

*А.Р.Зильберман, Е.Л.Сурков*

## **ЗАДАЧИ ДЛЯ ФИЗИКОВ**

М., «Знание», 1971, 32 стр. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Физика», 12)

Брошюра содержит 229 задач по физике различной трудности, охватывающих несколько разделов. Большая часть задач составлена авторами, но некоторые задачи заимствованы у других авторов и после значительной, переработки помещены в сборнике.

Брошюра рассчитана на студентов-физиков, учителей, учащихся старших классов и лиц, занимающихся самообразованием.

## К ЧИТАТЕЛЯМ

В девятом пятилетнем плане предусматривается совершенствование учебно-воспитательного процесса. Указывается необходимость усиления работы по профессиональной ориентации учащихся с учетом склонностей молодежи и потребности народного хозяйства в квалифицированных кадрах.

Воспитание молодых физиков, разумеется, входит в эти задачи. Хорошо известно, что современный научно-технический прогресс тесно связан с ростом кадров и квалификации физиков.

Развитию у молодежи интереса к физике способствуют олимпиады, участникам которых предлагаются задачи по различным разделам физики. Умение решать задачи необходимо всем, кто хочет специализироваться по физике или проявляет повышенный интерес к этой важной науке.

В сборник вошли задачи по некоторым разделам курса физики: механики, электростатики, цепям постоянного и переменного тока. Практически все задачи, помещенные в брошюре, решались в физико-математической школе-интернате при Московском государственном университете. Задачи сильно различаются по трудности. Есть легкие задачи (особенно в начале разделов), средние по трудности и очень сложные. Однако для решения большинства задач достаточно уверенного владения школьным курсом физики.

Отсутствие решений задач позволяет использовать сборник для работы в школах с физическим уклоном, на занятиях физических кружков, а также для самообразования.

Несколько наиболее трудных задач, помещенных в брошюре, отмечены звездочками.

Авторы надеются, что сборник окажется полезным для тех, кто интересуется физикой, в том числе и для студентов физических специальностей.

*Авторы*

1. Будет ли равномерным прямолинейное движение, если за 1 сек тело проходит 1 м?

А если за любую секунду тело проходит 1 м?

2. Чем отличается длина пройденного пути от перемещения? Какую из этих величин дают нам формулы кинематики? Построить графики этих величин для случая:  $v = v_0 - a_0 t$ .

3. Самолет ровно в полночь вылетел с аэродрома и летит по прямой со скоростью  $V$ . Нарисовать область пространства, в которую к моменту  $T$  дошел звук мотора. Разобрать случаи, когда самолет имеет дозвуковую и сверхзвуковую скорости.

4. Астрономы планеты  $A$  видят странную картину: все звезды и планеты (в том числе и планета  $B$ ) удаляются от  $A$  со скоростями, пропорциональными их расстоянию до  $A$ . Что видят астрономы планеты  $B$ ?

5. Наблюдатель сидит на конце минутной стрелки часов. Каким кажется ему движение конца часовой стрелки? Секундной?

6. График скорости тела в зависимости от времени приведен на рис. 1. Нарисовать график перемещения тела в зависимости от времени.

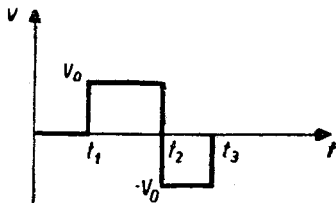


Рис. 1. К задаче 6.

7. Автомобиль из Москвы в Долгопрудный ехал со скоростью 40 км/час, назад — со скоростью 60 км/час. Найти среднюю скорость за все путешествие. Не забудьте учесть векторный характер скорости!

8. По очень широкому, ровному полю проложено прямое шоссе. По шоссе со скоростью  $V$  едет автобус. Вы можете передвигаться со скоростью  $u$ , меньшей  $V$ . Нарисовать ту часть поля, из которой имеет смысл бежать за автобусом.

9. Ровно в полночь автомобиль, скорость которого  $V_1$ , проезжает перекресток двух перпендикулярных шоссе и едет

дальше. Через время  $T$  к перекрестку подъезжает по второму шоссе другой автомобиль, скорость которого  $V_2$ . В котором часу расстояние между автомобилями будет равно  $L$ ?

10. График скорости тела в зависимости от времени приведен на рис. 2. Тело движется по прямой. Нарисовать графики перемещения и ускорения в зависимости от времени.

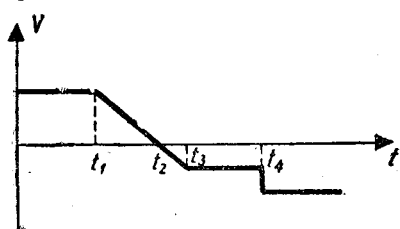


Рис. 2. К задаче 10.

11. Автомобиль едет в гору, его начальная скорость  $20 \text{ м/сек}$ , ускорение отрицательно и равно  $1 \text{ м/сек}^2$ . Какой путь пройдет автомобиль за  $40 \text{ сек}$ ? Объяснить странный результат.

12. Под углом  $\alpha$  к горизонту брошено тело со скоростью  $V$ . Найти вектор изменения его скорости за время  $T$ .

13. В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$  находятся 3 черепахи. По сигналу они начинают двигаться с постоянной скоростью  $V$ , каждая в направлении своей соседки по часовой стрелке. Где встретятся черепахи? Через какое время после начала движения? Какой путь пройдут?

14. Из одной точки в один и тот же момент под углом  $\alpha$  к горизонту бросают два камня. Скорость первого  $V_1$ , второго  $V_2$ . Какое расстояние будет между камнями в тот момент, когда первый из них достигнет своей верхней точки? То же, когда верхней точки достигнет второй? Рассмотреть все случаи.

15. Можно ли назвать равномерным движением равномерное вращение тела по окружности? А равноускоренным?

16. На подставке высотой  $H$  горизонтально закреплено ружье. На расстоянии  $L$  от ружья с земли подбрасывают вверх тарелку с начальной скоростью  $V$ . Через какое время после броска надо стрелять, чтобы пуля попала в тарелку? Скорость пули при вылете из ствола  $U$ .

17. На перроне стоит начальник станции. Мимо него проезжает поезд. Первый вагон проехал за время  $T$ , второй — за время  $\frac{2}{3}T$ . Начальник считает, что третий вагон проедет мимо него за  $\frac{1}{3}T$ . Прав ли он, если поезд движется равноускоренно?

18. На расстоянии  $L$  от пушки находится стена высотой  $H$ . Какой должна быть минимальная скорость снаряда, чтобы он перелетел через стену? Под каким углом выгоднее всего стрелять?

19. На расстоянии  $L$  от пушки находится стена высотой  $H$ .

Скорость снаряда  $V$ . Под каким углом надо стрелять, чтобы забросить снаряд как можно дальше за стену?

20. Через блок перекинута нерастяжимая нить с двумя кубиками на концах. Блок тянут вверх с постоянной скоростью  $V_1$ , скорость левого кубика  $V_2$ . Найти скорость правого.

21. Найти скорость кубика в системе, изображенной на рис. 3. Нить нерастяжима.

22\*. Стержень  $AB$  может свободно вращаться вокруг закрепленной точки  $A$ . В точке  $B$  к нему шарнирно прикреплен стержень  $БГ$ .  $БГ = 2AB = 2l$ . Точку  $Г$  начинают двигать по горизонтали с постоянной скоростью  $V$ . Найти ускорение точки  $Б$  в первый момент времени. Найти скорость точки  $Б$  как функцию времени (рис. 4).

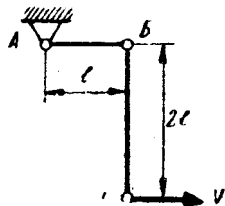


Рис. 3. К задаче 21.

Рис. 4. К задаче 22.

23. На расстоянии  $L$  от стены на полу расположен источник света. Между источником и стеной движется стенка высотой  $H$  с постоянной скоростью  $V$ . Найти скорость границы между светом и тенью на стене в тот момент, когда стенка оказалась посередине между источником и стеной.

24. То же, но стенка неподвижна и находится на расстоянии  $L/2$  от стены, а со скоростью  $V$  движется источник.

25. Математический маятник отклонили и отпустили. Нарисовать направление ускорения груза в нижней точке. В крайней точке. Приблизительно нарисовать в какой-нибудь промежуточной точке. Чему равно касательное ускорение груза в нижней точке? В крайней точке? Угол отклонения  $\alpha_0$ .

26. Тело брошено с земли со скоростью  $V$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Чему равно полное ускорение его в верхней точке? Касательное? Нормальное? Найти радиус кривизны траектории тела в верхней точке. То же, на половине максимальной высоты.

27. Движение точки в прямоугольной системе координат описывается уравнениями:  $\begin{cases} x = x_0 + v_0 t \\ y = y_0 - \frac{1}{2} a_0 t^2 \end{cases}$ . Найти  $\vec{V}(t)$ ,  $a(t)$ . Найти касательное и нормальное ускорения в момент  $T_0$ . Найти радиус кривизны траектории в этот момент. Найти уравнение траектории точки.

28. Движение тела в прямоугольной системе координат описывается уравнениями

$$\begin{cases} x = a_0 \cos \omega_0 t \\ y = a_0 \sin \omega_0 t \end{cases}$$

Найти  $\vec{V}(t)$ ,  $\vec{a}(t)$  и радиус кривизны траектории.

29\*. Под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью  $5 \text{ м/сек}$  брошено с земли тело. Найти приближенно длину пройденного телом пути (по кривой). Предложить несколько вариантов. Оценить их точность.

30. По столу без проскальзывания катится обруч радиусом  $R$ . Скорость центра обруча  $V$ . Найти скорость точки, находящейся на высоте  $H$ .

31. На стол поставили вращающийся с постоянной скоростью обруч радиусом  $R$ . Центр обруча начинает двигаться вправо с постоянным ускорением  $a$ . Сколько петель будет на траектории точки, которая к началу движения центра обруча была наверху?

32\*. В отдаленной точке Вселенной вспыхнула сверхновая. Ее радиус увеличивается с очень большой скоростью  $V$ . Через какое-то время астрономы на Земле увидят новую звезду. Учитывая конечность скорости света  $c$ , найти скорость возрастания диаметра сверхновой для земного наблюдателя.

33. Ровно в полдень с земли начал подниматься аэростат с постоянным ускорением  $1 \text{ м/сек}^2$ . Через  $1 \text{ мин}$  пилот выронил хронометр. Какое время будет показывать хронометр в дальнейшем? Сопротивление воздуха не учитывать.

34. По столу движется жесткий стержень  $AB$ . В данный момент скорость точки  $A$  равна  $V_1$  и направлена под углом  $\alpha$  к стержню. Известно, что скорость точки  $B$  равна  $V_2$ . Под каким углом к стержню она направлена? С какой скоростью движется центр стержня?

35. На столе стоит клин с углом  $\alpha$  при основании. На клине лежит монета. С каким ускорением надо двигать клин по горизонтали, чтобы монета свободно падала вниз?

36. Стержень  $OA$  вращается вокруг точки  $O$  с постоянной угловой скоростью  $\omega$ , выталкивая вправо брусок высотой  $H$ . Найти скорость и ускорение бруска в тот момент, когда угол между стержнем  $OA$  и горизонталью составит  $\alpha_0$ . Точка  $O$  находится на уровне стола. (Рис. 5).

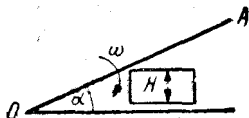


Рис. 5. К задаче 36.

37. Внутри круга радиусом  $R$  катается без проскальзывания обруч радиусом  $\frac{1}{2}R$ . Нарисовать траекторию произвольной точки обруча.

38. Два кубика массами  $M_1$  и  $M_2$  связаны нерастяжимой нитью. На кубик  $M_1$ , расположенный слева, действует сила  $F_1$  влево, на второй кубик сила  $F_2$  вправо. Найти натяжение нити, связывающей кубики.

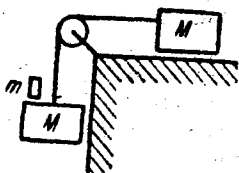
39. На динамометр действуют в разные стороны две силы:  $3 \text{ н}$  и  $5 \text{ н}$ . Что показывает динамометр? Что покажет динамо-

метр, если на него в разные стороны действуют силы по 5н каждая?

40. На невесомом блоке подвешены при помощи нерастяжимой нити две массы  $M_1$  и  $M_2$ . Найти ускорение центра масс системы.

41. С какой силой давит человек массой 75 кг на пол лифта, если лифт едет вниз замедленно, с ускорением  $2 \text{ м/сек}^2$ ?

42. Найти силу, с которой кубик давит на массу  $M$ . Груз на горизонтальной плоскости также имеет массу  $M$  (рис. 6).



43. В системе, изображенной на рис. 7, трение отсутствует. Найти полное ускорение кубика. Найти силу, с которой кубик давит на клин и ускорение клина.

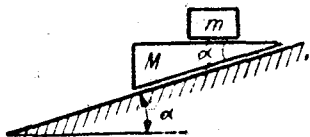


Рис. 6. К задаче 42.

Рис. 7. К задаче 43.

44. В системе, изображенной на рис. 8, трение отсутствует. Найти ускорение клина.

45. В системе, изображенной на рис. 9, трение отсутствует. К нити приложена постоянная по величине горизонтальная сила  $F$ . Найти ускорение клина. Найти ускорение центра масс по горизонтали. То же по вертикали.

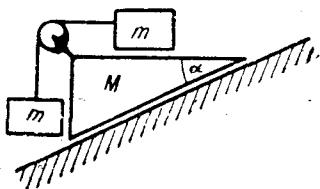


Рис. 8. К задаче 44.

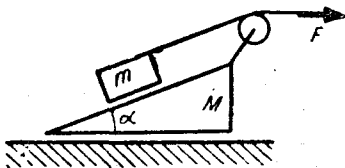


Рис. 9. К задаче 45.

46. На невесомом блоке при помощи нерастяжимой нити подвешен груз  $M$ . С другой стороны за веревку ухватилась обезьяна массой  $m$  и начала перебирать веревку. За время  $T$  она поднялась на высоту  $H$ . Мог ли груз при этом оставаться неподвижным?

47. На горизонтальной плоскости лежит груз  $3M$ . К нему привязана нить, перекинута через блок так, что ее конец свешивается вниз. К этому концу привязан блок, на котором подвешены массы  $M$  и  $2M$ . Найти натяжение нити, привязанной к грузу  $3M$ . Нити нерастяжимы, блоки невесомы, трения нет.

48. Подставка в системе, изображенной на рис. 10, имеет массу  $M$ , грузы по  $m$ . Найти ускорение подставки. Блок невесом, нить нерастяжима.

49. На горизонтальной плоскости стоит клин с углом  $\alpha$  при основании. По клину едет кубик массой  $m$ . С какой силой надо действовать на клин по горизонтали, чтобы он оставался неподвижен? Трение отсутствует.

50. С какой силой надо действовать на подставку в системе, изображенной на рис. 11, чтобы она оставалась неподвижной?

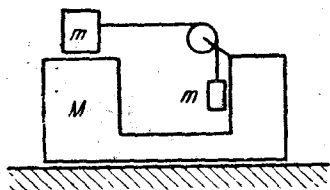


Рис. 10. К задаче 48.

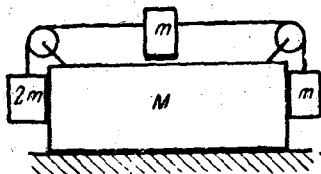


Рис. 11. К задаче 50.

51. На столе стоит клин массой  $M$  с углом  $\alpha$  при основании. По клину едет кубик массой  $m$ . Найти ускорение клина. Трение отсутствует.

52. На столе с коэффициентом трения  $K$  стоит куб весом  $P$ . Какая минимальная сила нужна для того, чтобы сдвинуть его с места? Под каким углом выгоднее всего прикладывать эту силу?

53. На шероховатом столе стоит клин массы  $M$  с углом  $\alpha$  при основании. По клину без трения едет кубик массой  $m$ . Какой минимальный коэффициент трения должен быть между столом и клином, чтобы клин не ехал?

54. См. предыдущую задачу, но коэффициент трения между кубиком и клином  $K$ .

55. Почему шило приходится вращать, чтобы проткнуть дыру?

56\*. На горизонтальном столе стоит куб массой  $M$ . На нем лежит кубик массой  $m$ , к которому привязана нить. Нить перекинута через блок, укрепленный на кубе  $M$  так, что ее конец свешивается вниз. К концу привязан кубик массой  $m$ . Вначале систему удерживают в покое. С каким ускорением будет двигаться подставка, если освободить систему?

57. На гладком столе стоит куб массой  $M$ . На нем лежит кубик массой  $m$ . Коэффициент трения между кубиками  $K$ . К нижнему кубу приложена в горизонтальном направлении сила. При какой минимальной величине этой силы кубики начнут проскальзывать друг относительно друга?

58. Найти ускорения грузов в системе, изображенной на



рис. 12. Трение есть только между грузами 5 кг и 1 кг. Коэффициент трения равен 0,2. Будет ли проскальзывание между грузами на наклонной плоскости? Угол  $30^\circ$ .

59. Система, изображенная на рис. 13, стоит на гладком столе. Коэффициент трения между кубиками  $K$ . При какой минимальной силе  $F$  кубики будут проскальзывать друг относительно друга?

60. Начиная с какого угла между грузами начнется проскальзывание? Коэффициент трения между ними  $K$ . Плоскость гладкая (рис. 14).

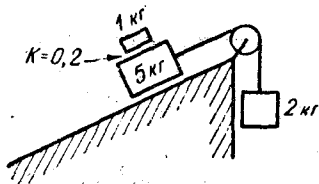
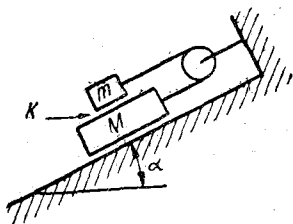
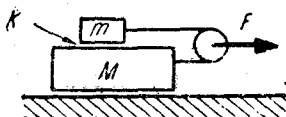


Рис. 12. К задаче 58.

Рис. 13. К задаче 59.

Рис. 14. К задаче 60.



61. На гладкой горизонтальной плоскости стоит куб массой  $M_1$ , на нем куб массой  $M_2$  и на нем куб массой  $M_3$ . Коэффициент трения между кубами равен  $K$ . К среднему кубу приложена горизонтальная сила  $F$ . Найти ускорения кубов. Нарисовать график ускорения среднего куба в зависимости от величины силы  $F$ .

62. Найти ускорения грузов в системе, изображенной на рис. 15. Исследовать наличие проскальзывания в системе в зависимости от величины силы. Чему равно натяжение нити, связывающей кубики массой  $m$ ? Стол гладкий.

63. С какой силой надо действовать на подставку вправо, чтобы кубики равномерно ехали против часовой стрелки?

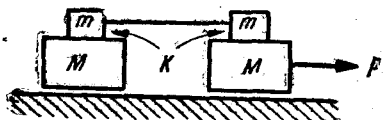


Рис. 15. К задаче 62.

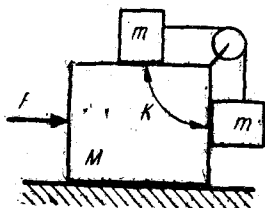


Рис. 16. К задаче 63.

Плоскость гладкая, коэффициент трения между кубами  $K$  (рис. 16).

64. Почему у обычных амперметров и вольтметров в любом месте шкалы может быть одна и та же погрешность (абсолютная)? Какие изменения нужно внести в конструкцию прибора, чтобы уменьшить эту погрешность? Почему обычно рекомендуется в многопредельных приборах выбирать предел так, чтобы измеряемая величина пришлась на вторую половину шкалы?

65. На одинаковых автомобилях установлены моторы разной мощности. Какой из автомобилей быстрее «берет» с места?

66\*. Автомобиль весом  $1000 \text{ кГ}$  начинает двигаться. Коэффициент трения равен  $0,8$ . Мощность мотора  $10$  лошадиных сил. За какое минимальное время он наберет скорость  $60 \text{ км/час}$ ?

67. Зачем в подшипниках смазка?

68. На столе вертикально установили карандаш, затем отпустили его и он начал падать. Рассмотреть и объяснить поведение карандаша после удара о стол.

69. На наклонной плоскости с коэффициентом трения  $K$  помещено тело массой  $M$ . Нарисовать график зависимости силы трения, действующей на тело в зависимости от угла наклонной плоскости.

70. На горизонтальном столе с коэффициентом трения  $K$  лежит тело весом  $P$ . На тело начинает действовать по горизонтали сила, линейно возрастающая со временем. Нарисовать график зависимости силы трения, действующей на тело в зависимости от времени.

71. Найти ускорение куба. Трения нет. (Рис. 17).

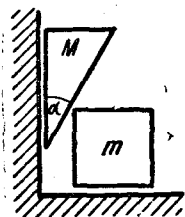


Рис. 17. К задаче 71.

72. На блоке подвешен груз массой  $M$ . С другой стороны блока за веревку хватает обезьяна и начинает перебирать ее все быстрее, с ускорением  $a$ . Через какое время обезьяна доберется до блока, если ее масса  $m$ , и вначале груз и обезьяна были на одном уровне на расстоянии  $H$  от блока?

73. Веревку, длина которой  $L$  и масса  $M$ , держим за конец так, что другой ее конец, свесившись вниз, касается чашки весов. Отпустим веревку. Найти показания весов в зависимости от времени.

74. На одной чашке весов лежит шарик. Другой такой же шарик подпрыгивает упруго на второй чашке весов. Весы очень инерционны. Какая чашка перевесит?

75\*. Через невесомый блок перекинута веревка. Слева и справа от блока сделаны подставки, разность высот их  $H$ .

**Веревка** очень длинная, концы ее кольцами лежат на подставках. Очевидно, что с той стороны, где подставка ниже, веревка перевесит и начнет двигаться в эту сторону (точно так же, как жидкость в сифоне). Найти установившуюся скорость перетекания веревки. Где и каким образом происходит выделение тепла? (Рис. 18).

76. На краю стола в положении неустойчивого равновесия лежит шар радиусом  $R$ . От малого толчка он начинает падать вниз. На каком расстоянии от края стола он упадет на пол, если высота стола  $H \gg R$ ? Трение отсутствует.

77. Велосипедист, едущий со скоростью  $v$ , описывает круг радиусом  $R$ . Коэффициент трения  $K$ . Под каким углом к вертикали должен наклоняться велосипедист и для чего?

78. Автомобиль едет по площади со скоростью  $v$ . За какое минимальное время он сможет развернуться, не снижая скорости? Коэффициент трения  $K$ .

79. Шары, массы которых  $m$  и  $M$ , связаны нерастяжимой нитью, пропущенной через отверстие в столе. С какой скоростью должен двигаться шар  $M$  по окружности радиусом  $R$ , чтобы нижний шар был неподвижен? (Рис. 19).

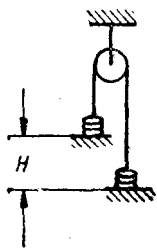


Рис. 18. К задаче 75.

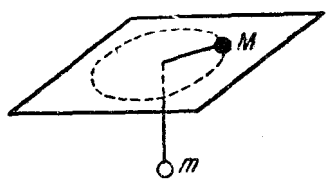


Рис. 19. К задаче 79.

80\*. На полусфере радиусом  $R$ , находящейся на гладком столе, лежит монета. От малого толчка монета начинает скользить вниз. На какой высоте она покинет полусферу? Масса монеты равна массе полусферы.

81. См. предыдущую задачу, но масса полусферы намного меньше массы монеты.

82\*. Математический маятник подвешен на нити, которая не является совершенно нерастяжимой, а только очень жесткой. Оценить влияние изменения длины нити при малых колебаниях на период этих колебаний в зависимости от амплитуды.

83. Почему человека отбрасывает на «чертовом колесе»? Куда именно его отбрасывает?

84. Почему в спутнике возникает состояние невесомости?

85. До какой угловой скорости надо раскрутить Землю,

чтобы тела на экваторе стали невесомы? Как на такой Земле проще всего запустить искусственный спутник? Какую минимальную скорость надо придать ему для запуска на орбиту?

86. Жесткий невесомый стержень длиной  $L$  вращается вокруг одного из концов с постоянной угловой скоростью  $\omega$ . Посредине на стержень насажена масса  $m$ , а на конце —  $M$ . С какими силами эти массы действуют на стержень? Что изменится, если стержень будет вращаться с постоянным угловым ускорением  $\beta$ ?

87. Однородный стержень длиной  $L$  и массой  $M$  вращается равномерно вокруг одного из концов с угловой скоростью  $\omega$ . Нарисовать график натяжения стержня в зависимости от расстояния до центра вращения.

88. См. предыдущую задачу, но посредине на стержень насажена точечная масса  $m$ .

89. На гладком столе неподвижно стоит куб массой  $M$ . На него налетает пуля массой  $m$  со скоростью  $V$ , пробивает его и летит дальше со скоростью  $\frac{1}{2}V$ . Найти скорость куба.

90. На гладком столе стоят неподвижно два куба массой  $M$  каждый. На левый куб налетает пуля массой  $m$  со скоростью  $V$ , пробивает его и летит дальше со скоростью  $\frac{1}{2}V$ . Пуля попадает во второй куб и застревает в нем. Через какое время кубы столкнутся, если начальное расстояние между ними  $L$ , а размеры кубов намного меньше  $L$ ?

91. Доказать, что при абсолютно упругом лобовом ударе двух шаров их относительные скорости до и после удара одинаковы.

92. Пользуясь результатами предыдущей задачи, вывести формулу для скоростей после абсолютно упругого лобового удара двух тел в общем случае (когда оба тела до удара движутся).

93. На гладком столе лежит пробирка длиной  $L$  и массой  $M$ . В открытый конец пробирки влетает упругий шарик массы  $m$ , отражается от закрытого конца пробирки и летит назад. Какой путь пройдет пробирка к тому моменту, когда шарик выскочит из нее?

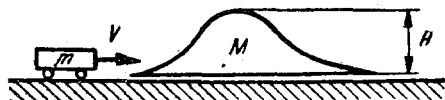


Рис. 20. К задаче 94.

94. На рельсах стоит гладкая горка массой  $M$ , максимальная высота ее  $H$ . На горку наезжает со скоростью  $V$  тележка массой  $m$ . Какую скорость приобретет горка, когда тележка с нее съедет? Переедет ли тележка

через горку? (рис. 20).

95. В желобе лежат два тяжелых шара массами  $M_1$  и  $M_2$ .

Между ними лежит легкий шар массой  $m$ . Легкому шару придают скорость  $V$  вправо. Какие скорости будут иметь большие шары после очень многих соударений? ( $M_1$  и  $M_2$  намного больше  $m$ ).

96. Два шарика массами  $M_1$  и  $M_2$  связаны пружинкой длиной  $l$  с коэффициентом жесткости  $K$ . Шарiku массой  $M_1$  сообщили скорость  $V$  вдоль линии их центров. На какое максимальное расстояние  $L$  удалятся шарики друг от друга при движении? Трения нет.

97. На гладком столе лежат два шарика массой  $M$  каждый, скрепленные пружинкой длиной  $l$  с коэффициентом жесткости  $K$ . Одному из шариков сообщили скорость  $V$  в направлении, перпендикулярном прямой, соединяющей их центры. Определить эту скорость, если известно, что при движении пружинка растягивалась на максимальную длину  $L$ ?

98. На гладком столе лежат два одинаковых шарика массой  $M$  каждый. Шарики скреплены гибкой упругой нитью длиной  $l$ , нить вначале не натянута. Одному из шариков сообщили скорость  $V$  вдоль линии, соединяющей центры шаров. Нарисовать графики зависимости скорости каждого из шариков в зависимости от времени. Нарисовать аналогичный график для скорости центра масс.

99. На гладком столе лежит гантелька (два шарика массой  $M$  каждый, скрепленные жестким стержнем длиной  $l$ ). Одному из шариков придали скорость  $V$  в направлении, перпендикулярном стержню. Описать дальнейшее движение гантельки.

100. На один из концов гантельки (см. предыдущую задачу) налетает шарик массой  $m$  со скоростью  $V$ , направленной перпендикулярно стержню, и прилипает. Описать дальнейшее движение гантельки.

101. Самолет делает «мертвую петлю», двигаясь с постоянной скоростью. В верхней точке петли из самолета выпал пассажир. Получилось так, что он снова попал на свое место в нижней точки петли. Масса самолета  $M$ , пассажира —  $m$ . Найти выделившееся тепло.

102. На гладком столе произошел абсолютно неупругий центральный удар двух шаров. Массы шаров  $M_1$  и  $M_2$ , скорости их направлены навстречу друг другу и равны соответственно  $V_1$  и  $V_2$ . Найти тепло, выделившееся при ударе.

103. Легкая частица массой  $m$  налетает на покоящуюся тяжелую частицу массой  $M$ . После абсолютно упругого удара тяжелая частица движется под углом  $45^\circ$  к направлению, под которым налетела легкая. Найти угол рассеяния легкой частицы.

104\*. На гладком столе стоит клин массой  $M$  с углом  $\alpha$  при основании. В него попадает пуля, летящая горизонтально со скоростью  $V$ . Масса пули  $m$ . Пуля упруго отражается от по-

Верхности клина. С какой скоростью и под каким углом движется пуля после удара? (Рис. 21).

105. На шероховатую стену с коэффициентом трения  $K$  налетает под углом  $\alpha$  кирпич, летящий так, что одна из его граней все время параллельна стене. Найти угол отражения.

106. На гладком столе лежит куб массой  $M$ . На него под углом  $\alpha$  налетает шарик массой  $m$ . Скорость шарика  $V$ . Найти скорости шарика и куба после абсолютно упругого удара (рис. 22).

107. На гладком столе лежит диск массой  $M$  и радиусом  $R$ . Из него вырезали с краю очень маленький кусочек массой  $m$ . Со скоростью  $V$  его толкнули, как показано на рис. 23, он попал на свое место и прилип. Описать дальнейшее движение диска.

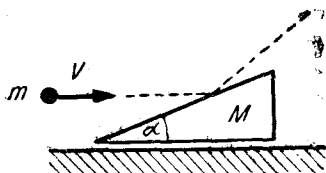


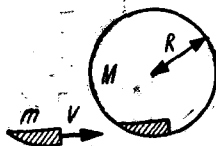
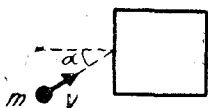
Рис. 21. К задаче 104.

Рис. 22.

К задаче 106.

Рис. 23.

К задаче 107.



108. На гладком столе лежит однородный стержень массой  $M$  и длиной  $l$ . На один из концов стержня налетает шарик массой  $m$  со скоростью  $V$ , направленной перпендикулярно стержню. Происходит абсолютно упругий удар. Найти скорость шарика после удара.

109\*. Карандаш массой  $M$  и длиной  $l$  вертикально стоит на столе в положении неустойчивого равновесия. В верхний конец карандаша попадает легкая пуля массой  $m$  и застревает. При какой минимальной скорости пули нижний конец карандаша оторвется от стола? (Рис. 24).

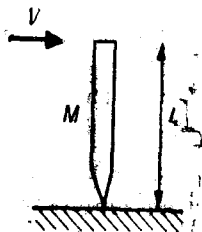
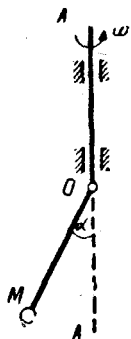


Рис. 24.  
К задаче 109.

110. Однородное бревно радиусом  $R$  и массой  $M$  раскрутили вокруг оси до угловой скорости  $\omega$  и положили на шероховатый стол с коэффициентом трения  $K$ . С какой скоростью будет двигаться центр бревна после того как прекратится проскальзывание?

111\*. Обруч радиусом  $R$  и массой  $M$ , раскрученный до угловой скорости  $\omega$ , падает с высоты  $H$  на шероховатую поверхность с коэффициентом трения  $K$ . Найти траекторию движения и наибольшую горизонтальную скорость центра обруча, если после каждого удара обруч подскакивает на ту же высоту.

112. Стержень  $OM$  может отклоняться от оси на любой угол. Ось  $AA_1$ , к которой стержень прикреплен, начинают вращать с угловой скоростью  $\omega$ . Найти угол отклонения стержня. Разобраться со странным поведением ответа при малых  $\omega$ . Вся масса сосредоточена на конце. (Рис. 25).



113. На столе стоит тело массой  $M$ , левая стенка которого представляет собой цилиндрическую поверхность. Слева на тело наезжает кубик массой  $m$  со скоростью  $V$ . Найти скорость большого тела в тот момент, когда кубик достигает точки  $A$ . То же для точки  $B$ . Радиус цилиндрической поверхности  $R$ . Трение отсутствует. (Рис. 26).

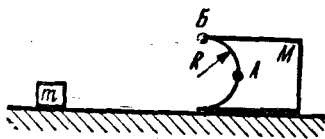


Рис. 25. К задаче 112.

Рис. 26. К задаче 113.

114. На нити длиной  $l$  подвешен шарик. С какой минимальной скоростью надо потянуть в горизонтальном направлении точку под-

веса, чтобы шарик совершил полный оборот?

115. На маленький грузик, лежащий на гладком столе, наезжает очень тяжелое тело. На стенке этого тела сделан круговой желоб радиуса  $R$ , как показано на рис. 27. При какой минимальной скорости наезжающего тела грузик доедет до точки  $A$ ?

116. По круговой орбите вокруг Земли вращается космический корабль с космонавтом на борту. Может ли космонавт сделать так, чтобы корабль по той же орбите обращался за вдвое меньшее время?

117\*. Обруч, вся масса которого сосредоточена в ободе, раскрутили до угловой скорости  $\omega$  и поставили на шероховатую наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом. Найти время, в течение которого обруч будет подниматься вверх по плоскости.

118\*. Хоккейную шайбу раскрутили до угловой скорости  $\omega$  и положили на лед плашмя. Сколько времени шайба будет вращаться? Коэффициент трения резины о лед равен  $K$ .

119. Катушка сделана из двух тяжелых дисков и куска очень легкой трубки, радиус которой вдвое меньше радиуса дисков. Катушку положили на шероховатую горизонтальную

плоскость и тянут параллельно плоскости за намотанную на нее нить. Найти силу трения между катушкой и плоскостью, (Рис. 28).

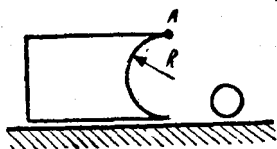


Рис. 27. К задаче 115.

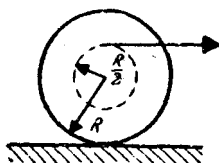


Рис. 28.  
К задаче 119.

120. Однородный цилиндр радиусом  $R$  и массой  $M$  лежит на шероховатой горизонтальной плоскости. На цилиндр намотана нить, которую тянут горизонтально силой  $F$ . Определить силу трения между цилиндром и плоскостью, если коэффициент трения равен  $K$ .

121. Беличье колесо вынули из клетки и положили на пол. С каким максимальным ускорением может двигаться центр колеса, если колесо с белкой катится без проскальзывания? Масса колеса  $M$ , масса белки  $m$ . Коэффициент трения между колесом и лапами белки равен  $K$ .

122. Бильярдный шар радиусом  $R$  и массой  $M$  лежит на шероховатом горизонтальном столе. В его центр попадает шарик массой  $m$ , летевший горизонтально со скоростью  $V$ . С какой скоростью в конце концов будет катиться по столу шар массой  $M$ , если коэффициент трения равен  $K$ ? Столкновение шаров упругое.

123. Бильярдный шар движется по гладкому льду, не вращаясь, со скоростью  $V$ . С какой скоростью он будет катиться после того, как попадет на участок льда, посыпанный песком? Коэффициент трения о песок равен  $K$ .

124\*. Два одинаковых шарика с радиусами  $R$  летят навстречу друг другу, вначале их скорости параллельны. Если бы между шариками не было гравитационных сил, шарики пролетели бы на расстоянии  $l$  друг от друга (так называемое «прицельное расстояние»). Скорости шариков на бесконечности равны  $V$ . При каком минимальном прицельном расстоянии шарики все же не столкнутся? Массы шариков  $M$ .

125. Верхнюю пластину плоского конденсатора зарядили зарядом  $Q_1$ , нижнюю — зарядом  $Q_2$ . Найти величину напряженности электрического поля над верхней пластиной, между пластинами, под нижней пластиной. Как распределены заряды по внутренним и внешним сторонам пластин? Площадь пластин  $S$ .



126. Три одинаковых пластины расположены, как показано на рис. 29. Расстояние  $d$  намного меньше размеров пластин. Пластины заряжены зарядами  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  соответственно. Соединим крайние пластины проводником. Какие заряды останутся на пластинах? Найти разность потенциалов между средней и крайними пластинами. Площадь пластин  $S$ .

127. Четыре одинаковых пластины расположены, как показано на рис. 30. К ним подключены батареи, э. д. с. которых  $E_1$  и  $E_2$ . Найти разность потенциалов между средними пластинами.

128. Четыре одинаковых пластины расположены так, как показано на рис. 31. Площадь каждой пластины  $S$ , расстояние между соседними пластинами  $d$  намного меньше размеров пластин. Крайние пластины соединены проводником. Найти емкость между средними пластинами.

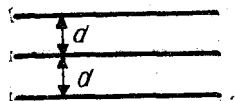


Рис. 29.  
К задаче 126.

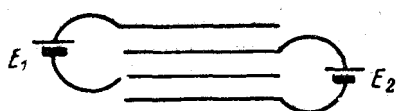


Рис. 30. К задаче 127.

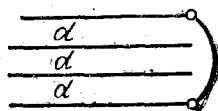


Рис. 31.  
К задаче 128.

129. При замыкании крайних пластин между собой (см. предыдущую задачу) емкость между средними пластинами изменится. Однако, как известно, поле плоского конденсатора (а средние пластины образуют плоский конденсатор) сосредоточено внутри него, т. е. около крайних пластин поля нет. Как же их замыкание может на что-либо повлиять? Объяснить.

130. Из четырех одинаковых пластин площади  $S$  каждая, которые нельзя придвигать друг к другу на расстояние, меньшее  $d$ , нужно сделать конденсатор максимальной емкости. Как их для этого нужно расположить?

131. К большому металлическому листу поднесли параллельно ему две металлические пластинки, площади которых равны  $S_1$  и  $S_2$ . Они находятся на расстояниях  $d_1$  и  $d_2$  соответственно от плоскости листа. Какую емкость можно получить, присоединив провода к любым двум проводникам? Пластины друг от друга находятся на очень большом расстоянии.  $d_1$  и  $d_2$  намного меньше размеров пластинок.

132. Найти емкость между двумя металлическими шариками радиусом  $r$  каждый, расположенных на расстоянии  $R$  друг от друга.  $R \gg r$ .

133. В вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника, катет которого равен  $a$ , расположены одинаковые

металлические шарики радиусом  $r$  ( $r \ll a$ ). Шарики заряжены зарядом  $q$  каждый. Соединяем шарики 1 и 2 проводником, затем убираем его. Затем соединяем шарики 2 и 3 и, наконец, шарики 3 и 1. Какие заряды установились на шариках? (Рис. 32).

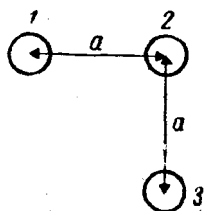


Рис. 32. К задаче 133.

134. Два металлических шарика, имеющих радиусы  $r_1$  и  $r_2$ , находятся на расстоянии  $a$  друг от друга ( $a \gg r_1, r_2$ ). Шарики были заряжены зарядами  $q_1$  и  $q_2$  соответственно. Соединим шарики проводником. Какое количество тепла при этом выделится?

135\*. Найти вращающий момент  $M$ , действующий на гантельку, состоящую из двух шариков радиусами  $r$  и тонкого металлического стержня длины  $l$  ( $l \gg r$ ). Гантелька находится в однородном электрическом поле напряженности  $E$ , направленном под углом  $\theta$  к стержню.

136. На мыльном пузыре равномерно распределен заряд  $Q$ . Коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma$ . Найти радиус пузыря. Будет ли равновесие устойчивым?

137. Металлическая сфера радиусом  $R$  с толщиной стенок  $\delta$  ( $\delta \ll R$ ) подключена к источнику высокого напряжения. До какого максимального потенциала ее можно заряжать, если материал стенок выдерживает механическое напряжение не более  $\sigma_0$ ? (Механическое напряжение — сила, приходящаяся на единицу поверхности.)

138. На расстоянии  $R$  от бесконечной металлической плоскости находится точечный заряд  $+q$ . Нарисовать силовые линии поля, создаваемые только зарядами, наведенными на плоскости.

139. Найти силу, действующую на точечный заряд (см. предыдущую задачу).

140\*. Найти плотность наведенных зарядов (см. задачу 138) как функцию расстояния до точечного заряда. Найти полный заряд, наведенный на плоскости.

141. В однородное электрическое поле напряженности внесли металлическую сферу радиусом  $R$ . Нарисовать силовые линии поля, создаваемого наведенными зарядами.

142. На какую величину изменится потенциал электрического поля в точке  $A$  после внесения сферы (см. задачу 141)? (Рис. 33).

143. Найти плотность наведенных на сфере зарядов в зависимости от угла  $\theta$ . (См. задачу 142).

144. В однородное поле напряженности  $E$  поместили бесконечно длинный металлический цилиндр так, что ось цилиндра перпендикулярна вектору напряженности поля. Найти распределение наведенных зарядов на поверхности цилиндра.

145. В поле точечного заряда  $+q$  из бесконечности внесли

незаряженную металлическую сферу радиусом  $R$ . На какую величину изменится при этом потенциал точки сферы, максимально удаленной от заряда? Расстояние от заряда до центра сферы равно  $2R$ .

146. Два металлических тела одновременно заряжены. Могут ли они притягиваться друг к другу?

147. На диагонали прямого двугранного угла, образованного бесконечными металлическими полуплоскостями, помещен точечный заряд  $q$  на расстоянии  $R$  от вершины угла. Найти силу, действующую на заряд. (Рис. 34).

148. Точечный заряд находится с внешней стороны двугранного угла. Можно ли найти силу, действующую на заряд тем же способом, что и в предыдущей задаче? (Рис. 35).

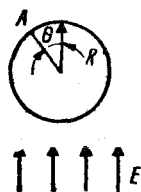


Рис. 33.  
К задаче 142.

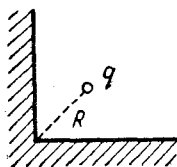


Рис. 34.  
К задаче 147.

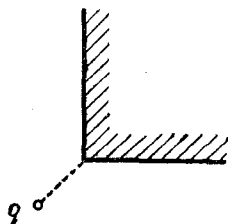


Рис. 35.  
К задаче 148.

149. Металлический шарик радиусом  $r$  находится на расстоянии  $R$  ( $R \gg r$ ) от бесконечной металлической плоскости. Найти емкость системы.

150. Металлический шарик радиусом  $r$  находится на диагонали двугранного угла  $60^\circ$ , образованного двумя металлическими полуплоскостями на расстоянии  $R$  ( $R \gg r$ ) от вершины угла. Найти емкость системы.

151. Маленький шарик массой  $m$ , заряженный зарядом  $q$ , подвешен на длинной нити над металлической плоскостью. Высота точки подвеса  $2l$ , длина нити  $l$ . Найти период малых колебаний шарика.

152. Маятник (см. предыдущую задачу) отклонили на угол  $90^\circ$  и отпустили. Найти скорость шарика в нижней точке. Радиус шарика  $r$  ( $r \ll l$ ).

153. К изолированной металлической сфере с радиусом  $R$ , заряженной зарядом  $q$ , подносят точечный заряд  $q$ . На каком расстоянии от центра сферы на точечный заряд не будут действовать электростатические силы?

154. Сферический конденсатор, образованный двумя металлическими сферами радиусами  $R_1$  и  $R_2$ , наполовину заполнен жидким диэлектриком с диэлектрической постоянной  $\epsilon$ . Определить:

- а) емкость этого конденсатора;  
 б) плотность поверхностных зарядов, индуцированных в диэлектрике возле каждой из металлических сфер, если конденсатор подключен к батарее с напряжением  $U$ ;  
 в) плотность зарядов на частях сфер смоченных и не смоченных диэлектриком.

155. В плоский конденсатор, сделанный из квадратных пластин со стороной  $a$  и с расстоянием между пластинами  $d$ , вносят пластину из диэлектрика толщиной  $d$  с диэлектрической постоянной  $\epsilon$ . Найти силу, втягивающую диэлектрик в конденсатор, если

- а) конденсатор присоединен к батарее с напряжением  $U$ ;  
 б) конденсатор заряжен зарядом  $Q$ .

156. В плоский конденсатор (см. предыдущую задачу) вносят металлическую пластину толщиной  $1/2 d$ . Какая механическая работа совершается при этом в случаях а и б? Как меняется электростатическая энергия конденсатора?

157. Оценить «радиус» электрона, считая его массу электромагнитного происхождения.

158\*. Металлическая сфера радиусом  $R$  заземлена проводником с сопротивлением  $r$ . Из бесконечности, с нулевой начальной скоростью, на сферу движется точечный заряд  $q$ , имеющий массу  $m$ . Найти количество тепла, выделившееся в проводе к тому моменту, когда заряд попадет в сферу.

159. Два конденсатора с емкостями  $C_1$  и  $C_2$ , заряженные зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , соединяются разноименно заряженными пластинами. Найти выделившееся тепло.

160. Между пластинами плоского конденсатора двигаем третью, параллельную пластину с зарядом  $Q$  со скоростью  $V$ . К конденсатору подключен амперметр. Что он показывает?

161. В схеме, изображенной на рис. 36, найти емкость между точками  $A$  и  $B$ .

162. То же. (Рис. 37).

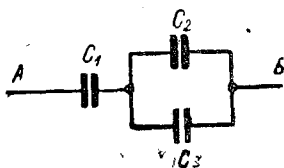


Рис. 36. К задаче 161.

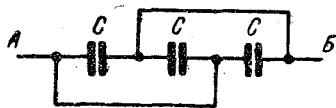


Рис. 37. К задаче 162.

163. В схеме, изображенной на рис. 38, найти заряды на конденсаторах. Влияют ли на результат внутренние сопротивления батарей?

164. В схеме, изображенной на рис. 39, найти разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$ . Какой заряд протечет между точками  $A$  и  $B$ , если их соединить проводником?

165. Конденсатор емкостью  $C_1$  выдерживает напряжение не более  $v_1$ , конденсатор емкостью  $C_2$  напряжение не более  $v_2$ . К какому максимальному напряжению можно подключить эти конденсаторы при последовательном соединении?

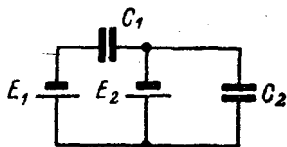


Рис. 38. К задаче 163.

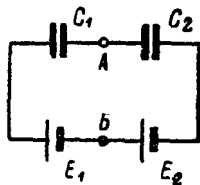


Рис. 39.  
К задаче 164.

166. В предыдущей задаче  $C_1 = 2$  мкф;  $v_1 = 160$  в, диэлектрик этого конденсатора промасленная бумага.  $C_2 = 0,5$  мкф,  $v_2 = 300$  в, диэлектрик — слюда. К какому максимальному напряжению их можно подключить при последовательном соединении? А если бы у обоих диэлектриков была слюда?

167. К батарее с э. д. с.  $E$  последовательно подключены три конденсатора с емкостями  $C$ ,  $2C$  и  $3C$ . Конденсатор  $2C$  вырвали из схемы, поменяли местами его выводы и подключили обратно. Найти изменение заряда на  $C$ .

168. В схеме, изображенной на рис. 40, найти заряды на конденсаторах.

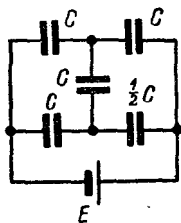


Рис. 40.  
К задаче 168.

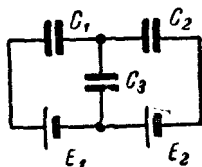


Рис. 41.  
К задаче 169.

169. В схеме, изображенной на рис. 41, найти заряд на конденсаторе  $C_3$ .

170. К батарее с э. д. с.  $E$  подключен плоский конденсатор с площадью пластин  $S$  и расстоянием между пластинами  $d$ . Его пластины медленно раздвигают до расстояния  $2d$ . Найти совершенную при этом работу. Куда пошла работа? Больше или меньше будет эта работа, если раздвигать пластины очень быстро?

171. При какой э. д. с.  $E_x$  в схеме, изображенной на рис. 42, конденсатор  $C_2$  не будет заряжен?

172. В схеме, изображенной на рис. 43, найти напряжение между точками  $A$  и  $B$ .

173. Конденсатор имеет емкость  $C$ . Заполним его диэлектриком с диэлектрической постоянной  $\epsilon$ . Какую емкость надо включить последовательно с ним, чтобы общая емкость опять стала  $C$ ?

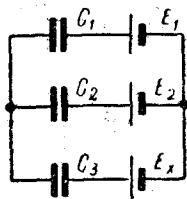


Рис. 42. К задаче 171.

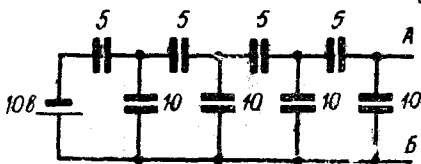


Рис. 43. К задаче 172.

174. В схеме, изображенной на рис. 44, ключ  $K$  переключили из положения 1 в положение 2. Какое напряжение окажется после этого между точками  $A$  и  $B$ ?

175. В схеме, изображенной на рис. 45, найти заряды на конденсаторах.

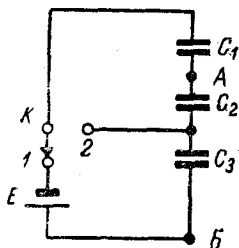


Рис. 44. К задаче 174.

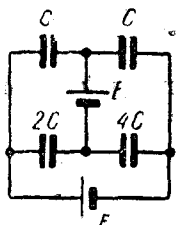


Рис. 45. К задаче 175.

176. По медному проводу сечением  $1 \text{ мм}^2$  и длиной  $1 \text{ м}$  течет ток  $1 \text{ а}$ . Найти падение напряжения на нем.

177. Если к батарее присоединить сопротивление нагрузки  $10 \text{ ом}$ , то по нему потечет ток  $1 \text{ а}$ , если  $5 \text{ ом}$ —то  $1,5 \text{ а}$ . Ка-

кой будет ток, если присоединить сопротивление  $1 \text{ ом}$ ?

178. К батарее, э. д. с. которой  $9 \text{ в}$ , а внутреннее сопротивление неизвестно, подключены последовательно амперметр и вольтметр (внутренние сопротивления приборов также неизвестны). Если включить параллельно вольтметру некоторое сопротивление, величину которого мы также не знаем, то показания вольтметра уменьшатся в два раза, а показания амперметра возрастут в два раза. Что показывал вольтметр до подключения сопротивления?

179. К батарее, э. д. с. которой  $E=1 \text{ в}$  и внутреннее сопротивление  $r=0,2 \text{ ом}$ , подключены параллельно соединенные сопротивления  $R_1=1 \text{ ом}$  и  $R_2=2 \text{ ом}$ . Для измерения тока, текущего через  $R_1$ , последовательно с ним в разрыв цепи включают амперметр. Каким должно быть сопротивление амперметра, чтобы его подключение вызывало ошибку не более  $1\%$ ?

180. Параллельно неизвестному сопротивлению в цепи включен вольтметр с сопротивлением  $10\text{ кОм}$ . Последовательно с ними включен миллиамперметр. Вольтметр показывает  $20\text{ в}$ , миллиамперметр —  $5\text{ ма}$ . Найти величину неизвестного сопротивления.

181.  $N$  одинаковых гальванических элементов с э. д. с.  $E$  и внутренним сопротивлением  $r$  каждый соединяются последовательно в замкнутое кольцо. Параллельно одному из них включен вольтметр. Что он покажет? Зависят ли показания вольтметра от его внутреннего сопротивления? Что покажет вольтметр, если элемент, к которому он подключен, переключить наоборот?

182. В диагональ мостика включен гальванометр. При каком соотношении между сопротивлениями мостика по гальванометру не течет ток? Зависит ли это соотношение от внутреннего сопротивления батареи, питающей мостик? От сопротивления гальванометра?

183. При каких соотношениях между сопротивлениями «треугольника» и «звезды» сопротивления между соответствующими точками в обеих схемах будут одинаковыми? (Рис. 46).

Примечание. Пользуясь результатами этой задачи, можно произвести замену «треугольника» эквивалентной «звездой» и обратно. Это может дать значительное упрощение при расчете схем.

184. В схеме, изображенной на рис. 47, найти сопротивление между точками  $A$  и  $B$ .

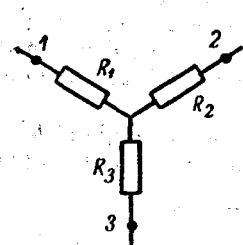


Рис. 46. К задаче 183.

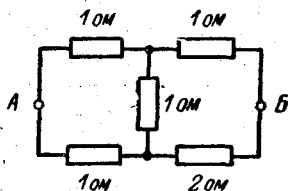
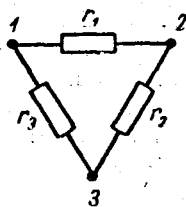


Рис. 47. К задаче 184.

185. К точкам  $A$  и  $B$  (см. предыдущую задачу) присоединяют батарею с э. д. с.  $E = 1\text{ в}$ .

Найти ток, текущий через диагональ мостика. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

186. То же, но внутреннее сопротивление батареи равно  $1\text{ ом}$ .

187. В схеме, изображенной на рис. 48, найти ток через

сопротивление  $AB$ . Внутренними сопротивлениями батарей пренебречь. Сопротивление  $R_{AB}$  также  $1\text{ ом}$ .

188\*. Сопротивление между точками  $A$  и  $B$ , очевидно, зависит от положения движка потенциометра  $R$ . При таком соотношении между  $r$  и  $R$  максимальное сопротивление между точками  $A$  и  $B$  достигается в одном из крайних положений движка потенциометра? Где достигается минимальное сопротивление? Найти сопротивление между точками  $A$  и  $B$  при  $R = 100\text{ ом}$  и  $r = 10\text{ ом}$ . (Рис. 49),

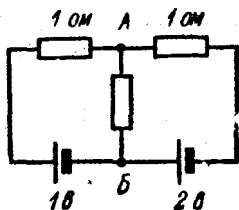


Рис. 48. К задаче 187.

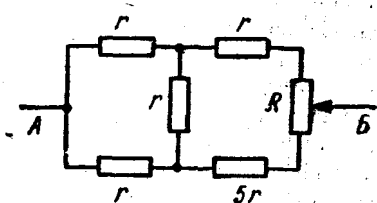


Рис. 49. К задаче 188.

189. Часто температуру измеряют косвенным образом, пользуясь тем, что сопротивление проводника зависит от температуры по закону  $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ , где  $R_0$  — сопротивление при  $0^\circ\text{C}$ ,  $t$  — температура (в градусах Цельсия),  $\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления (обычно он очень мал). Для измерений обычно пользуются схемой мостика, в одно из плеч которого включено сопротивление, величина которого меняется с температурой, остальные сопротивления теплоизолированы: В диагональ мостика включают гальванометр и по его показаниям находят температуру. Почему плохо применять для измерения сопротивления обычный омметр? Как выбрать остальные три сопротивления мостика? Как зависит ток через гальванометр от температуры?

190. В схеме на рис. 50 сопротивления вольтметров  $R_1 = 2000\text{ ом}$ ,  $R_2 = 3000\text{ ом}$ . Внутреннее сопротивление батарей

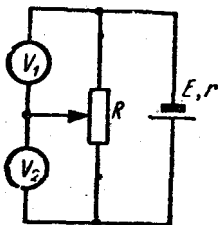


Рис. 50. К задаче 190.

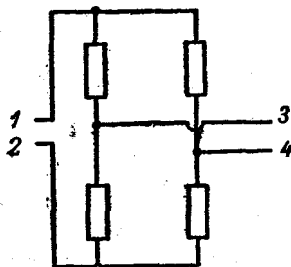


Рис. 51. К задаче 191.



$r=100$  ом, сопротивление потенциометра  $R=500$  ом. При каком соотношении плеч потенциометра верхний вольтметр будет показывать в два раза больше нижнего?

191. Если в схеме на рис. 51 к точкам 1 и 2 подключить батарею (ее э. д. с. неизвестна, внутреннее сопротивление пренебрежимо мало), то от батареи будет потребляться ток  $I_1$ , а напряжение между точками 3 и 4 будет равно  $U_1$ . Если эту же батарею подключить к точкам 3 и 4, от нее будет потребляться ток  $I_2$ . Какое напряжение будет при этом между точками 1 и 2?

192. Исследуется «черный ящик» с двумя выводами. Если подключить к ним батарею, то от нее будет потребляться ток  $1a$ . Если поменять выводы ящика местами, то ток уменьшится до  $0,5a$ . Нарисовать несколько возможных схем «черного ящика».

Примечание. «Черным ящиком» мы называем прибор, который нельзя вскрывать для выяснения того, что у него внутри.

193. Исследуется «черный ящик» с четырьмя выводами. Если к выводам 1 и 2 подключить батарею с напряжением  $U$ , то между 3 и 4 окажется напряжение  $\frac{1}{2}U$ . Если же подключить эту батарею к точкам 3 и 4, то между точками 1 и 2 окажется напряжение  $\frac{1}{3}U$ . Что внутри ящика?

194. Исследуется «черный ящик» с четырьмя выводами. Когда между точками 1 и 2 была включена батарея с напряжением  $2в$ , между точками 3 и 4 оказалось напряжение  $7 в$ . Когда между точками 3 и 4 включили батарею с напряжением  $10 в$ , то между точками 1 и 2 оказалось напряжение  $3 в$ . Нарисовать несколько возможных схем «черного ящика».

195. У юного техника Вовы имеется в наличии пять сопротивлений:  $1$  ом,  $2$  ома,  $3$  ома,  $4$  ома и  $5$  ом. Как он их должен соединить, чтобы получить результирующее сопротивление как можно ближе к  $\pi$  ( $3,14159\dots$ ) ом?

196. К батарее подключено сопротивление  $r=10$  ом. Вольтметр с сопротивлением  $R=1000$  ом подключают первый раз параллельно сопротивлению, второй раз последовательно с ним. Оба раза вольтметр показывает одно и то же напряжение. Найти внутреннее сопротивление батареи.

197. Из проволок разных сечений спаян куб. Сопротивления его ребер:

$$\begin{array}{lll} A_1B_1=0,5 \text{ ом}; & A_1A_2=1 \text{ ом}; & B_1B_2=1 \text{ ом} \\ A_2B_2=2 \text{ ома}; & A_2A_3=2 \text{ ома}; & B_2B_3=8 \text{ ом} \\ A_3B_3=1 \text{ ом}; & A_3A_4=2 \text{ ома}; & B_3B_4=8 \text{ ом} \\ A_4B_4=1 \text{ ом}; & A_1A_4=1 \text{ ом}; & B_1B_4=1 \text{ ом} \end{array}$$

Найти сопротивление между точками  $A_1$  и  $B_3$ . (Рис. 52).

198. В схеме, изображенной на рис. 53, найти сопротивление между  $A$  и  $B$ .

199. В схеме (см. предыдущую задачу) к точкам  $A$  и  $B$  присоединена батарея с э. д. с.  $10$  в. Найти напряжение на параллельно соединенных сопротивлениях по  $10$  ом. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

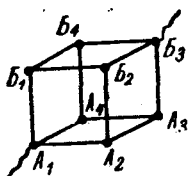


Рис. 52.  
К задаче 197

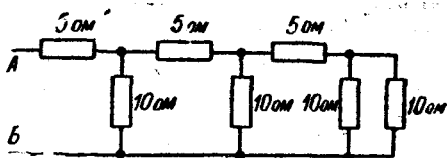


Рис. 53. К задаче 198.

200. В схеме, изображенной на рис. 54, найти ток через амперметр. Сопротивление амперметра пренебрежимо мало. Внутреннее сопротивление батареи равно  $r$ .

201. В схеме, изображенной на рис. 55, сопротивление амперметра пренебрежимо мало. Найти ток через амперметр. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

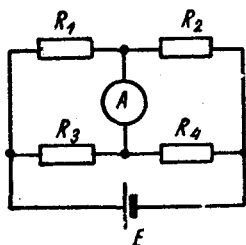


Рис. 54. К задаче 200.

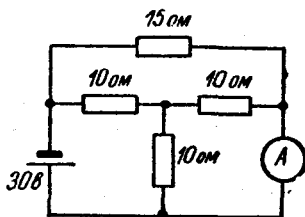


Рис. 55. К задаче 201.

202. Имеется батарея с неизвестными э. д. с. и внутренним сопротивлением. К ней присоединяют последовательно два различных амперметра. Амперметры при этом показывают токи по  $4$  а. Если эти же амперметры присоединить к батарее параллельно, то один из них покажет  $3$  а, а другой —  $5$  а. Найти ток короткого замыкания батареи.

203. В схеме, изображенной на рис. 56, изменяют величину сопротивлений  $r$ . Нарисовать график тока через параллельное сопротивление  $R$  в зависимости от  $r$ .

204. Нагрузку необходимо питать напряжением  $20$  в. При этом напряжение питания не должно меняться более, чем на  $1\%$ , а сопротивление нагрузки может быть любым в пределах

от 50 до 100  $\Omega$ . В наличии имеется батарея 100  $\text{в}$  с малым внутренним сопротивлением. Нарисовать возможную схему питания нагрузки от этой батареи. Каким будет к. п. д. этой схемы питания?

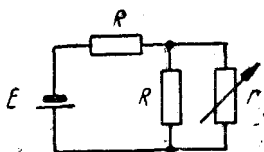


Рис. 56. К задаче 203.

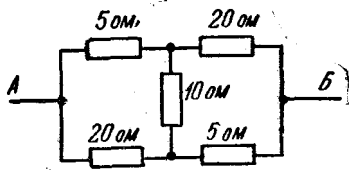


Рис. 57. К задаче 205.

205. В схеме, изображенной на рис. 57, найти сопротивление между точками А и Б.

206. В схеме, изображенной на рисунке 58, амперметры одинаковые, а вольтметры различные. Первый амперметр показывает ток  $1\text{ а}$ , а первый вольтметр —  $2\text{ в}$ . Второй амперметр показывает  $1,3\text{ а}$ . Что показывает второй вольтметр?

207. Фигура, изображенная на рис. 59, сделана из проволоки постоянного сечения. Сторона большого квадрата  $a$ , сопротивление 1 м проволоки равно  $\rho$ . Найти сопротивление между точками А и Б.

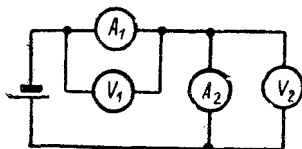


Рис. 58.  
К задаче 206.

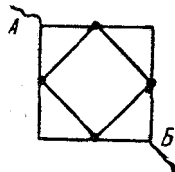


Рис. 59.  
К задаче 207.

208\*. То же, но фигура более сложная. Число квадратов очень велико. Найти сопротивление между точками А и Б. (Рис. 60).

209. В схеме, изображенной на рис. 61, все сопротивления по  $r$ , внутренние сопротивления батарей также  $r$ , э. д. с. батарей  $\mathcal{E}$ . Найти ток через перемычку, соединяющую точки А и Б.

210. Батарея с э. д. с. 1  $\text{в}$  с малым внутренним сопротивлением подключена к цепочке с очень большим числом звеньев. Все сопротивление по 1  $\Omega$ . Найти токи через первые три сопротивления. (Рис. 62),

211. В схеме, изображенной на рис. 63, все батареи с пренебрежимо малыми внутренними сопротивлениями. Найти токи во всех сопротивлениях.

212. В схеме, изображенной на рис. 64, все батареи с малыми внутренними сопротивлениями. Найти токи во всех сопротивлениях.

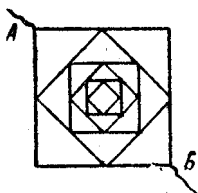


Рис. 60.  
К задаче 208.

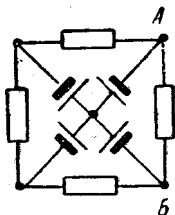


Рис. 61.  
К задаче 209.

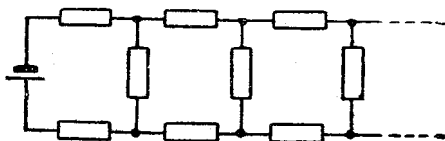


Рис. 62. К задаче 210.

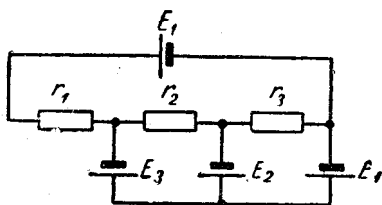


Рис. 63. К задаче 211.

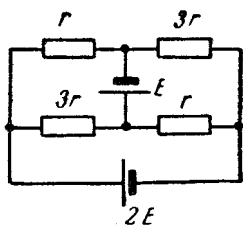


Рис. 64. К задаче 212.

213. Вольтметр, подключенный к некоторому гальваническому элементу, показал  $U_1$ , тот же вольтметр, присоединенный к двум последовательным элементам, показал  $U_2$ . Что он покажет, если его присоединить к трем таким же элементам?

214. В сложной цепи, состоящей из неизвестных сопротивлений, нужно измерить одно из них, не выпаивая его из схемы. Имеются: амперметр, вольтметр, батарейка, провода. Как это сделать?

215. К батарее с неизвестными э. д. с. и внутренним сопротивлением

тивлением подключают последовательно соединенные амперметр и вольтметр. Они при этом показывают  $0,1a$  и  $10b$ . Затем их подключают к батарее параллельно, при этом они показывают  $1a$  и  $1b$ . Найти э. д. с. и внутреннее сопротивление батареи.

216. Элемент  $C$  имеет вольтамперную характеристику, изображенную на рис. 65 (это идеализированная характеристика стабилитрона). Последовательно с сопротивлением  $R$  подключают  $C$  к батарее с э. д. с.  $E$ . Какой ток потечет по цепи?

217. Элемент  $B$  имеет вольтамперную характеристику, изображенную на рис. 66 (это идеализированная характеристика бареттера). Последовательно с сопротивлением  $R$  его подключают к батарее с э. д. с.  $E$ . Какое напряжение будет при этом на  $B$ ?

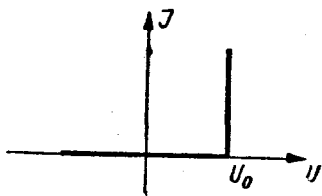


Рис. 65. К задаче 216.

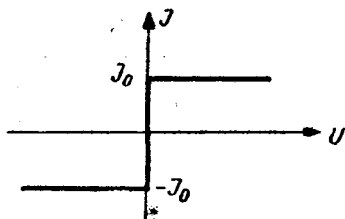


Рис. 66. К задаче 217.

218. В схеме, изображенной на рис. 67, найти напряжение на  $B$  и ток в цепи.

219. В схеме, изображенной на рис. 68, найти ток через  $C$ .

220. В схеме, изображенной на рис. 69, все батареи имеют малые внутренние сопротивления. Нарисовать график зависимости тока через  $R_2$  от э. д. с.  $E_1$ .

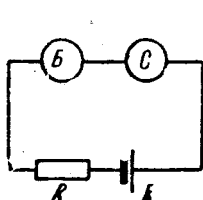


Рис. 67.  
К задаче 218.

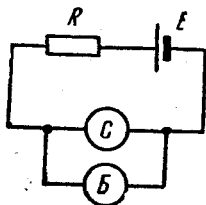


Рис. 68.  
К задаче 219.

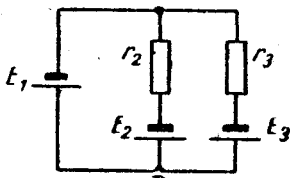


Рис. 69.  
К задаче 220.

221\*. Нарисуйте вольтамперную характеристику лампы накаливания, учитывая возрастание сопротивления спирали при увеличении температуры ее. Придумайте схему стабилизации

напряжения при помощи одной или нескольких ламп и сопротивлений.

Примечание. Схема стабилизации напряжения дает на выходе почти постоянное по величине напряжение при изменении в некоторых пределах напряжения, питающего схему.

222. Через сопротивление  $10\text{ ом}$  течет ток  $2a$ . Какое количество тепла выделится на этом сопротивлении за 1 час? Какое количество тепла выделится за час, если ток меняется по линейному закону в течение этого часа от 0 до  $2a$ ?

223. Когда в сеть включили электроплиту, она выделяла в виде тепла мощность  $1000\text{ вт}$ , когда подключили параллельно ей еще такую же плиту, суммарная мощность составила  $1900\text{ вт}$ . Какая мощность получится, если добавить еще одну плиту?

224. Лампа  $60\text{ вт}$ ,  $220\text{ в}$  имеет в холодном состоянии сопротивление  $20\text{ ом}$ . Спираль лампы сделана из вольфрама. Какова температура нагретой спирали?

225. Имеются две батареи:  $E_1, r_1$  и  $E_2, r_2$ . При каких сопротивлениях нагрузки целесообразно эти батареи соединить последовательно для получения максимальной мощности в нагрузке? Параллельно?

226\*. Лампа  $100\text{ вт}$ ,  $220\text{ в}$  со спиралью из вольфрама (температурный коэффициент сопротивления  $0,005\text{ град}^{-1}$ ) имеет рабочую температуру  $2600^\circ\text{ К}$ . Лампу включают в сеть  $220\text{ в}$  последовательно с сопротивлением  $5\text{ ом}$ . На сколько градусов понизится температура нити? Считать теплоотдачу пропорциональной разности между температурой спирали и комнатной температурой.

227. Два куса проволоки из одинакового материала и одинаковой длины имеют диаметры, различающиеся в два раза. Подключаем их к батарее последовательно. Найти отношение их удлинений. Теплоотдача пропорциональна разности температур и площади поверхности. Нагрев считать малым.

228. Имеются две батареи:  $E_1, r_1$  и  $E_2, r_2$ . Соединили их параллельно. Какой батареей их можно заменить?

229. То же, что  $N$  различных батарей, соединенных параллельно.