почему при разрыве тока в первичной цепи трансформатора, во вторичной не получается перенапряжения, в то время как в индукционной спирали оно возникает?

139. К первичным клеммам трансформатора приложен прямоугольный импульс напряжения. Как в зависимости от характеристики трансформатора он будет искажаться на вторичных клеммах?

140. Катушка, в которую вставлен постоянный магнит, присоединена к конденсатору. Известны: самоиндукция катушки, емкость конденсатора и магнитный поток, создаваемый магнитом. Опишите электрический процесс, происходящий в цепи в случае, когда магнит очень быстро удаляют из катушки, и в случае, когда магнит удаляют очень медленно. Определить в обоих случаях работу, затраченную на удаление магнита.

141. По проволочному витку радиусом r течет ток I . Найти максимальную величину силы, которая действует на небольшой магнит с моментом m расположенный вдоль оси витка (рис. 8).

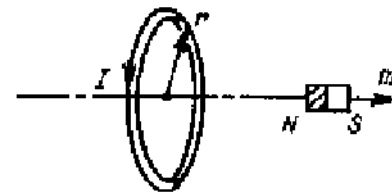


Рис. 8

142. Даны размеры соленоида и ток, его питающий. Если соленоид стоит вертикально, оцените размеры и положение железного сердечника, который будет втягиваться в соленоид кверху и с наибольшей силой.

143. Построен сверхпроводящий соленоид длиной 300 см и внутренним диаметром 50 см; поле 60 кЭ. Над соленоидом на расстоянии 150 см от его оси расположена стальная кран-балка сечением 200 см². Длина балки значительно больше длины соленоида и она расположена параллельно его оси. Оцените силу притяжения балки к соленоиду.

144. Через соленоид, по которому течет ток, пролетает проводящий цилиндр. Определите условие, при котором магнитное поле не позволит цилиндру пролететь через соленоид. Омическими сопротивлениями цилиндра и соленоида можно пренебречь.

145. Предлагается магнитная пушка, работающая по следующему принципу. Недалеко от соленоида, по его оси, помещается цилиндр (снаряд). Внезапно по соленоиду пускают ток. Когда, втягиваясь, цилиндр достигает середины соленоида, ток автоматически выключается. Оцените практически осуществимую в такой пушке начальную скорость снаряда. Оцените необходимую мощность генератора.

146. Найти условия равновесия шарика из сверхпроводника в магнитном поле горизонтального кругового витка с током.

147. В однородное магнитное поле помещен длинный цилиндрический сверхпроводник так, что его ось перпендикулярна направлению магнитного поля. Определить величину и направление магнитного поля на поверхности сверхпроводника.

148. Как от конденсатора заданной емкости и заряженного до определенного потенциала получить максимальную мощность разряда?

149. Какой получится выигрыш в весе и объеме конструкции, если одну и ту же величину электроэнергии запасти не в конденсаторе, а в сверхпроводящем соленоиде?
150. Какая часть энергии переходит в звук при разряде Лейденской банки?
151. Имеется шесть кнопок. Пока ни одна из них не нажата, лампочка остается погашенной. При одновременном нажатии первой, второй и пятой кнопок лампочка загорается. Никакая другая комбинация нажатых кнопок лампочку не включает. Изобразите схему простейшей электрической цепи с такими свойствами.
152. Сверхпроводящий соленоид в основном состоит из меди с коэффициентом заполнения объема 0,5. Наружный диаметр 10 см, внутренний - 2 см и его высота 15 см. Поле внутри - 50 кЭ. Внезапно нарушается сверхпроводимость обмотки. Определить температуру нагрева меди.
153. Проволочный соленоид подключен к батарее. Как будет меняться ток в цепи при быстром распрямлении проволоки?
154. Дан колебательный контур, известны L и C . Оцените ту минимальную силу тока, при которой можно обнаружить в нем колебания.
155. В катодном осциллографе пучок электронов создается при потенциале в 1000 В. Отклонение пучка производится на длине 2 см конденсатором. Опишите, как будет зарегистрирован на развертке прямоугольный импульс, направленный в осциллограф по линии с крутизной подъема в 0,01 нс.

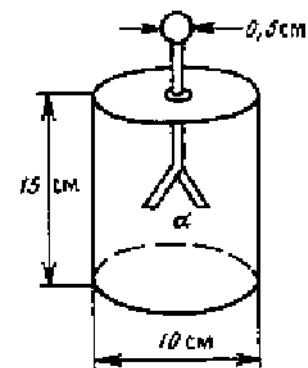


Рис. 9

156. Имеется простой электроскоп, основные размеры его даны на рис. 9. Золотой лепесток имеет длину 2 см и толщину 0,1 мкм. Оцените угол α отклонения лепестка, если электроскоп заряжен до 300 В.
157. Оцените возможность обнаружения быстрой заряженной частицы по индукционному эффекту в конденсаторе, катушке или резонаторе.
158. На круглый однородный железный сердечник заданных размеров, покрытый ровным слоем изоляции, намотан один слой проволоки квадратного сечения. По проволоке идет постоянный ток. Опишите явления при внезапном разрыве тока и оцените перенапряжение на концах обмотки. Рассчитайте габариты такого устройства на перенапряжение 100 000 В.
159. Проводящий цилиндр окружен длинным однослойным соленоидом; между ними небольшой зазор. Покажите, что скорость распространения электрических волн в такой системе приблизительно равна скорости света, помноженной на отношение длины соленоида к длине его обмотки.
160. Если изолированный постоянный магнит зарядить до некоторого потенциала, то кругом него будет одновременно существовать постоянное электрическое E и магнитное H поля, и вектор Пойнтинга $S = c / 4\pi [EH]$ не будет равен нулю. Какому электромагнитному излучению он соответствует?
161. В запаянной трубке находится воздух при данном давлении и температуре. Один конец трубки помещен в однородное магнитное поле. Благодаря парамагнетизму кислорода

произойдет перераспределение концентраций его вдоль трубки.

- а) Оценить величину изменений концентраций вдоль трубки.
- б) Оценить постоянную времени установления процесса.
- в) Разобрать возможности использования этого процесса для выделения кислорода из воздуха.

162. Цилиндрический сосуд с жидкой смесью кислорода и азота при нормальном давлении помещен в соленоид так, чтобы один конец находился в центре соленоида, а другой снаружи. Определить гидростатическое давление в жидкости при разных концентрациях смеси, если поле внутри соленоида равно 300 кгс.

163. Хонда нашел экспериментально, что у графита в направлении главной кристаллической оси шестого порядка и в двух направлениях, перпендикулярных к ней, имеются три различных значения магнитной восприимчивости. Покажите, что такой результат возможен только в том случае, если в графите имеются примеси ферромагнитного вещества.

164. Чему равно сопротивление тонкой металлической проволоки диаметром d с зеркальной поверхностью, выраженное через параметры массивного металла? (Считать, что свободный пробег $l > d$).

165. Для демонстрации существования точки Кюри у ферромагнетиков на лекции показывают следующий опыт. Звездочка A , лучи которой сделаны из ферромагнитного материала, может вращаться на острие B вблизи постоянного магнита B (рис. 10). Если около магнита помещена горелка C , то звездочка приходит в движение. Оценить термодинамический КПД такого двигателя.

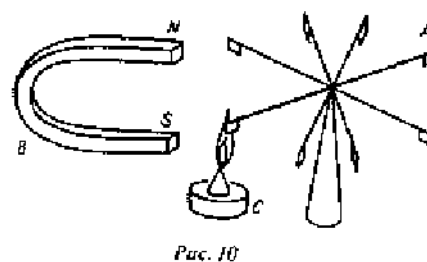


Рис. 10

166. Вычислить температуру, которую приобретает парамагнитная соль $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ после размагничивания от 20 кЭ до 100 Э, считая, что соль во всей области температур подчиняется закону Кюри и что время спин-решеточной релаксации много больше времени размагничивания. Начальная температура 1 К.

167. Как влияет на точку Кюри и кривую температурной зависимости намагниченности никеля магнитное поле в 140 кЭ?

168. Как электрическими, магнитными и другими силами можно свободно подвесить тело, которое могло бы быть в устойчивом равновесии с силой тяжести (гроб Магмета)?

169. Постоянный магнит цилиндрической формы парит над сверхпроводящей плоскостью (опыт Аркадьева). Определите зазор между цилиндром и плоскостью.

170. Над плоской поверхностью сверхпроводника в устойчивом положении парит намагниченный вдоль оси постоянный цилиндрический магнит. Определить, в каких пределах находится частота собственных колебаний магнита по вертикали.

171. По исследованиям Айртон, напряжение на электрической дуге $E = a + b/i$, где a и b - константы, i - сила тока. Разобрать вопрос стабильности дуги в зависимости от питающего ее напряжения.

172. Какого цвета будет казаться красная жидкость, если сосуд с ней поместить в сосуд с синей жидкостью?

173. Опишите отражение белого цвета от боковой стороны мыльного пузыря в зависимости от

его размеров и толщины пленки.

174. Продумайте возможность создания оптического прибора, с помощью которого липпмановская фотография могла бы рассматриваться так, чтобы оба глаза видели ее в одинаковых цветах.

175. Какое количество капель воды находится в кубическом сантиметре тумана, если видимость равна 100 м и туман держится около часа?

176. Через час после заседания в комнате еще сильно чувствуется запах табака. Солнечный луч, проходящий в комнате, рассеивается на величину 10^{-5} на расстоянии 1 см. Оценить степень загрязнения воздуха дымом.

177. Как зависит поглощение электромагнитных волн в плазме от величины магнитного поля? (Волна распространяется вдоль магнитного поля).

178. Определить потерю энергии пучка электронов с энергией в 1 кЭВ, проходящего через водородную плазму, находящуюся при температуре $T = 3 \cdot 10^4$ К и давлении $p = 1$ атм.

179. Пучок электронов в вакууме с энергией 10^4 эВ и током в 1 А движется вдоль магнитного поля напряженностью 10^3 Э. Каково наименьшее сечение электронного пучка, остающееся неизменным в данной системе?

180. Какую и как можно получить наибольшую температуру в фокусе собирающей чечевицы или зеркала от Солнца? Как эта температура сравнима с температурой Солнца?

181. В настоящее время для моментальной фотосъемки в качестве осветителя употребляют стеклянную ампулу, наполненную под давлением кислородом. В ампуле находится алюминиевая фольга, которая поджигается накалом проволоки. Оцените количество видимого света, которое при этом испускается. (Экзаменирующемуся прилагается экземпляр такой лампы-вспышки).

182. Как остывает медный шар в космосе?

183. Оценить, на каком расстоянии от места падения можно болометрически обнаружить снаряд "Фау-2", если считать, что он летит со скоростью 1 км/с, имеет 15 м в длину и диаметр 2 м?

184. Рассмотрите тепловое излучение горячей дифракционной решетки.

185. Разберите вопрос существования оптимального размера игольного отверстия в фотокамере без объектива.

186. Будет ли разрешающая сила нейтронного микроскопа более, нежели электронного? Разберите принципиальные трудности осуществления нейтронного микроскопа.

187. Разберите вопрос, как получить от данного предмета и данного источника света наиболее контрастный и резкий силуэт.

188. Нарисуйте интерференционную картину, которая получится на экране от четырех маленьких отверстий, сделанных по углам небольшого квадрата. Считать, что экран находится на значительном расстоянии от отверстий и падающая волна плоская.

189. Излучение от лазера пропускают через двухлучевой интерферометр так, чтобы один из лучей проходил вдоль соленоида. Оцените, какое наименьшее изменение в скорости света, которое могло бы производить магнитное поле соленоида, можно обнаружить по сдвигу интерференционных полос.

190. На плоскости на равных расстояниях расположены параллельно друг другу п

радиоантенн. В заданной точке O , на расстоянии большем по сравнению с длиной волны λ , нужно получить максимум интенсивности. Какое надо подобрать расстояние между антеннами и соотношение фаз между колебаниями в антеннах, чтобы интенсивность в точке O была наибольшей? Во сколько раз эта интенсивность будет больше, чем от одной антенны?

191. С каким числом оборотов нужно вращать тело, чтобы при поглощении и испускании света атомами можно было бы наиболее чувствительным оптическим методом обнаружить явление, аналогичное зеемановскому?

192. В пространстве находится бесконечное множество материальных точек. Одна из них - точка A - покоится, а все остальные разлетаются от нее в разные стороны, со скоростями пропорциональными расстояниям от точки A . Наблюдатель находится на одной из этих точек, например на B . Какую картину движения остальных точек он обнаружит?

193. Линейный ускоритель создает пучок электронов мощностью 2 МВт с напряжением 15 млн В. Навстречу потоку электронов направлен луч от рубинового лазера. Опишите, как будет происходить рассеяние света от электронов в пучке.

194. Определить, как влияет состав и давление газа на скорость вращения крылышек в радиометре Крукса.

195. В однородном магнитном поле H с заданной скоростью v электрон описывает круговую орбиту радиусом r . Как изменится движение электрона, если магнитное поле медленно изменить на величину ΔH ? Можно ли это изменение скомпенсировать помещением в центр орбиты заряда e ?

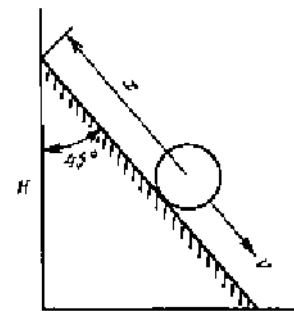


Рис. 11

196. С горы высотой $H = 1$ км и уклоном в 45° катится без скольжения и разрастается снежная лавина (рис. 11). Определить скорость лавины у подножия горы.

197. На одном конце длинной цилиндрической трубки радиусом в несколько см помещено устройство, подобное заслонке, применяемой в сиренах; другой конец трубки открыт. Заслонка открывает проход для газа с частотой порядка 10^3 Гц. Опишите волновое движение и температуру газа в трубе и оцените характерное затухание волны. Как зависит энергия колебаний от давления газа перед заслонкой? Предложите возможные конструкции заслонки.

198. Гимнасты, многократно отскакивая от батута, увеличивают высоту прыжков (батут - это горизонтальная плоскость на пружинных подвесах). Рассчитайте наиболее эффективную конструкцию пружин батута и выясните, что ограничивает высоту прыжков гимнастов.

199. Человек мог бы ходить по потолку, как ползает по потолку муха, если бы ноги человека прилипали к потолку. Для железного потолка это можно было бы осуществить с помощью магнитных башмаков. Придумайте и рассчитайте конструкцию таких башмаков.

200. Два спутника летят навстречу друг другу. Опишите, что произойдет при их лобовом столкновении.

201. Опишите, чем определяется точность фокусировки электронного пучка. Какова точность фокусировки луча в современном телевизоре?

202. Оцените высоту, на которую может прыгнуть человек с шестом. Определите сечение

шеста.

203. Как по площади разрушения или по размерам воронки, оставшейся от метеорита, оценить его массу, если считать, что метеорит состоял из антивещества?

204. При каком давлении при комнатной температуре воздух становится на 1% ионизированным? Осуществимо ли это в лабораторных условиях?

205. Какую мощность нужно затратить, чтобы размагнитить земной шар током от кабеля, проложенного по экватору? Рассмотреть, какая существует связь между полученным результатом и природой земного магнетизма. Определить сечение кабеля, если бы он был сверхпроводящим.

206. N шаров диаметром D поставлены в ряд на расстоянии l друг от друга. Первому шару ударом сообщается скорость v . Рассчитайте, с какой скоростью последний шар с другого конца ряда начнет двигаться и оценить время, прошедшее после удара первого шара. Рассмотреть задачу для двух случаев: а) для теннисных мячей и б) для бильярдных шаров. Расчеты проводите без учета вращения шаров и трения о поверхность.

207. В вакууме находится маленький тигель, из которого испаряется смесь изотопов кадмия. Испаряющийся газ пропускают через диафрагму, и образуется молекулярный пучок. Он пропускается через два диска с отверстиями по краям. Оба диска находятся на общей оси и вращаются с большой скоростью (рис. 12). Оценить, какую степень разделения изотопов можно получить таким путем, если молекулы в пучке имеют максвелловское распределение скоростей.

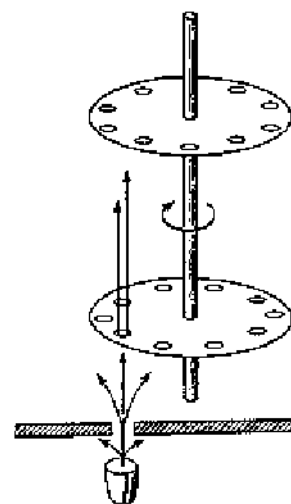


Рис. 12

208. Генератор Ван-де-Граафа при давлении 15 атм в азоте дает напряжение $5 \cdot 10^6$ В. Оценить ширину ленты, которая необходима, чтобы получить мощность в 1 кВт.

209. В турбокомпрессоре нашей установки для сжижения азота ротор вращается с угловой скоростью ($\omega = 18\,000$ об./мин. и сбалансирован с точностью $\delta = 0,01$ мм. Масса ротора $m = 100$ кг, масса компрессора вместе с плитой фундамента, расположенного на земле, $M = 3$ т. Определить, какие пружины нужно поставить под фундамент, чтобы тряска в здании сократилась в 100 раз.

210. В аудиторию с опозданием входит студентка. Она надушена духами "Красная Москва". Оцените промежуток времени, через который профессор сможет почувствовать запах духов.

211. Определите мощность рубинового лазера, прожигающего дырку в листе бумаги.

212. Над горизонтальной плоскостью параллельно ей на расстоянии $h = 1$ см помещен цилиндрический магнит длиной l и диаметром d . Магнит вращается около вертикальной оси, проходящей через его центр. Вычислите диссипацию энергии в плоскости, если плоскость медная. Размеры магнита: $d = 1$ см, $l = 10$ см, намагниченность магнита $B = 10^4$ Гс, угловая скорость вращения $\omega = 10^4$ с⁻¹.

213. В прежние времена у сторожей, чтобы злоумышленники знали, что те не спят, были колотушки,

каждая из которых состояла из дощечки с рукояткой на одном конце и бечевкой длиной l с шариком массой m на другом конце (рис. 13). Определите, при каком движении рукоятки колотушки шарик будет стучать с периодом T .

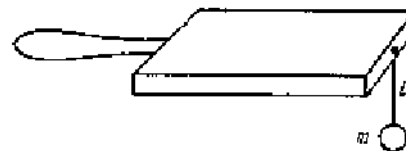


Рис. 13

214. Цилиндрический дьюар наполнен жидким кислородом. На дне дьюара помещен небольшой нагреватель, от которого поднимаются вверх пузырьки газа. На пути пузырьков находится область с сильным магнитным полем. Опишите, как будет изменяться форма пузырьков при прохождении магнитного поля.
215. Между двумя плоскостями, находящимися на расстоянии $a = 1$ мм, на длине $l = 10$ см протекает газ, состоящий из смеси гелия с 10% аргона. Плоскости охлаждены до температуры жидкого гелия и абсорбируют только аргон. Считая, что абсорбция полная, оцените, с какой скоростью должен течь газ, чтобы гелий очистился до 0,01%.
216. На корабле установлен ветродвигатель типа ветряной мельницы, который вращает гребной винт корабля. Рассмотрите возможность движения такого корабля против ветра.
217. При затмении Солнца люди обычно смотрят на него через закопченное стекло. Оцените необходимую для этого эксперимента толщину копоти.
218. Полая сфера диаметром $D = 2$ см имеет отверстие диаметром $d = 0,1$ см. Перед отверстием находится линза диаметром $A = 20$ см и фокусным расстоянием $F = 20$ см. Линза устанавливается так, чтобы изображение Солнца находилось на отверстии в сфере. Оцените температуру, соответствующую интенсивности излучения в сфере, когда внутренняя ее поверхность идеально отражается и когда она посеребрена.
219. В зазоре между двумя круглыми полюсами создается горизонтальное магнитное поле. Оцените скорость, с которой через зазор падает медная пластинка площадью значительно большей площади сечения полюсов магнита.
220. Объясните, почему плохо накаченное автомобильное колесо хуже катится. Опишите и оцените природу потерь при качении пневматической шины.
221. Вольтова дуга питается постоянным током, который можно модулировать с определенной частотой. Оцените интенсивность испускаемого звука в зависимости от диапазона частоты и амплитуды модуляций.
222. Определить, при какой скорости автомобиль "Жигули" может перевернуться, совершая поворот на 90° .
223. Оценить, какую надо затратить работу, чтобы проткнуть резиновую пластинку толщиной d иглой радиуса r .
224. Конденсатор разряжается через медную проволоку длиной $l = 2$ см и радиусом $r = 0,01$ мм. Оценить наибольшее азимутальное магнитное поле на поверхности проволоки, которое можно получить в момент разрушения проволоки.
225. Как нужно бросить камень из ракеты, чтобы попасть в другую ракету?
226. Оценить размер камня, для которого дальность выстрела из рогатки была бы максимальной. Сопротивлением воздуха пренебречь.
227. В старину людей удивляло, что почти одним и тем же движением губ можно и согреть руки и остудить чай. Тогда ученые объясняли это тем, что якобы бывают молекулы тепла и молекулы холода. Они думали, что молекулы тепла больше молекул холода и задерживаются, если только слегка открыть рот. Как объясните это вы?

228. Длинная, закрытая с обоих концов трубка наполнена раствором электролита, например, хлористой медью. Один конец ее помещен в сильное магнитное поле. Если ионы обладают магнитным моментом, то под влиянием магнитного поля возникает изменение концентраций ионов. Рассчитайте это изменение при комнатной температуре.

229. На дне резервуара, наполненного водой, лежит предмет квадратной формы. Над резервуаром помещена фотокамера так, что ее оптическая ось вертикальна и проходит через центр квадрата. Опишите, какой формы получится квадрат на фотопластинке.

230. В интерферометре на пути одного из лучей ставят цилиндр, заполненный водой. Спрашивается, какой длины должен быть цилиндр, чтобы при увеличении плотности воды, вызванной увеличением давления на 10 атм., вызвать смещение в интерференционной картине на одну полосу. Принять, что используется источник зеленого монохроматического света.

231. В цирке показывается номер, в котором эквилибрист 1 стоит на доске 2, покачиваясь и катаясь на цилиндрическом ролике 3 (рис. 14). При этом доска 2 может иметь прогиб. Исходя из общих физических соображений, разберите вопрос, при каких размерах цилиндра, и при плоской или изогнутой доске и при каком положении эквилибриста ему легче сохранять равновесие.

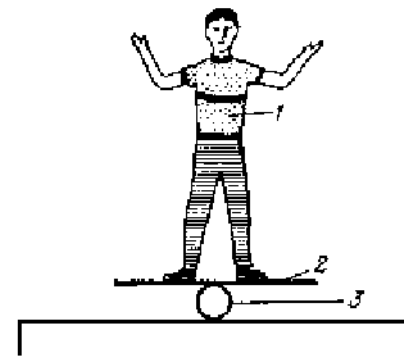


Рис. 14

232. Цилиндрическая резонаторная область А может меняться передвижением поршня Н (рис. 15). Положим, что стенки этой области сделаны из сверхпроводящего металла и находятся при температуре ниже критической. Положим, что в этой области возбуждены электромагнитные колебания, которые не затухают благодаря сверхпроводимости стенок. Если двигать поршень, то длина волны и интенсивность колебаний будут изменяться. Разберите, как это будет происходить, и разберите экспериментальные трудности, которые возникнут при использовании этого явления для определения порога частот, при котором пропадает сверхпроводимость.

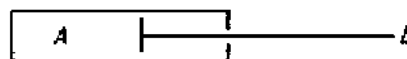


Рис. 15

223. В плазменном объеме находятся молекулы со скоростями: $V_x = V_0$; $V_y = 0$; $V_z = 0$.

Пространство заполнено магнитным полем с составляющими: $H_x = H_0$; $H_y = 0$; $H_z = 0$.

Благодаря столкновениям с другими молекулами, эти начальные условия будут изменяться, пока не станут соответствовать полному хаотическому состоянию. Требуется оценить время релаксации пучка в плазме. При этом следует принять, что температура плазмы достаточно высокая, выше критической.

234. Вообразите объем Солнца, в котором через центр проделано прямое сквозное отверстие. Опишите, как будет вести себя вещество,двигающееся в этом сквозном отверстии от периферии к центру.

235. Имеются две одинаковые шаровидные частицы, сталкивающиеся между собой. Оцените величину угла между траекториями движения частиц после столкновения.

236. Горизонтальная площадка совершает гармонические колебания с частотой ω . На площадке лежит частица. Спрашивается, как будет двигаться эта частица с изменением частоты ω и амплитуды колебаний площадки, считая, что при столкновении частицы с площадкой она сразу принимает температуру площадки.

237. Между двумя соленоидами помещены две свинцовые пластинки с вложенной между ними монетой. Ток питания таков, что обеспечивается притяжение между ними. Спрашивается, какой силы импульсный ток надо пропустить через соленоид, чтобы обеспечить отпечаток монеты на свинце.

238. Для уменьшения затухания маятник точных часов помещают в вакуум (10^{-5} - 10^{-6} мм рт. ст.). Выяснить, при какой форме маятника затухание наименьшее. Оценить величину коэффициента затухания для оптимального по форме маятника, колеблющегося в разреженном воздухе при комнатной температуре.

239. С искусственного спутника на поверхность Земли спущен трос. Определить соотношение размеров такой системы при условии, что она обращается с той же угловой скоростью, что и Земля. Описать, что произойдет с движением систем, если по тросу к спутнику поднимется человек (прочность троса считать неограниченной).

240. Через вольфрамовую трубочку 1 в вакуумное пространство под давлением p течет гелий (рис. 16). Трубочка нагрета до предельной температуры, определяемой термической прочностью вольфрама. Ионы газа, поступающие в вакуумное пространство, ускоряются потенциалом V . Оценить, какой ионный ток можно получить таким путем.

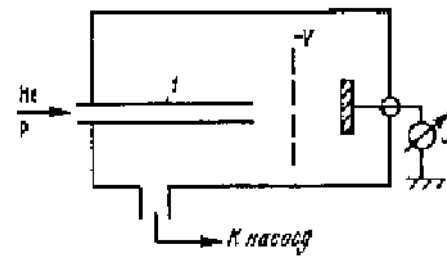


Рис. 16

241. Оценить, насколько нагреется земной шар, если весь дейтерий в океане будет использован для получения тепла посредством термоядерной реакции.

Первая подборка задач, составленных П.Л. Капицей, была размножена в марте 1948 г. и роздана студентам первого курса физико-технического факультета МГУ, на базе которого в 1951 г. был создан Московский физико-технический институт. Вот что сказал о своих задачах П.Л. Капица в лекции, прочитанной им студентам первого курса 20 марта 1948 г.:

"Прежде чем начать лекцию, я хочу сказать несколько слов о тех задачах, которые вы получили и которые я для вас составил. Как их можно решать? Задача - есть первое приближение к небольшой научной работе. Решение этих задач - уже какое-то определенное [исследование]. Не то, что в средней школе, где достаточно подставить в формулу известные данные и т.д. Здесь решение задачи определяется вами самими. Вы можете показать [при решении задачи] свои знания и [свое] понимание физики в самых разных степенях. <...> Это зависит от вас самих, где остановиться при решении задачи. Это зависит и от глубины анализа, который вы сами даете. Все задачи составлены так, что вы их можете и в двух-трех словах приблизительно решить и, углубляясь дальше, до неограниченного предела. Одну и ту же задачу можно, продолжая ее разбор, разложить в ряды Фурье, интегрировать и т.д., и довести до [уровня] кандидатской диссертации..."

Примеры решения ряда физических задач П.Л. Капицы были опубликованы молодыми сотрудниками Института физических проблем, выпускниками МФТИ Ю.М. Ципенюком, А.В. Митрофановым и др. [См.: Наука и жизнь. 1967. № 1-6; Квант. 1983. № 5; Природа. 1983. № 9,10].

Первые сборники задач П.Л. Капицы (М.: Знание. 1966, 1968, 1972) были составлены Л.Г. Асламазовым и И.Ш. Слободецким. Сборники задач Капицы были опубликованы во Франции (1977 г.) и Венгрии (1986 г.). Самое полное собрание задач (224 задачи) было напечатано в Англии [См.: Collected papers of P.L. Kapitza. Vol. 4. Oxford: Pergamon Press, 1986. P. 327-345].

П.Е. Рубинин

Воспроизведено по изданию:

П.Л. Капица Научные труды. Наука и современное общество // Ред.-сост. П.Е. Рубинин / Изд. "Наука", М., 1998 г., стр. 475-495.

[ВЕРНУТЬСЯ](#)

[Страница П.Л. Капицы](#)

[VIVOS VOCO!](#)

