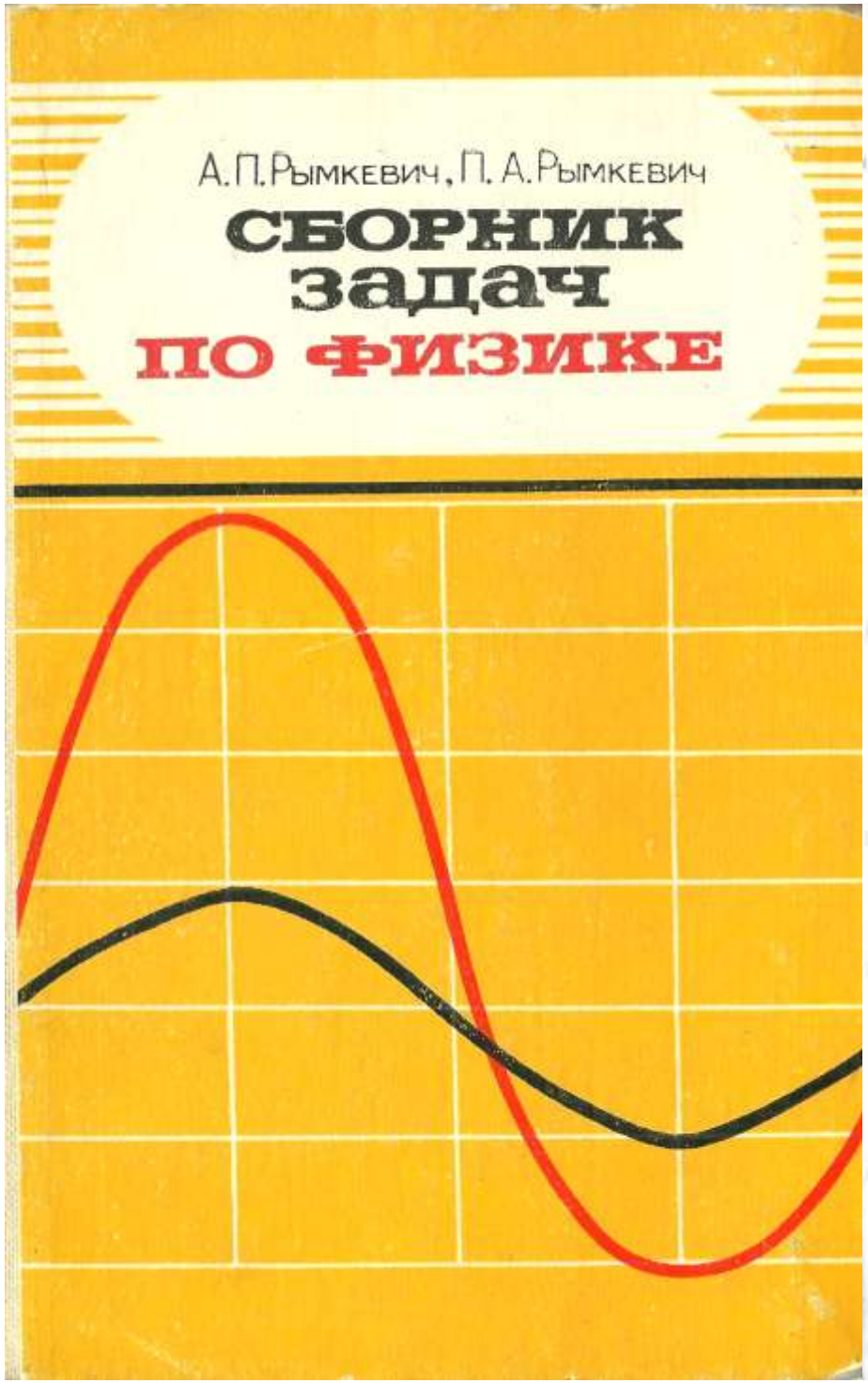

ГЛАВА I

ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

§ 1. Поступательное движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение

1. Рисунок 1 воспроизводит несколько положений работающего подъемного крана. Можно ли считать поступательным движение стрелы? ковша?

2. Какие элементы аттракциона «Колесо обозрения» (рис. 2) движутся поступательно?

3. Можно ли принять Землю за материальную точку при расчете:

а) расстояния от Земли до Солнца;

б) пути, пройденного Землей по орбите вокруг Солнца за месяц;

в) длины экватора;

г) скорости движения точки экватора при суточном вращении Земли вокруг оси;

д) скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца?

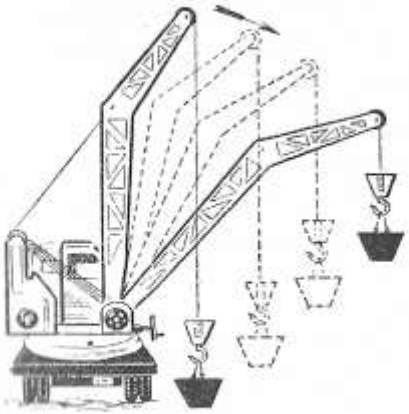

Рис. 1

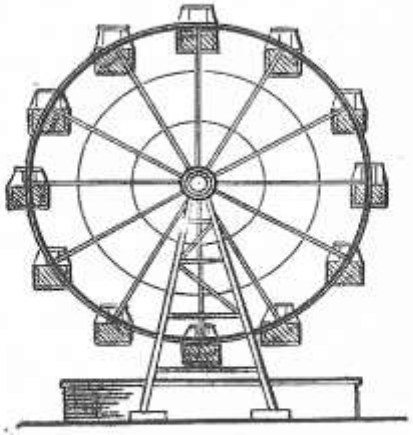

Рис. 2

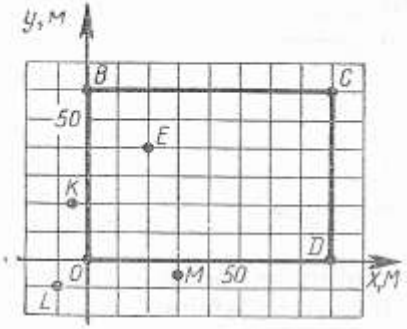

Рис. 3

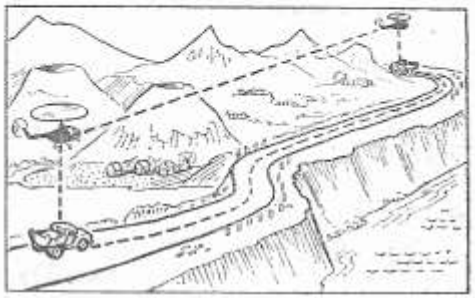

Рис. 4

4. Указать, в каких из приведенных ниже случаях изучаемое тело можно принять за материальную точку:

а) вычисляют давление трактора на грунт;

б) определяют высоту поднятия ракеты;

в) рассчитывают работу, совершенную при поднятии в горизонтальном положении плиты перекрытия известной массы на заданную высоту;

г) определяют объем стального шарика, пользуясь измерительным цилиндром (мензуркой).

5. На рисунке 3 изображен план футбольного поля на пришкольном участке. Найти координаты угловых флажков (O, B, C, D), мяча (E), зрителей (K, L, M).

6. Приняв за систему отсчета класс и связав ось X с линией пересечения пола и стены, на которой висит доска, ось Y с линией пересечения пола и стены, соседней с предыдущей, а ось Z с линией пересечения упомянутых двух стен между собой, найти координаты (приблизительно) левого нижнего угла доски, правого верхнего угла парты, за которой вы сидите.

7. Сравнить пути и перемещения вертолета и автомобиля, траектории движения которых показаны на рисунке 4.

8. Путь или перемещение мы оплачиваем при поездке в такси? самолете?

9. Мяч упал с высоты 3 м, отскочил от пола и был пойман на высоте 1 м. Найти путь и перемещение мяча.

10. Движущийся равномерно автомобиль сделал разворот, описав половину дуги окружности. Сделать чертеж, на котором указать пути и перемещения автомобиля за все время разворота и за треть этого времени. Во

сколько раз пути, пройденные за указанные промежутки времени, больше модулей векторов соответствующих перемещений?

11. На рисунке 5 показаны перемещения пяти материальных точек. Найти проекции векторов перемещения на оси координат.

12. На рисунке 6 показана траектория движения материальной точки из A в B. Найти координаты точки в начале и конце движения, проекции перемещения на оси координат, перемещение.

13. На рисунке 7 показана траектория $ABCD$ движения материальной точки из A в D. Найти координаты точки в начале и конце движения, пройденный путь, перемещение, проекции перемещения на оси координат.

14. Тело переместилось из точки с координатами $x_1 = 0$ м, $y_1 = 2$ м в точку с координатами $x_2 = 4$ м, $y_2 = -1$ м. Сделать чертеж, найти перемещение и его проекции на оси координат.

15. Вертолет, пролетев по прямой 400 км, повернул под углом 90° и пролетел еще 300 км. Найти путь и перемещение вертолета.

16. Катер прошел по озеру в направлении точно на северо-восток 2 км, а затем еще 1 км на север. Найти графически модуль и направление вектора перемещения.

17. Звено пионеров прошло сначала 400 м на северо-

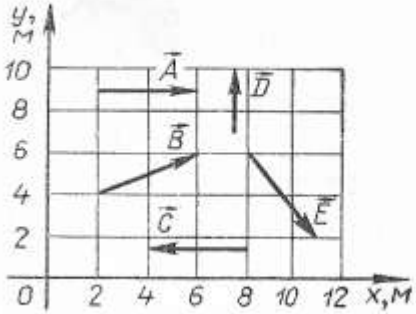

Рис. 5

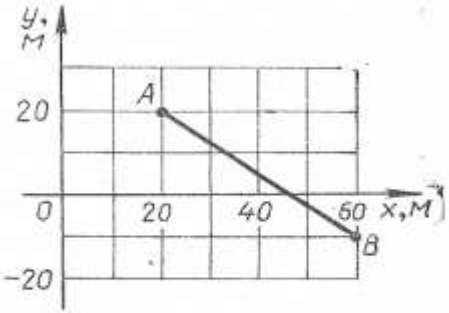

Рис. 6

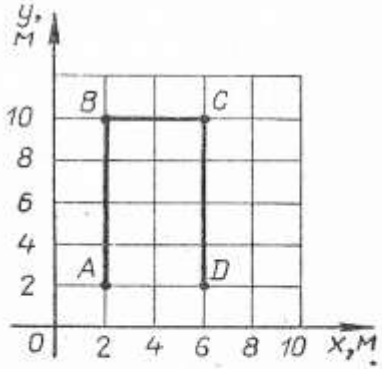

Рис. 7

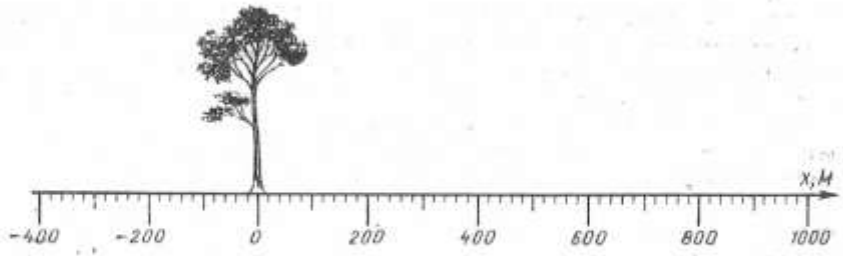

Рис. 8

запад, затем 500 м на восток и еще 300 м на север. Найти графически перемещение звена (модуль и направление).

§ 2. Прямолинейное равномерное движение[1]

18. По прямолинейной автотрассе (рис. 8) движутся равномерно: автобус — вправо со скоростью 20 м/с, легковой автомобиль — влево со скоростью 15 м/с и мотоциклист — влево со скоростью 10 м/с; начальные координаты этих экипажей равны соответственно 500, 200 и —300 м. Написать их уравнения движения[2]. Найти: а) координату автобуса через 5 с; б) координату легкового автомобиля и пройденный путь через 10 с; в) через сколько времени координата мотоциклиста будет равна —600 м; г) в какой момент времени автобус проезжал мимо дерева; д) где был легковой автомобиль за 20 с до начала наблюдения.

19. Движение грузового автомобиля описывается уравнением $x_1 = -270 + 12t$, а движение пешехода по обочине того же шоссе — уравнением $x_2 = -1{,}5t$. Сделайте пояснительный рисунок (ось X направить вправо), на котором укажите положение автомобиля и пешехода в момент начала наблюдения. С какими скоростями и в каком направлении они двигались? Когда и где они встретились?

---

[1] В задачах этого параграфа считать, что все движения происходят по одной прямой, ось X совпадает с траекторией движения и все величины, входящие в уравнение, заданы в единицах СИ.

[2] Здесь и в ряде последующих задач под уравнением движения понимается кинематическое уравнение $x = x(t)$.

20. По заданным графикам (рис. 9) написать уравнения движения тел $x = x(t)$. Из уравнений и графиков найти координаты тел через 5 с, скорости их движения, время и место встречи тел II и III.

21. Движения двух велосипедистов заданы уравнениями: $x_1 = 5t$, $x_2 = 150 - 10t$. Построить графики зависимости $x(t)$. Найти время и место встречи.

22. Графики движения двух тел представлены на рисунке 10. Написать уравнения движения $x = x(t)$. Что означают точки пересечения графиков с осями координат?

23. По прямому шоссе в одном направлении движутся два мотоциклиста. Скорость первого мотоциклиста 10 м/с. Второй догоняет его со скоростью 20 м/с. Расстояние между мотоциклами в начальный момент времени равно 200 м. Написать уравнения движений мотоциклистов в системе отсчета, связанной с Землей, приняв за начало координат место нахождения второго мотоциклиста в начальный момент времени и выбрав за положительное направление оси X направление движения мотоциклистов. Построить на одном чертеже графики движения обоих мотоциклистов (рекомендуемые масштабы: в 1 см 100 м; в 1 см 5 с). Найти время и место встречи мотоциклистов.

24. Автобус и мотоциклист движутся навстречу друг другу со скоростями соответственно 10 и 20 м/с. Расстояние между ними в момент начала наблюдения равно 600 м. Считая, что ось X направлена в сторону движения автобуса и при $t = 0$ положение автобуса совпадает с началом отсчета, написать для автобуса и мотоциклиста уравнения $x = x(t)$. Изобразить эти зависимости в виде двух графиков на одном чертеже (рекомендуемые масштабы: в 1 см 100 м; в 1 см 10 с).

25. По условию задачи 24 определить:

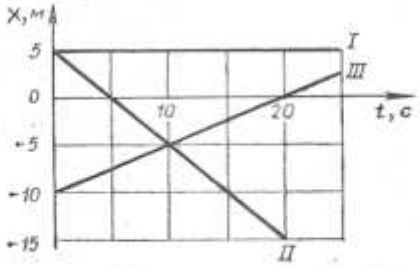

Рис. 9

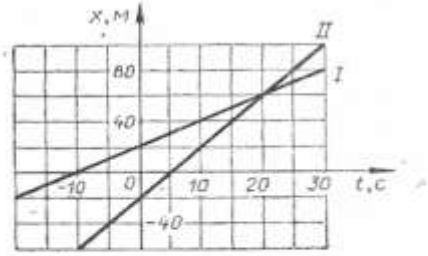

Рис. 10

а) время и место встречи автобуса и мотоциклиста;

б) расстояние между ними через 10 с;

в) где находился мотоциклист в тот момент времени, в который автобус проходил точку с координатой 250 м;

г) в какие моменты времени расстояние между ними было 300 м.

§ 3. Относительность движения

26. Какова траектория движения точки обода велосипедного колеса при равномерном и прямолинейном движении велосипедиста в системах отсчета, жестко связанных: а) с вращающимся колесом; б) с рамой велосипеда; в) с землей?

27. Какова траектория движения конца лопасти пропеллера самолета, движущегося относительно земли равномерно и прямолинейно, в системах отсчета, жестко связанных: а) с пропеллером; б) с корпусом самолета; в) с землей?

28. На рисунке 11 приведена схема полета советских космических станций с посадкой на Венеру. В какой системе отсчета указана траектория полета?

29. Может ли человек, находясь на движущемся эскалаторе метро, быть в покое в системе отсчета, связанной с землей?

30[1]. Скорость велосипедиста 36 км/ч, а скорость встречного ветра 4 м/с. Какова скорость ветра в системе отсчета, связанной с велосипедистом?

31. Гусеничный трактор движется со скоростью 3 м/с. Найти проекции векторов скоростей верхней и нижней части гусеницы на оси X и X_1. Ось X связана с землёй, а ось X_1 — с трактором. Обе оси направлены по ходу движения трактора.

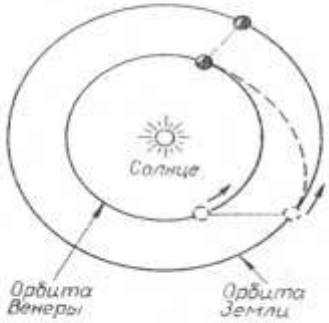

Рис. 11

32. Эскалатор метро движется со скоростью 0,8 м/с. Найти время, за которое пассажир переместится на 40 м относительно земли, если он сам идет в направлении движения со скоростью 0,2 м/с в системе отсчета, связанной с эскалатором.

[1] В этой и последующих задачах, если нет специальных оговорок, указана скорость в системе отсчета, связанной с землей.

33. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями 36 и 54 км/ч. Пассажир, находящийся в первом поезде, замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 6 с. Какова длина второго поезда?

34. Скорость движения лодки относительно воды в n раз больше скорости течения реки. Во сколько раз больше времени занимает поездка на лодке между двумя пунктами против течения, чем по течению? Решить задачу для значений $n=2$ и $n=11$.

35*. Расстояние $s=240$ м необходимо проехать на лодке туда и обратно один раз по реке, скорость течения которой $v_1=1$ м/с, а другой раз по озеру. Скорость лодки относительно воды оба раза $v_2=5$ м/с. Решив задачу в общем виде, доказать, что поездка туда и обратно по реке всегда занимает больше времени, чем по озеру. На сколько время движения лодки по реке в данном случае больше времени ее движения по озеру?

36. Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. Сколько времени будет подниматься идущий вверх пассажир по движущемуся эскалатору?

37. Легковой автомобиль движется со скоростью 20 м/с за грузовым, скорость которого 16,5 м/с. В момент начала обгона водитель легкового автомобиля увидел встречный междугородный автобус, движущийся со скоростью 25 м/с. При каком наименьшем расстоянии до автобуса можно начинать обгон, если в начале обгона легковая машина была в 15 м от грузовой, а к концу обгона она должна быть впереди грузовой на 20 м?

38*. На рисунке 12 приведены графики I движения велосипедиста и II движения мотоциклиста в системе отсчета, связанной с землей. Написать уравнение движения велосипедиста в системе отсчета, связанной с мотоциклистом, и построить график его движения в этой системе.

39*. На рисунке 13 изображен график движения второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем. Написать уравнения движений и построить графики в системе отсчета, связанной с землей (начало координат расположить в месте нахождения первого автомобиля в начальный момент времени), если скорость первого автомобиля относительно земли: а) направлена по оси X и равна 2 м/с; б) направлена по оси X и равна 6 м/с; в) направлена в сторону, противоположную оси X,

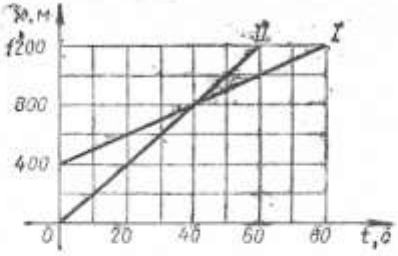

Рис. 12

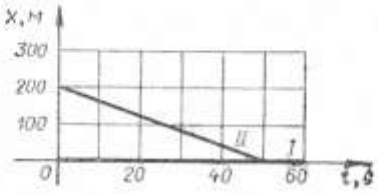

Рис. 13

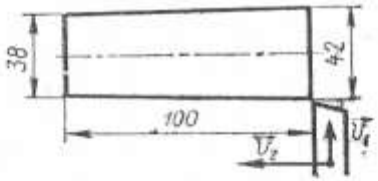

Рис. 14

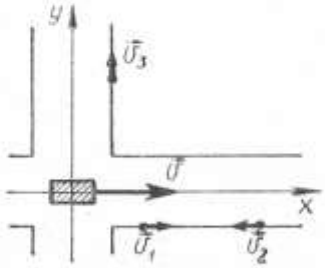

Рис. 15

и равна 2 м/с. Описать картину движения в каждом случае.

40[1]. Скорость продольной подачи резца токарного станка 12 см/мин, а поперечной подачи 5 см/мин. Какова скорость резца в системе отсчета, связанной с корпусом станка?

41. Вертолет летел на север со скоростью 20 м/с. С какой скоростью и под каким углом к меридиану будет лететь вертолет, если подует западный ветер со скоростью 10 м/с?

42. Катер, переправляясь через реку, движется перпендикулярно течению реки со скоростью 4 м/с в системе отсчета, связанной с водой. На сколько метров будет снесен катер течением, если ширина реки 800 м, а скорость течения 1 м/с?

43. На токарном станке вытачивают деталь в форме усеченного конуса (рис. 14). Какова должна быть скорость поперечной подачи резца, если скорость продольной подачи 25 см/мин? Размеры детали (в миллиметрах) указаны на рисунке.

44. Моторная лодка, имеющая в системе отсчета, связанной с водой, скорость 6 м/с, должна переправиться

[1] Эту и последующие задачи данного параграфа можно решать графически.

через реку по кратчайшему пути. Какой курс относительно берега необходимо держать при переправе, если скорость течения реки 2 м/с?

45. Вертолет держит курс на северо-восток под углом 15° к меридиану, но перемещается точно на север. Найти скорость восточного ветра, если скорость вертолета в системе отсчета, связанной с движущимся воздухом, равна 90 км/ч.

46*. В системе отсчета, связанной с землей, трамвай движется со скоростью $v = 2{,}4$ м/с (рис. 15), а три пешехода — с одинаковыми по модулю скоростями $v_1 = v_2 = v_3 = 1$ м/с. Найти: а) модули скоростей пешеходов в системе отсчета, связанной с трамваем; б) проекции векторов скоростей пешеходов на оси координат в этой системе отсчета.

§ 4. Скорость в прямолинейном неравномерном движении

47. Велосипедист за первые 5 с проехал 40 м, за следующие 10 с — 100 м и за последние 5 с — 20 м. Найти средние скорости на каждом из участков и на всем пути.

48*. Автомобиль проехал первую половину пути со скоростью $v_1 = 10$ м/с, а вторую половину пути со скоростью $v_2 = 15$ м/с. Найти среднюю скорость на всем пути. Доказать, что средняя скорость меньше среднего арифметического значения v_1 и v_2.

49. На рисунке 16 воспроизведено со стробоскопической фотографии движение шарика. Найти среднюю скорость движения шарика на участке AB и мгновенную скорость в точке C, зная, что частота съемки 50 раз в 1 с. Натуральная длина спичечного коробка, изображенного на фотографии, равна 50 мм. Движение по горизонтальному участку считать равномерным.

50[1]. При ударе кузнечного молота по заготовке уско-

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа считать движение равноускоренным и прямолинейным. Если нет специальных оговорок, полагать, что движение происходит вдоль оси X, положительное направление которой совпадает с направлением движения в начальный момент времени.

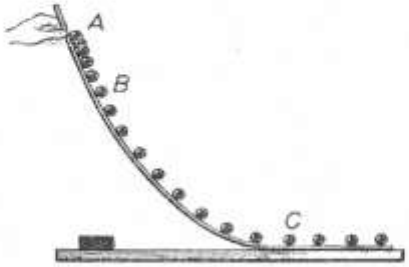

Рис. 16

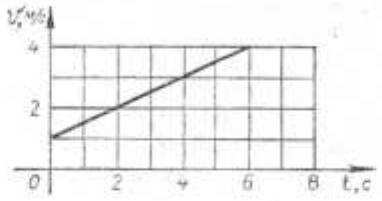

Рис. 17

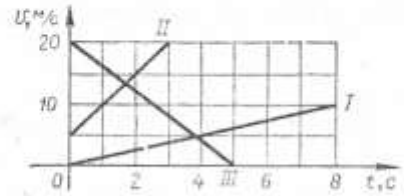

Рис. 18

Рис. 19

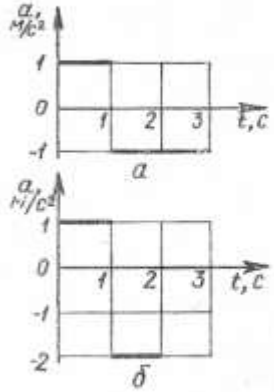

Рис. 20

рение при торможении молота было по модулю равно 200 м/с². Сколько времени длится удар, если начальная скорость молота была 10 м/с?

51. Поезд через 10 с после начала движения приобретает скорость 0,6 м/с. Через сколько времени от начала движения скорость поезда станет равна 3 м/с?

52. Велосипедист движется под уклон с ускорением 0,3 м/с². Какую скорость приобретает велосипедист через 20 с, если его начальная скорость равна 4 м/с?

53. За какое время автомобиль, двигаясь с ускорением 0,4 м/с², увеличит свою скорость с 12 до 20 м/с?

54. Зависимость скорости от времени при разгоне автомобиля задана формулой $v_x = 0{,}8t$. Построить график скорости и найти скорость в конце пятой секунды.

55. Скорость поезда за 20 с уменьшилась с 72 до 54 км/ч. Написать формулу зависимости $v_x(t)$ скорости от времени и построить график этой зависимости.

56. Пользуясь графиком скорости (рис. 17), найти начальную скорость, скорости в начале четвертой и в конце шестой секунд. Вычислить ускорение и написать уравнение $v_x = v_x(t)$.

57. По заданным на рисунке 18 графикам написать уравнения $v_x = v_x(t)$.

58. На рисунке 19 показан вектор скорости в начальный момент времени и вектор ускорения материальной точки. Написать уравнение $v_x = v_x(t)$ и построить его график для первых 6 с движения, если $v_0 = 30$ м/с, $a = 10$ м/с². Найти скорости через 2, 3, 4 с.

59*. По графикам зависимости $a_x(t)$, приведенным на рисунке 20, *а* и *б*, построить графики зависимости $v_x(t)$, считая, что в начальный момент времени ($t = 0$) скорость движения материальной точки равна нулю.

§ 5. Перемещение при равноускоренном движении

60. От остановки одновременно отходят трамвай и троллейбус. Ускорение троллейбуса в два раза больше, чем трамвая. Сравнить пути, пройденные троллейбусом и трамваем за одно и то же время, и приобретенные ими скорости.

61. Шарик, скатываясь с наклонного желоба из состояния покоя, за первую секунду прошел путь 10 см. Какой путь он пройдет за 3 с?

62. На рисунке 21 воспроизведено со стробоскопической фотографии движение шарика по желобу из состояния покоя. Известно, что промежутки времени между двумя последовательными вспышками равны 0,2 с. На шкале указаны деления в дециметрах. Доказать, что движение шарика было равноускоренным. Найти, с каким ускорением двигался шарик. Найти скорости шарика в положениях, зафиксированных на фотографии.

63. За какое время автомобиль, двигаясь из состояния покоя с ускорением 0,6 м/с², пройдет 30 м?

64. Первый вагон трогающегося от остановки поезда проходит за 3 с мимо наблюдателя, находившегося до от-

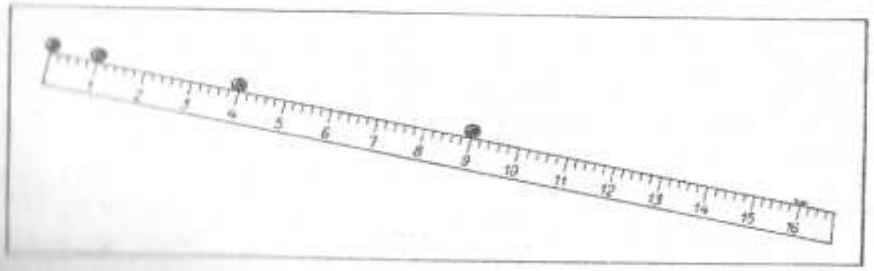

Рис. 21

правления поезда у начала этого вагона. За сколько времени пройдет мимо наблюдателя весь поезд, состоящий из 9 вагонов? Промежутками между вагонами пренебречь.

65. Материальная точка, движущаяся равноускоренно из состояния покоя, прошла за время t_1 путь s_1. За какое время t_2 (от начала движения) она пройдет путь s_2?

66. С каким ускорением движется снаряд в стволе пушки, если длина ствола равна 3 м и время движения в стволе равно 0,009 с? Какова скорость вылета снаряда?

67. Какую скорость приобретает ракета, движущаяся из состояния покоя с ускорением 60 м/с², на пути 750 м?

68. Во сколько раз скорость пули в середине ствола ружья меньше, чем при вылете из ствола?

69. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. Найти тормозной путь.

70. Пуля при вылете из ствола автомата Калашникова имеет скорость 715 м/с. С каким ускорением и сколько времени движется в стволе пуля? Длина ствола 41,5 см.

71. При скорости $v_1=15$ км/ч тормозной путь автомобиля равен $s_1=1{,}5$ м. Каким будет тормозной путь s_2 при скорости $v_2=90$ км/ч? Ускорение в обоих случаях одно и то же.

72. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают движение из состояния покоя. Ускорение мотоциклиста в три раза больше, чем велосипедиста. Во сколько раз большую скорость разовьет мотоциклист: а) за одно и то же время; б) на одном и том же пути?

73. Зависимость скорости материальной точки от времени задана формулой $v_x=6t$. Написать уравнение $x=x(t)$, если в начальный момент $(t=0)$ движущаяся точка находилась в начале координат $(x=0)$. Вычислить путь, пройденный материальной точкой за 10 с.

74. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x=0{,}4t^2$. Написать формулу зависимости $v_x(t)$ и построить ее график. Показать на графике штриховкой площадь, численно равную пути, пройденному точкой за 4 с, и вычислить этот путь.

75. Уравнение движения материальной точки имеет вид $x=-0{,}2t^2$. Какое это движение? Найти координату точки через 5 с и путь, пройденный ею за это время.

76. Имея начальную скорость 36 км/ч, троллейбус за 10 с прошел путь: а) 120 м; б) 100 м; в) 80 м. С каким ускорением двигался троллейбус в каждом случае и какие скорости он приобретал в конце пути?

77. Уклон длиной 100 м лыжник прошел за 20 с, двигаясь с ускорением 0,3 м/с². Какова скорость лыжника в начале и в конце уклона?

78. Поезд, двигаясь под уклон, прошел за 20 с путь 340 м и развил скорость 19 м/с. С каким ускорением двигался поезд и какой была скорость в начале уклона?

79. По шоссе движутся автобус, легковой автомобиль и мотоциклист. Если направить вдоль шоссе ось X, как показано на рисунке 8, и выбрать начало отсчета у дерева, то начальные координаты x_0 и проекции на выбранную ось начальных скоростей v_{0x} и ускорений a_x имеют значения, приведенные в таблице.

Вид экипажа	x_0, м	v_{0x}, м/с	a_x, м/с²
Автобус	500	20	−2
Легковой автомобиль	200	−15	−1
Мотоциклист	−300	−10	−0,4

Для каждого тела написать уравнение движения $x=x(t)$ и определить вид движения.

80. Уравнения движения по шоссе (см. рис. 8) велосипедиста, пешехода и бензовоза имеют вид: $x_1=-0{,}4t^2$, $x_2=400-0{,}6t$ и $x_3=-300$ (соответственно). Найти для каждого из тел: координаты в момент начала наблюдения, проекции на ось X начальной скорости и ускорения, а также направление и вид движения.

81. Движения материальных точек заданы следующими уравнениями: а) $x_1=10t+0{,}4t^2$; б) $x_2=2t-t^2$; в) $x_3=-4t+2t^2$; г) $x_4=-t-6t^2$. Написать зависимость $v_x(t)$ для каждого случая; построить графики этих зависимостей; определить вид движения в каждом случае.

82. Написать уравнение $x=x(t)$ для движений, графики скоростей которых даны на рисунке 18. Считать, что в начальный момент $(t=0)$ тело находится в начале координат $(x=0)$.

83. Мальчик съехал на санках с горы длиной 40 м за 10 с, а затем проехал по горизонтальному участку еще 20 м до остановки. Найти скорость в конце горы, ускорения на каждом из участков, общее время движения и

2 Заказ 1396

среднюю скорость на всем пути. Начертить график скорости.

84. Велосипедист начал свое движение из состояния покоя и в течение первых 4 с двигался с ускорением 1 м/с²; затем в течение 0,1 мин он двигался равномерно и последние 20 м — равнозамедленно до остановки. Найти среднюю скорость за все время движения. Построить график $v_x(t)$.

85. Расстояние между двумя станциями поезд прошел со средней скоростью $v_{ср}=72$ км/ч за $t=20$ мин. Разгон и торможение вместе длились $t_1=4$ мин, а остальное время поезд двигался равномерно. Какой была скорость v поезда при равномерном движении?

86. Движения двух автомобилей по шоссе заданы уравнениями $x_1=2t+0{,}2t^2$ и $x_2=80-4t$. Описать картину движения; найти время и место встречи автомобилей; расстояние между ними через 5 с; координату первого автомобиля в тот момент времени, когда второй находился в начале отсчета.

87. Из двух точек, расстояние между которыми 6,9 м, одновременно и в одном направлении начали движение два тела. Первое движется из состояния покоя с ускорением 0,2 м/с². Второе движется вслед за ним с начальной скоростью 2 м/с и ускорением 0,4 м/с². Написать уравнение $x=x(t)$ в системе отсчета, в которой при $t=0$ координаты принимают значения $x_1=6{,}9$ м, $x_2=0$. Найти время и место встречи тел.

§ 6. Линейная и угловая скорости. Ускорение при равномерном движении тела по окружности

88. Частота вращения ветроколеса ветродвигателя 30 об/мин, якоря электродвигателя 1500 об/мин, барабана сепаратора 8400 об/мин, шпинделя шлифовального станка 96 000 об/мин. Вычислить их угловые скорости.

89. За какое время колесо, имеющее угловую скорость 4π рад/с, сделает 100 оборотов?

90. Угловая скорость лопастей вентилятора 20π рад/с. Найти число оборотов за 30 мин.

91. Линейная скорость точек рабочей поверхности наждачного круга диаметром 300 мм не должна превышать 35 м/с. Допустима ли посадка круга на вал электродвигателя, совершающего 1400 об/мин; совершающего 2800 об/мин?

92. Пользуясь измерительной линейкой и зная, на какую частоту вращения рассчитана патефонная пластинка, вычислите модуль касательной составляющей скорости движения иглы относительно пластинки в начале и в конце движения.

93. Возьмите магнитофонную кассету. Пользуясь измерительной линейкой и зная скорость движения ленты, рассчитайте угловую скорость и частоту вращения кассеты в начале и конце прослушивания записи.

94. Найти угловую скорость и частоту вращения барабана лебедки диаметром 16 см при подъеме груза со скоростью 0,4 м/с.

95. Какова линейная скорость точек земной поверхности на широте Ленинграда (60°) при суточном вращении Земли? Радиус Земли принять равным 6400 км.

96. Радиус рукоятки колодезного ворота в 3 раза больше радиуса вала, на который наматывается трос. Какова линейная скорость конца рукоятки при поднятии ведра с глубины 10 м за 20 с?

97. Первая в мире орбитальная космическая станция, образованная в результате стыковки космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5» 16 января 1969 г., имела период обращения 88,85 мин и среднюю высоту над поверхностью Земли 230 км (считая орбиту круговой). Найти среднюю скорость движения станции.

98. При увеличении в 4 раза радиуса круговой орбиты искусственного спутника Земли период его обращения увеличивается в 8 раз. Во сколько раз изменяется скорость движения спутника по орбите?

99. Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее секундной. Найти отношение линейных скоростей концов стрелок.

100. Движение от шкива I (рис. 22) к шкиву IV передается при помощи двух ременных передач. Найти частоту вращения (в об/мин) и угловую скорость шкива IV, если шкив I делает 1200 об/мин, а радиусы шкивов $r_1=8$ см, $r_2=32$ см, $r_3=11$ см, $r_4=55$ см. Шкивы II и III жестко укреплены на одном валу.

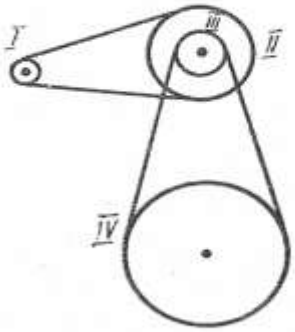

Рис. 22

101. Круглая пила имеет диаметр 600 мм. На ось пилы насажен шкив диаметром 300 мм, который приво-

дится во вращение посредством ременной передачи от шкива диаметром 120 мм, насаженного на вал электродвигателя. Какова линейная скорость зубьев пилы, если вал двигателя совершает 1200 об/мин?

102. Какое расстояние пройдет велосипедист при 60 оборотах педалей, если диаметр колеса 70 см, ведущая зубчатка имеет 48 зубцов, а ведомая — 18 зубцов?

103. Угловая скорость вращения лопастей колеса ветродвигателя 6 рад/с. Найти центростремительное ускорение концов лопастей, если линейная скорость концов лопастей 20 м/с.

104. Найти центростремительное ускорение точек колеса автомобиля, соприкасающихся с дорогой, если автомобиль движется со скоростью 72 км/ч и при этом частота вращения колеса 8 $с^{-1}$.

105. Каково центростремительное ускорение поезда, движущегося по закруглению радиусом 800 м со скоростью 20 м/с?

106. С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы центростремительное ускорение равнялось ускорению свободного падения?

107. Период вращения платформы карусельного станка 4 с. Найти центростремительное ускорение крайних точек платформы, если ее диаметр равен 5 м.

108. Ротор турбины, имеющий диаметр 40 см, вращается с частотой 12 000 об/мин. Каково центростремительное ускорение концов лопаток турбины?

109. Две материальные точки движутся по окружности радиусами R_1 и R_2, причем $R_1=2R_2$. Сравнить их центростремительные ускорения в случаях:

а) равенства их линейных скоростей;

б) равенства их периодов.

110. Радиус рабочего колеса гидротурбины в 8 раз больше, а частота вращения — в 40 раз меньше, чем у паровой турбины. Сравнить линейные скорости и ускорения точек обода колес турбин.

111. Детский заводной автомобиль, двигаясь равномерно, прошел расстояние s за время t. Найти частоту вращения, угловую скорость колес и центростремительное ускорение точек на ободе колеса, если диаметр колеса равен d. При возможности конкретные данные задачи получите опытным путем.

ГЛАВА II

ОСНОВЫ ДИНАМИКИ

§ 7. Первый закон Ньютона. Масса тел. Сила

112. Объяснить, действия каких тел компенсируются в следующих случаях:

а) подводная лодка покоится в толще воды;

б) подводная лодка лежит на твердом дне.

113. Парашютист спускается, двигаясь равномерно и прямолинейно. Объяснить, действия каких тел компенсируются.

114. Мальчик держит на нити шарик, наполненный водородом. Какие действия взаимно компенсируются, если шарик находится в состоянии покоя?

Мальчик выпустил нить. Почему шарик пришел в ускоренное движение?

115. Может ли автомобиль двигаться равномерно по горизонтальному шоссе с выключенным двигателем?

116. На горизонтальном участке пути маневровый тепловоз толкнул вагон. Какие тела действуют на вагон во время толчка и при свободном движении? Как будет двигаться вагон под влиянием этих тел?

117. На стержне (рис. 23), вращающемся с некоторой угловой скоростью, два стальных шарика разных размеров, связанные нерастяжимой нитью, не скользят вдоль стержня при определенном соотношении радиусов r_1 и r_2. Каково соотношение масс шариков, если $r_2=2r_1$? Станут ли двигаться шарики по стержню при увеличении угловой скорости?

118. При колке дров в полене застрял топор. Как лучше ударить о твердую опору: вниз поленом или вниз обухом топора, чтобы расколоть полено?

119[1]. Маневровый тепловоз массой 100 т толкнул покоящийся вагон. Во время взаимодействия ускорение вагона было по модулю в 5 раз больше ускорения тепловоза. Какова масса вагона?

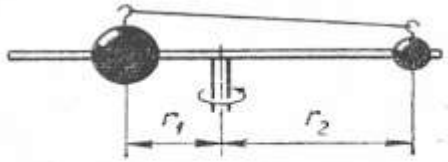

Рис. 23

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа речь идет о средних ускорениях, так как движение во время удара не будет равноускоренным.

120. Сравнить ускорения двух стальных шаров во время столкновения, если радиус первого шара в 2 раза больше радиуса второго. Зависит ли ответ задачи от начальных скоростей шаров?

121. Сравнить ускорения двух шаров одинакового радиуса во время взаимодействия, если первый шар сделан из стали, а второй — из свинца.

122. При столкновении двух тележек, движущихся по горизонтальной плоскости, проекция вектора скорости на ось X первой тележки изменилась от 3 до 1 м/с, а проекция вектора скорости второй тележки на ту же ось изменилась от —1 до +1 м/с. Ось X связана с землей, расположена горизонтально, и ее положительное направление совпадает с направлением вектора начальной скорости первой тележки. Описать движение тележек до и после взаимодействия. Сравнить массы тележек.

123[1]**.** Два тела массами 400 и 600 г двигались друг другу навстречу и после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 3 м/с?

124. Вагон массой 60 т подходит к неподвижной платформе со скоростью 0,2 м/с и ударяет буферами, после чего платформа получает скорость 0,4 м/с. Какова масса платформы, если после удара скорость вагона уменьшилась до 0,1 м/с?

125. Мяч после удара футболиста летит вертикально вверх. Указать и сравнить силы, действующие на мяч:

а) в момент удара;
б) во время полета мяча вверх;
в) во время полета мяча вниз;
г) при ударе о землю.

126. Указать и сравнить силы, действующие на шарик в следующих случаях:

а) шарик лежит на горизонтальном столе;
б) получает толчок от руки;
в) катится по столу;
г) летит со стола.

127. Человек стоит в лифте. Указать и сравнить силы, действующие на него в следующих случаях:

а) лифт неподвижен;

[1] При решении этой и ряда последующих задач необходимо в каждом случае по смыслу условия или ответа уяснить себе, идет ли речь о модулях векторных величин или об их проекциях на ту или иную ось.

б) лифт начинает движение вверх;
в) лифт движется равномерно;
г) лифт замедляет движение до остановки.

128. Указать и сравнить силы, действующие на автомобиль, когда он:

а) стоит неподвижно на горизонтальном участке дороги;
б) трогается с места;
в) движется равномерно и прямолинейно по горизонтальному участку;
г) двигаясь равномерно, проходит середину выпуклого моста;
д) двигаясь равномерно, поворачивает;
е) тормозит на горизонтальной дороге.

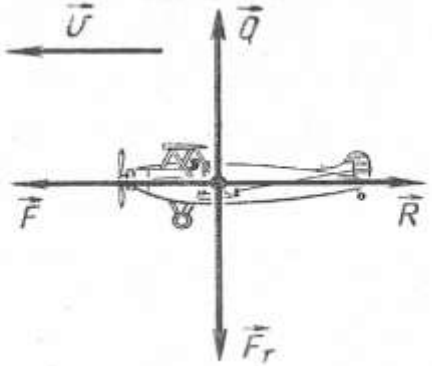

Рис. 24

129. На рисунке 24 показаны силы, действующие на самолет, и направление вектора скорости в какой-то момент времени ($\vec{F}$ — сила тяги, $\vec{R}$ — сила лобового сопротивления, $\vec{F_т}$ — сила тяжести, $\vec{Q}$ — подъемная сила). Как движется самолет, если: а) $F_т = Q$, $F = R$; б) $F_т = Q$, $F > R$; в) $F_т > Q$, $F = R$; г) $F_т < Q$, $F = R$?

§ 8. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона[1]

130. Трактор, сила тяги которого на крюке 15 кН, сообщает прицепу ускорение 0,5 м/с². Какое ускорение сообщит тому же прицепу трактор, развивающий тяговое усилие 60 кН?

131. Сила 60 Н сообщает телу ускорение 0,8 м/с². Какая сила сообщит этому телу ускорение 2 м/с²?

132. Тело массой 4 кг под действием некоторой силы приобрело ускорение 2 м/с². Какое ускорение приобретает тело массой 10 кг под действием такой же силы?

133. Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начал движение с ускорением 0,3 м/с². Какова масса груза, при-

[1] В задачах этого параграфа силы считать постоянными, а трение, если нет специальных оговорок, не учитывать.

нятого автомобилем, если при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0,2 м/с²?

134. С каким ускорением двигался при разбеге реактивный самолет массой 60 т, если сила тяги двигателей 90 кН?

135. Масса легкового автомобиля равна 2 т, а грузового 8 т. Сравнить ускорения автомобилей, если сила тяги грузового автомобиля в 2 раза больше, чем легкового.

136. На покоящееся тело массой 0,2 кг действует в течение 5 с сила 0,1 Н. Какую скорость приобретет тело и какой путь пройдет оно за указанное время?

137. Мяч массой 0,5 кг после удара, длящегося 0,02 с, приобретает скорость 10 м/с. Найти среднюю силу удара.

138. Порожнему прицепу тягач сообщает ускорение $a_1 = 0{,}4$ м/с², а груженому $a_2 = 0{,}1$ м/с². Какое ускорение сообщит тягач обоим прицепам, соединенным вместе? Силу тяги тягача считать во всех случаях одинаковой.

139. Под действием некоторой силы тележка, двигаясь из состояния покоя, прошла путь 40 см. Когда на тележку положили груз 200 г, то под действием той же силы за то же время тележка прошла из состояния покоя путь 20 см. Какова масса тележки?

140. На рисунке 25 дан график изменения скорости тела массой 2 кг. Найти силу, действующую на тело на каждом этапе движения.

141. В известных опытах О. Герике (1654 г.) с магдебургскими полушариями по изучению атмосферного давления, чтобы разнять два полушария, из которых был выкачан воздух, впрягали шестнадцать лошадей (по восемь к каждому полушарию). Можно ли обойтись в таком опыте меньшим количеством лошадей?

142. Сравнить силу давления штангиста на помост, когда он выжимает штангу с груди на вытянутые руки,

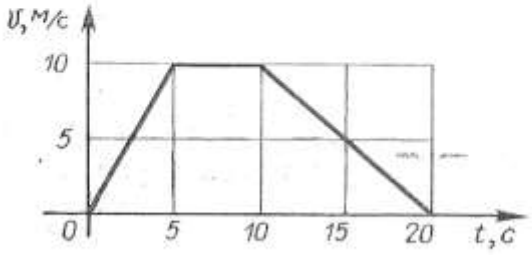

Рис. 25

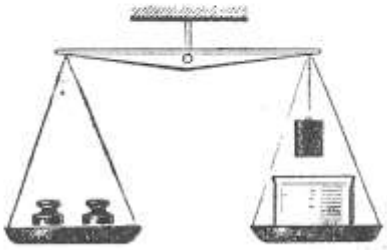

Рис. 26

с силой давления, когда он штангу держит неподвижно. Считать, что сначала штанга движется ускоренно, затем некоторое время равномерно и, наконец, замедленно.

143. Что произойдет с космонавтом при свободном полете космического корабля, если он выпустит (без толчка) из рук массивный предмет? если он бросит его?

144. Почему лодка не сдвигается с места, когда человек, находящийся в ней, давит на борт, и приходит в движение, если человек выйдет из лодки и будет толкать ее с такой же силой?

145. Барон Мюнхгаузен утверждал, что вытащил сам себя из болота за волосы. Обосновать невозможность этого.

146. Нарушится ли равновесие весов (рис. 26), если удлинить нить так, чтобы гиря оказалась полностью погруженной в воду, но не касалась дна? если обрезать нить и положить гирю на дно?

147. Что покажут динамометры (рис. 27), если верхний опустить так, чтобы груз объемом 0,2 дм³ оказался полностью погруженным в воду, но не касался дна сосуда?

148*. На одной чашке весов находится сосуд с водой, а на другой — штатив, на котором подвешено алюминиевое тело массой 54 г; при этом весы находятся в равновесии (рис. 28). Если, удлинив нить, погрузить гирю в воду, то равновесие нарушится. Какой груз надо положить на правую чашку весов, чтобы восстановить равновесие?

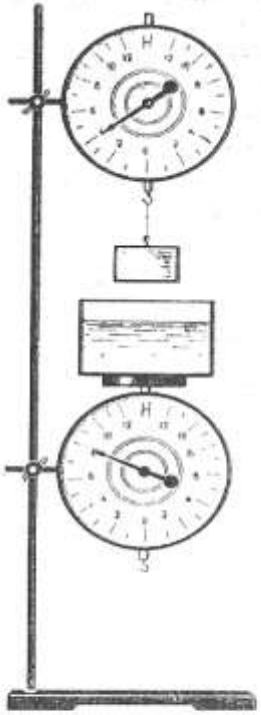

Рис. 27

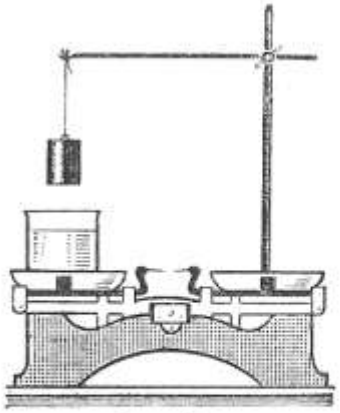

Рис. 28

§ 9. Силы упругости. Гравитационные силы

149. Найти жесткость пружины, которая под действием силы 2 Н удлинилась на 4 см.

150. Используя линейку и грузы известной массы, найдите жесткость резинового жгутика или тесьмы. Учтите, что монеты 1, 2, 3 и 5 коп. имеют соответственно массы 1, 2, 3 и 5 г.

151. Две пружины равной длины, скрепленные одними концами, растягивают за свободные концы руками. Пружина с жесткостью 100 Н/м удлинилась на 5 см. Какова жесткость второй пружины, если ее удлинение равно 1 см?

152. На рисунке 29 изображены графики зависимости удлинения от приложенной силы для стальной (I) и медной (II) проволок равной длины и диаметра. Сравнить жесткость проволок.

153. На рисунке 30 приведен график зависимости изменения длины резинового жгута от приложенной к нему силы. Найти жесткость жгута.

154. Жесткость данного куска проволоки равна k. Чему равна жесткость половины этого куска проволоки? Ответ обосновать.

155. Во сколько раз отличается жесткость троса, свитого из шести проволок, от жесткости одной проволоки этого троса?

156. Показать рассуждением, что жесткость проволоки (или стержня), сделанной из данного материала, прямо пропорциональна площади поперечного сечения и обратно пропорциональна длине.

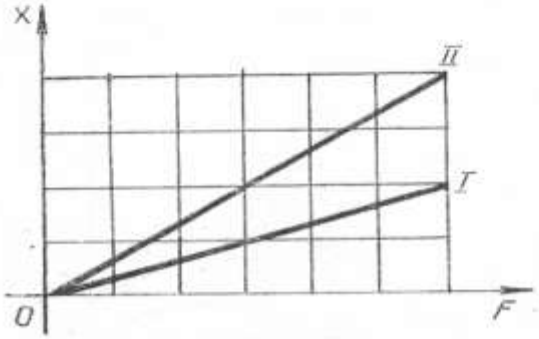

Рис. 29

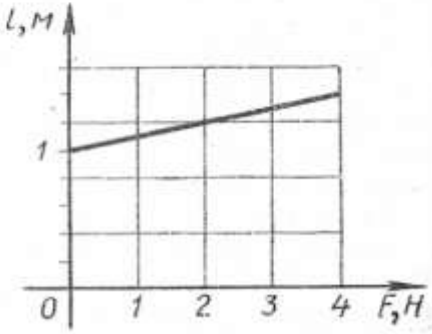

Рис. 30

157. Найти удлинение буксирного троса с жесткостью 100 кН/м при буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением 0,5 м/с². Трением пренебречь.

158. Оценить порядок значения силы взаимного тяготения двух кораблей, удаленных друг от друга на 100 м, если масса каждого из них 10 000 т. Почему в этой и следующей задачах можно оценить лишь порядок значения силы?

159. Найти силу гравитационного взаимодействия Земли и Луны, если масса Земли $5{,}98 \cdot 10^{24}$ кг, масса Луны $7{,}35 \cdot 10^{22}$ кг и среднее расстояние между ними $3{,}84 \cdot 10^{8}$ м.

160. Во сколько раз уменьшается сила притяжения к Земле космической ракеты при ее удалении от поверхности Земли на расстояние, равное радиусу Земли? пяти радиусам Земли?

161. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения космического корабля к ней станет в 100 раз меньше, чем на поверхности Земли?

162. Советская автоматическая межпланетная станция «Венера-6» 10 января 1969 г. находилась на расстоянии около $1{,}5 \cdot 10^{5}$ км от центра Земли. Во сколько раз сила притяжения станции к Земле была меньше, чем на поверхности Земли?

163. Каково ускорение свободного падения на высоте, равной половине радиуса Земли?

164. Советская космическая ракета 12 сентября 1959 г. доставила на Луну вымпел Советского Союза. Во сколько раз сила притяжения вымпела на Луне меньше, чем на Земле, если радиус Луны приблизительно в 3,8 раза меньше радиуса Земли, а ее масса в 81 раз меньше массы Земли?

165. Радиус планеты Марс составляет 0,53 радиуса Земли, а масса — 0,11 массы Земли. Зная ускорение свободного падения на Земле, найти ускорение свободного падения на Марсе.

166. Среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно 60 земным радиусам, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. В какой точке прямой, соединяющей их центры, тело будет притягиваться к Земле и Луне с одинаковыми силами?

167. Средняя плотность Венеры $\rho = 5200$ кг/м³, а радиус планеты $R = 6100$ км. Найти ускорение свободного падения на поверхности Венеры.

§ 10. Силы трения. Коэффициент трения. Силы сопротивления среды

168. Положите на стол стальной предмет (гвоздь, перо и т. д.). На достаточно большом расстоянии от него положите магнит и постепенно приближайте магнит к предмету. Почему, несмотря на то что сила притяжения по мере приближения магнита увеличивается, тело сначала остается в покое, а затем «рывком» притягивается к магниту?

169. На грузовом автомобиле перевозят контейнер по горизонтальной дороге. От чего зависит и как направлена сила трения покоя, действующая на контейнер, когда автомобиль: а) покоится; б) ускоряет движение; в) движется равномерно и прямолинейно; г) двигаясь равномерно, поворачивает; д) тормозит? Во всех случаях контейнер покоится относительно автомобиля.

170. На столике в вагоне поезда лежат коробка конфет и яблоко. Почему в начале движения яблоко покатилось назад (относительно вагона), а коробка конфет осталась на месте?

171. Положите на лист бумаги предмет. Тяните лист по столу сначала плавно (с небольшим ускорением), затем рывком. Объясните результат опыта.

172. Гибкую веревку или шнур растяните на столе перпендикулярно краю стола. Постепенно свешивайте часть веревки со стола до тех пор, пока веревка не придет в движение. Измерив длину всей веревки l и длину свешенной части x, определите коэффициент трения μ.

173. Упряжка собак при движении саней по снегу может действовать с максимальной силой 0,5 кН. Какой массы сани с грузом может перемещать упряжка, двигаясь равномерно, если коэффициент трения равен 0,1?

174. На соревнованиях лошадей тяжелоупряжных пород одна из них перевезла груз массой 23 т при коэффициенте трения 0,01. Найти силу тяги лошади. Движение считать равномерным.

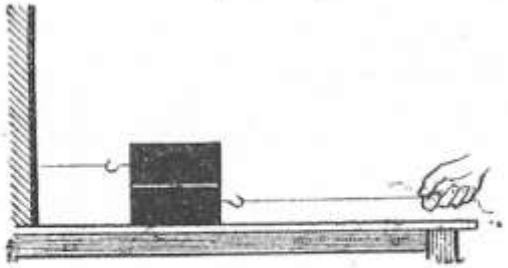

Рис. 31

175. Стальной магнит массой 50 г прилип к вертикально расположенной стальной плите. Для равномерного скольжения магнита вниз прикладывают силу 1,5 Н. С какой силой магнит прижимается к плите? Какую силу надо приложить, чтобы перемещать магнит по плите вертикально вверх, если коэффициент трения равен 0,2?

176. Два деревянных бруска массой по 1 кг каждый лежат на деревянной доске (рис. 31). Какую силу надо приложить, чтобы вытащить нижний брусок из-под верхнего? Коэффициент трения на обеих поверхностях нижнего бруска равен 0,3.

177. Деревянный брусок массой 2 кг тянут равномерно по деревянной доске, расположенной горизонтально, с помощью пружины с жесткостью 100 Н/м. Коэффициент трения равен 0,3. Найти удлинение пружины.

178. Почему космический корабль, отправляемый на Луну с искусственного спутника Земли, может не иметь обтекаемой формы?

179. Зачем, ныряя с вышки, пловец стремится войти в воду в вертикальном, а не горизонтальном положении?

180. Почему легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?

181. Автомобиль движется со скоростью $v_1 = 72$ км/ч по ветру, скорость которого относительно земли равна $v_2 = 15$ м/с. Во сколько раз увеличится сила сопротивления воздуха при движении автомобиля с той же скоростью против ветра? Считать, что сила сопротивления воздуха прямо пропорциональна квадрату относительной скорости.

ГЛАВА III

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ДИНАМИКИ

§ 11. Движение под действием силы тяжести по вертикали[1]

182. Измерьте (или приблизительно оцените) расстояние от вытянутой горизонтально руки до пола и вычислите время падения выпущенного из руки предмета и его скорость при ударе о пол.

183. Найти ускорение свободного падения шарика по рисунку 32, сделанному со стробоскопической фотогра-

[1] При решении задач этого параграфа сопротивление воздуха не учитывать.

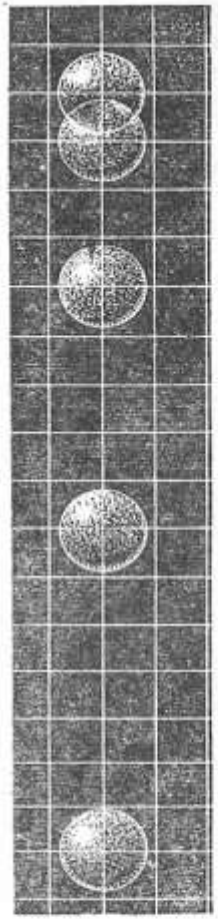

Рис. 32

фии. Интервал между снимками 0,1 с, а сторона каждого квадратика сетки на фотографии в натуральную величину равна 5 см.

184. При свободном падении первое тело находилось в полете в 2 раза больше времени, чем второе. Сравнить конечные скорости тел и их перемещения.

185. На Луне ускорение свободного падения примерно в 6 раз меньше, чем на Земле. Сравнить времена падения и конечные скорости тел при падении с одной и той же высоты.

186. Пловец, спрыгнув с пятиметровой вышки, погрузился в воду на глубину 2 м. Сколько времени и с каким ускорением он двигался в воде?

187. Тело свободно падает с высоты 80 м. Каково его перемещение в последнюю секунду падения?

188*. Сколько времени падало тело, если за последние две секунды оно прошло 60 м?

189*. Чему равно перемещение свободно падающего тела в n-ю секунду после начала падения?

190. Какую начальную скорость надо сообщить камню при бросании его вертикально вниз с моста высотой 20 м, чтобы он достиг поверхности воды через 1 с? На сколько дольше длилось бы падение камня с этой же высоты при отсутствии начальной скорости?

191. Одно тело свободно падает с некоторой высоты h_1; одновременно с ним начинает движение другое тело с большей высоты h_2. Какой должна быть начальная скорость v_0 второго тела, чтобы оба тела упали одновременно?

192. Стрела, выпущенная из лука вертикально вверх, упала на землю через 6 с. Какова начальная скорость стрелы и максимальная высота подъема?

193. Бросьте вертикально вверх мяч. Прикинув высоту поднятия, оцените, какую скорость вы сообщили мячу.

194. Во сколько раз надо увеличить начальную скорость брошенного вверх тела, чтобы высота подъема увеличилась в 4 раза?

195. Во сколько раз больше высота подъема тела, брошенного вертикально вверх на Луне, чем на Земле (см. задачу 185), при одинаковых значениях начальной скорости?

196. Мяч был брошен вертикально вверх два раза. Второй раз ему сообщили скорость, в 3 раза большую, чем первый раз. Во сколько раз выше поднимается мяч при втором бросании?

197. Снаряд зенитной пушки, выпущенный вертикально вверх со скоростью 800 м/с, достиг цели через 6 с. На какой высоте находился самолет противника и какова скорость снаряда при достижении цели? В какую сторону отличаются реальные значения искомых величин от вычисленных?

198. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте и через сколько времени скорость тела (по модулю) будет в 3 раза меньше, чем в начале подъема?

199. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Написать уравнение $y=y(t)$. Найти, через какой промежуток времени тело будет на высоте: а) 15 м; б) 20 м; в) 25 м.

200*. С балкона, находящегося на высоте 25 м над поверхностью земли, бросили вертикально вверх мячик со скоростью 20 м/с. Написать формулу зависимости координаты y от времени, выбрав за начало отсчета: а) точку бросания; б) поверхность земли. Найти, через сколько времени мяч упадет на землю.

§ 12. Движение под действием силы тяжести в случае, когда начальная скорость направлена под углом к горизонту[1]

201. Построить на одном чертеже траектории движения двух тел, одновременно брошенных горизонтально с высоты 80 м со скоростями 10 и 20 м/с в масштабе 1 см — 10 м. Сколько времени каждое тело находилось в полете? Какова дальность полета каждого тела?

---

[1] При решении задач этого параграфа сопротивление воздуха не учитывать. Дальность полета тела отсчитывать в горизонтальном направлении.

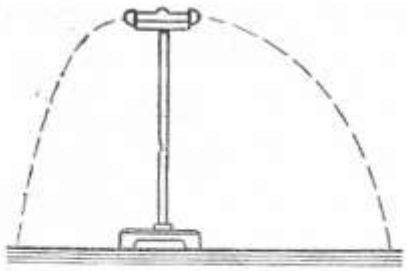

Рис. 33

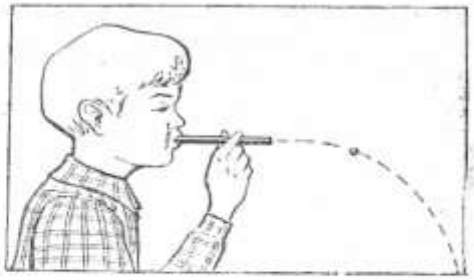

Рис. 34

202. При выстреле из двустороннего пружинного пистолета (рис. 33) «снаряды» вылетели со скоростями 2 и 4 м/с. Каково расстояние между ними через 0,1 с? Длина трубки (первоначальное расстояние между «снарядами») 10 см.

203. Мальчик бросил горизонтально мяч из окна, находящегося на высоте 20 м. Сколько времени летел мяч до земли и с какой скоростью он был брошен, если он упал на расстоянии 6 м от основания дома?

204. Как изменится время и дальность полета тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, если скорость бросания увеличить вдвое?

205. Как и во сколько раз надо изменить скорость тела, брошенного горизонтально, чтобы при высоте, вдвое меньшей, получить прежнюю дальность полета?

206. «Снаряд» пружинного пистолета при выстреле вертикально вверх поднимается на высоту $H=1$ м. Какой будет дальность полета «снаряда», если пистолет установить горизонтально на высоте $h=64$ см? Скорость вылета «снаряда» считать в обоих случаях одинаковой. При возможности выполните эту работу. Измерив H и h, рассчитайте горизонтальную дальность s и проверьте результат на опыте.

207. Шарик, вылетевший под действием воздуха из горизонтально расположенной на высоте 1,5 м трубки длиной 20 см (рис. 34), упал на расстоянии 2,2 м. Найти время полета шарика, скорость его вылета из трубки, время движения в трубке, ускорение внутри трубки. Проделайте подобный опыт и ответьте на вопросы задачи, произведя все необходимые измерения.

208. Мальчик ныряет в воду с крутого берега высотой 5 м, имея после разбега горизонтально направленную скорость 6 м/с. Каковы модуль и направление скорости мальчика при достижении им воды?

209. Дальность полета тела, брошенного в горизонтальном направлении со скоростью $v=10$ м/с, равна высоте бросания. С какой высоты h брошено тело?

210*. В выбранной системе отсчета (рис. 35) указаны положение материальной точки A и ее скорость $v=10$ м/с при $t=0$. На точку действует только сила тяжести, направленная вдоль оси Y. Написать уравнения движения $x=x(t)$ и $y=y(t)$, а также уравнение траектории $y(x)$, если $|OA|=6$ м. Найти положение движущейся точки через 1 с.

211. Снаряд, вылетевший из орудия под углом к горизонту, находился в полете 12 с. Какой наибольшей высоты достиг снаряд?

212. Диск, брошенный под углом 45° к горизонту, достиг наибольшей высоты h. Какова дальность полета диска?

213. Найти высоту подъема и дальность полета сигнальной ракеты, выпущенной со скоростью 40 м/с под углом 60° к горизонту.

214. Спортсмен на соревнованиях, проходивших в Осло, послал копье на 90 м 86 см. На каком расстоянии приземлилось бы копье, если бы оно было пущено с такой же скоростью и под тем же углом к горизонту в Токио? Ускорение свободного падения в Осло 9,819 м/с², а в Токио 9,798 м/с².

215*. На рисунке 36, сделанном со стробоскопической фотографии, показан полет шарика при выстреле из детского пружинного пистолета. Зная, что сторона квадрата

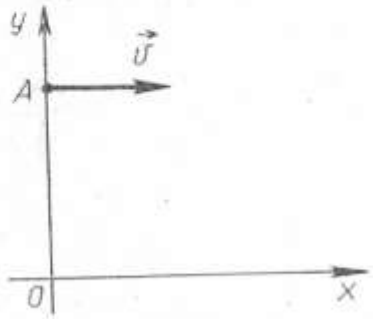

Рис. 35

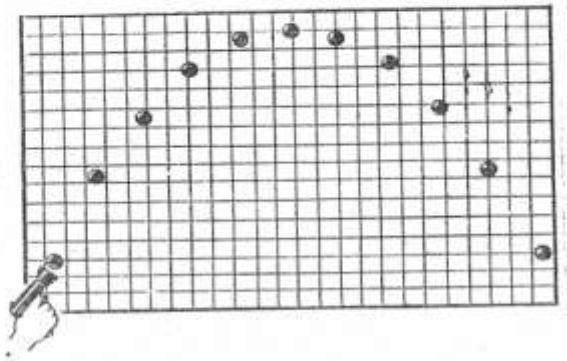

Рис. 36

3 Заказ 1396

клетки равна 5 см, найти: а) время полета шарика; б) интервал между вспышками; в) начальную скорость шарика.

§ 13. Вес тела, движущегося с ускорением. Невесомость. Перегрузки. Движение искусственных спутников и планет

216. Космическая ракета при старте с поверхности Земли движется вертикально с ускорением 20 м/с². Найти вес летчика-космонавта в кабине, если его масса 80 кг. Какую перегрузку испытывает летчик?

217. В лифте находится пассажир массой 60 кг. Найти его вес в начале и конце подъема, а также в начале и конце спуска. Ускорения (по модулю) лифта во всех случаях равны 2 м/с².

218. Космический корабль совершает мягкую посадку на Луну ($g_л = 1{,}6$ м/с²), двигаясь замедленно в вертикальном направлении (относительно Луны) с постоянным ускорением 8,4 м/с². Сколько весит космонавт массой 70 кг, находящийся в этом корабле?

219. С каким ускорением в системе отсчета «звезды» должна лететь ракета в межпланетном пространстве (вдали от тел больших масс), чтобы вес тел относительно ракеты был такой же, как при покое на поверхности Земли?

220. Определить вес мальчика массой 40 кг в положениях A и B (рис. 37), если $R_1 = 20$ м, $v_1 = 10$ м/с, $R_2 = 10$ м, $v_2 = 5$ м/с.

221*. Для тренировок летчиков-космонавтов используется центрифуга, схематически изображенная на рисунке 38. Найти модуль и направление веса космонавта массой 80 кг, если расстояние космонавта до оси вращения 4 м, а частота вращения 30 об/мин.

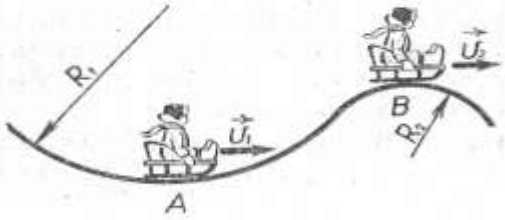

Рис. 37

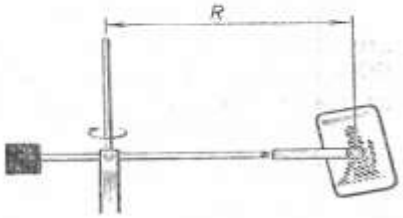

Рис. 38

222. Ракета-носитель вместе с космическим кораблем имеет стартовую массу 300 т. В начале старта космонавты испытывают перегрузку, равную 2,7. Определить силу тяги одного двигателя, если при старте запускаются одновременно четыре одинаковых двигателя.

223. Наибольшее удаление от поверхности Земли космического корабля «Восток», запущенного 12 апреля 1961 г. с первым в мире летчиком-космонавтом Ю. А. Гагариным, было $h = 327$ км. Среднее значение радиуса Земли $R = 6371$ км. На сколько процентов сила тяжести, действовавшая на космонавта на орбите, была меньше силы тяжести, действовавшей на него на Земле? Почему космонавт находился в состоянии невесомости?

224. Как сравнить массы тел при свободном полете космического корабля, пользуясь рычажными весами? пружинными весами?

225. Можно ли в космическом корабле обрабатывать ударом «невесомый» материал «невесомым» молотком? Объяснить.

226. Почему тело, подброшенное на Луне, будет во время полета находиться в состоянии полной невесомости, а на Земле такое тело можно считать невесомым лишь приближенно?

227. С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста радиусом 40 м, чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости?

228. Вычислить первую космическую скорость для Луны, если радиус Луны равен 1700 км, а ускорение свободного падения тел на Луне равно 1,6 м/с².

229. Вычислить первую космическую скорость для Венеры, если масса Венеры $4{,}9 \cdot 10^{24}$ кг, а радиус ее 6100 км.

230. Луна движется вокруг Земли со скоростью около 1 км/с. Среднее расстояние от Земли до Луны $3{,}8 \cdot 10^5$ км. Определить массу Земли.

231. Какую скорость должен иметь искусственный спутник, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 600 км над поверхностью Земли? Каков период его обращения? Радиус Земли принять равным 6400 км.

232*. Доказать, что период обращения искусственного спутника по круговой орбите определяется формулой

$$T = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{GM}}$$

(где M — масса планеты, r — расстояние спутника от ее центра).

233. Космический корабль «Союз-12», выведенный на орбиту 27 сентября 1973 г., имел начальный период обращения 88,6 мин. После проведенных маневров период обращения стал равным 91 мин. Как изменились расстояние до поверхности Земли и скорость движения корабля, если орбиту считать круговой?

234*. Во сколько раз период обращения спутника, движущегося на расстоянии 21 600 км от поверхности Земли, больше периода обращения спутника, движущегося на высоте 600 км от поверхности?

§ 14. Движение под действием силы трения

235. Мальчик массой 50 кг, скатившись на санках с горки, проехал по горизонтальной дороге до остановки путь 20 м за 10 с. Найти силу трения и коэффициент трения.

236. Через сколько времени после начала аварийного торможения остановится автобус, движущийся со скоростью 12 м/с, если коэффициент трения при аварийном торможении равен 0,4?

237. На участке дороги, где установлен дорожный знак, изображенный на рисунке 39, водитель применил аварийное торможение. Инспектор ГАИ обнаружил по следу колес, что тормозной путь равен 12 м. Нарушил ли водитель правила движения, если коэффициент трения (резина по сухому асфальту) равен 0,6?

238[1]. На лист бумаги, расположенный на столе, поместили стакан с водой. С каким ускорением надо привести в движение лист, чтобы стакан стал скользить назад относительно бумаги?

Коэффициент трения между стаканом и бумагой равен 0,3. Изменится ли результат опыта, если стакан будет пустым? Проверьте.

239*. В кузове автомобиля лежит предмет. Когда автомобиль стал трогаться с места с ускорением 1,6 м/с², предмет остался на месте (относительно автомобиля), а при торможении с ускорением 2 м/с² предмет скользил относительно кузова.

В каких пределах заключено значение коэффициента трения?

Рис. 39

[1] В этой и последующих задачах предельный коэффициент трения покоя считать равным коэффициенту трения скольжения.

240. Что должен сделать водитель машины, подъезжая к крутому повороту? Почему водитель должен быть особенно внимателен в сырую погоду, во время листопада или при гололеде?

241. На горизонтальной дороге автомобиль делает поворот радиусом 16 м. Какова наибольшая скорость, которую может развивать автомобиль, чтобы его не занесло, если коэффициент трения скольжения колес о дорогу равен 0,4? Во сколько раз изменится эта скорость зимой, когда коэффициент трения станет меньше в 4 раза?

242. Найти наименьший радиус дуги для поворота автомашины, движущейся по горизонтальной дороге со скоростью 36 км/ч, если коэффициент скольжения колес о дорогу 0,25.

243. Горизонтально расположенный диск проигрывателя вращается с частотой 78 об/мин. На него поместили небольшой предмет. Предельное расстояние от предмета до оси вращения, при котором предмет удерживается на диске, равно 7 см. Каков коэффициент трения между предметом и диском? При возможности определите этим способом коэффициент трения, поместив на диске проигрывателя ученическую резинку, спичку или монету.

§ 15. Движение под действием нескольких сил

ДВИЖЕНИЕ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ И ВЕРТИКАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

244. Брусок массой 400 г, прицепленный к динамометру, двигают равномерно по горизонтальной поверхности. Динамометр показывает при этом 1 Н. Другой раз брусок двигали по той же поверхности с ускорением. При этом динамометр уже показывал 2 Н. Каким было ускорение?

245. Автобус, масса которого с полной нагрузкой равна 15 т, трогается с места с ускорением 0,7 м/с². Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления движению[1] равен 0,03.

[1] Коэффициент сопротивления качению экипажа учитывает все виды трения (колес о дорогу, в осях и т. д.) и показывает, какую часть от силы нормального давления составляет сила сопротивления.

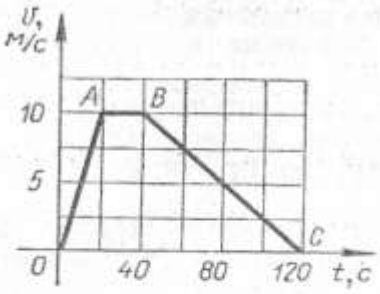

Рис. 40

246. Электровоз при трогании с места железнодорожного состава развивает максимальную силу тяги 650 кН. Какое ускорение он сообщит составу массой 3250 т, если коэффициент сопротивления равен 0,005?

247. Автомобиль массой 14 т, трогаясь с места, проходит первые 50 м за 10 с. Найти силу тяги, если коэффициент сопротивления равен 0,05.

248. Троллейбус массой 10 т, трогаясь с места, приобрел на пути 50 м скорость 10 м/с. Найти коэффициент сопротивления, если сила тяги равна 14 кН.

249. Какой массы состав может вести тепловоз с ускорением 0,1 м/с² при коэффициенте сопротивления 0,005, если он развивает максимальное тяговое усилие 300 кН?

250. Коэффициент тяги (отношение силы тяги к силе тяжести) автомобиля $k=0{,}11$. С каким ускорением a движется автомобиль при коэффициенте сопротивления $\mu=0{,}06$?

251*. На рисунке 40 приведен упрощенный график изменения скорости автобуса при движении между двумя остановками. Считая силу сопротивления постоянной и зная, что на участке, соответствующем отрезку BC графика, сила тяги равна нулю, найти силу тяги на участках, соответствующих отрезкам OA и AB. Масса автобуса 4 т.

252. При каком ускорении разорвется трос, прочность которого на разрыв равна 15 кН, при подъеме груза массой 500 кг?

253. Подъемный кран поднимает груз массой 1 т. Какова сила натяжения троса в начале подъема, если груз двигается (очень кратковременно) с ускорением 25 м/с²?

254. Спортсмен массой 65 кг, прыгая с десятиметровой вышки, входит в воду со скоростью 13 м/с. Найти среднюю силу сопротивления воздуха.

255. С высоты 25 м предмет падал в течение 2,5 с. Какую часть составляет средняя сила сопротивления воздуха от силы тяжести?

256*. Стальную отливку массой m поднимают из воды при помощи троса, жесткость которого равна k, с ускорением a. Плотность стали ρ_1, плотность воды ρ_2. Найти удлинение x троса. Сопротивлением воды пренебречь.

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА В ГАЗЕ ИЛИ В ЖИДКОСТИ

257. При каком соотношении сил, действующих на пузырек воздуха, поднимающегося со дна водоема, движение пузырька становится равномерным?

258*. Почему крупные капли дождя падают с большей скоростью, чем мелкие?

259. Стальной и деревянный шарики одинакового объема падают с достаточно большой высоты. Который из них раньше упадет на землю?

260. Встав на стул, выпустите одновременно с одной и той же высоты два одинаковых пустых коробка спичек: один — плашмя, другой — ребром. Какой из них упадет раньше? Объясните явление.

261. Выпустите одновременно с одной и той же высоты пустой и полный коробки спичек в одном положении (например, плашмя). Какой из них упадет раньше? Объясните явление.

262. Вырежьте из бумаги кружок чуть меньшего диаметра, чем монета. Отпустите одновременно монету и кружок. Какое из этих тел упадет раньше? Объясните явление. Положите бумажный кружок на монету и отпустите так, чтобы система падала монетой вниз. Опишите и объясните явление.

ДВИЖЕНИЕ ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

263[1]. На наклонной плоскости длиной 13 м и высотой 5 м лежит груз массой 26 кг. Коэффициент трения равен 0,5. Какую силу надо приложить к грузу вдоль плоскости, чтобы втащить груз? чтобы стащить груз?

264. Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой 600 кг по эстакаде с углом наклона 20°, если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

265. При проведении лабораторной работы были получены следующие данные: длина наклонной плоскости 1 м, высота 20 см, масса деревянного бруска 200 г, сила тяги, измеренная динамометром при движении бруска вверх, 1 Н. Найти коэффициент трения.

266. На наклонной плоскости длиной 50 см и высотой 10 см покоится брусок массой 2 кг. При помощи динамометра, расположенного параллельно плоскости, брусок

[1] В задачах 263—268 движение считать равномерным.

сначала втащили вверх по наклонной плоскости, а затем стащили вниз. Найти разность показаний динамометра.

267*. Чтобы удерживать тележку на наклонной плоскости с углом наклона α, надо приложить силу F_1, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы втаскивать вверх, надо приложить силу F_2. Найти коэффициент сопротивления.

268. Наклонная плоскость расположена под углом $\alpha=30°$ к горизонту. При каких значениях коэффициента трения μ втаскивать по ней груз труднее, чем поднимать его вертикально?

269. На наклонной плоскости длиной 5 м и высотой 3 м находится груз массой 50 кг. Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы удержать этот груз? втаскивать равномерно вверх? втаскивать с ускорением 1 м/с²? Коэффициент трения 0,2.

270[1]. Автомобиль массой 4 т движется в гору с ускорением 0,2 м/с². Найти силу тяги, если уклон равен 0,02 и коэффициент сопротивления 0,04.

271. Поезд массой 3000 т движется вниз под уклон, равный 0,003. Коэффициент сопротивления движению равен 0,008. С каким ускорением движется поезд, если сила тяги локомотива равна: а) 300 кН; б) 150 кН; в) 90 кН?

272. Мотоцикл массой 300 кг начал движение из состояния покоя на горизонтальном участке дороги. Затем дорога пошла под уклон, равный 0,02. Какую скорость приобрел мотоцикл через 10 с после начала движения, если движение на горизонтальном участке заняло половину времени? Сила тяги и коэффициент сопротивления движению на всем пути постоянны и соответственно равны 180 Н и 0,04.

273. С каким ускорением a скользит брусок по наклонной плоскости с углом наклона $\alpha=30°$ при коэффициенте трения $\mu=0{,}2$?

---

[1] Уклон измеряется отношением высоты h наклонной плоскости к ее длине l и равен синусу угла α наклона плоскости к горизонту:

$$\frac{h}{l}=\sin\alpha.$$

В этой и ряде других задач уклон мал ($\frac{h}{l}\leqslant 0{,}1$), поэтому можно отношение основания наклонной плоскости b к ее длине l считать приблизительно равным единице:

$$\frac{b}{l}=\cos\alpha\approx 1$$

274*. В момент начала свободного падения первого тела (рис. 41) второе тело стало скользить без трения с наклонной плоскости, имеющей угол наклона α. Сравнить конечные скорости тел у основания наклонной плоскости и времена их движения.

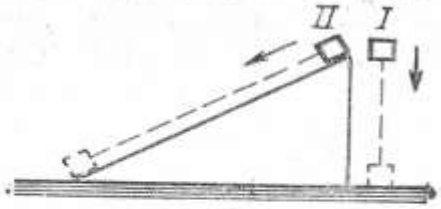

Рис. 41

ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

275. С какой силой, направленной горизонтально, давит вагон трамвая массой 24 т на рельсы, если он движется по закруглению радиусом 100 м со скоростью 18 км/ч? Во сколько раз изменится эта сила, если скорость движения увеличится в 2 раза?

276. Автомобиль массой 2 т проходит по выпуклому мосту, имеющему радиус кривизны 40 м, со скоростью 36 км/ч. С какой силой автомобиль давит на мост в его середине?

277. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с?

278. На конце стержня длиной 1 м укреплен груз массой 0,4 кг, приводимый во вращение в вертикальной плоскости с постоянной угловой скоростью. С какой силой действует груз на стержень в верхней и нижней точках траектории при частоте вращения: а) 0,4 с⁻¹; б) 0,5 с⁻¹; в) 1 с⁻¹?

279. Конькобежец движется со скоростью 10 м/с по окружности радиусом 30 м. Под каким углом к горизонту он должен наклониться, чтобы сохранить равновесие?

280. Дорожка для велосипедных гонок имеет закругление радиусом 40 м. В этом месте дорожка сделана с наклоном 40° к горизонту. На какую скорость езды рассчитан такой наклон?

281. С какой максимальной скоростью может ехать мотоциклист по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиусом 100 м, если коэффициент трения резины о почву 0,4? На какой угол от вертикального положения он при этом отклоняется?

282*. Груз, подвешенный на нити длиной $l=60$ см, двигаясь равномерно, описывает в горизонтальной плоскости

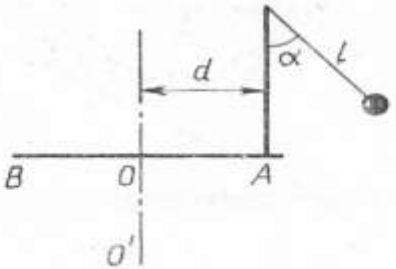

Рис. 42

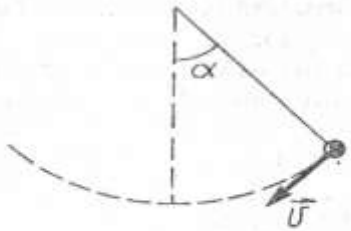

Рис. 43

окружность. С какой скоростью v движется груз, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол $\alpha=30°$?

283*. На доске BA (рис. 42), равномерно вращающейся вокруг вертикальной оси OO', укреплен на вертикальной стойке, отстоящей от оси вращения на расстоянии $d=5$ см, отвес. Какова частота вращения доски, если нить отвеса длиной $l=8$ см отклонилась от вертикали на угол $\alpha=40°$?

284. Найти силу упругости нити F в момент, соответствующий рисунку 43, если масса груза равна $m=100$ г, скорость $v=2$ м/с, угол $\alpha=60°$, длина нити $l=40$ см.

ДВИЖЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ

285. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, помещены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движется система? Какова сила натяжения шнура во время движения?

286. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами m и $2\,m$. Какова будет сила натяжения нити, если: а) поддерживать ладонью груз большей массы, не давая системе двигаться; б) удерживать меньший груз; в) освободить систему?

287. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошел путь 1,2 м. Найти ускорение свободного падения, исходя из данных опыта.

288*. На концах нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены тела массой по 240 г каждое. Какой добавочный груз надо положить на одно из тел, чтобы каждое из них прошло за 4 с путь, равный 160 см?

289. Вертолет массой 30 т поднимает на тросах вертикально вверх груз массой 10 т с ускорением 1 м/с². Найти силу тяги вертолета и силу, действующую со стороны груза на прицепной механизм вертолета.

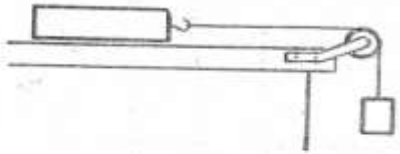

Рис. 44

290. Маневровый тепловоз массой 100 т тянет два вагона массой по 50 т каждый с ускорением 0,1 м/с². Найти силу тяги тепловоза и силу натяжения сцепок, если коэффициент сопротивления движению равен 0,006.

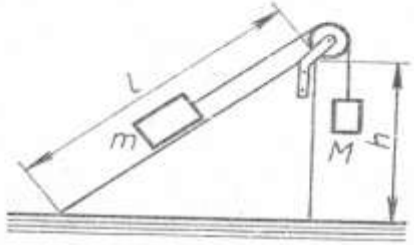

Рис. 45

291. Брусок массой 400 г под действием груза массой 100 г (рис. 44) проходит из состояния покоя путь 8 см за 2 с. Найти коэффициент трения.

292*. Электровоз тянет состав, состоящий из n одинаковых вагонов, с ускорением a. Найти силу натяжения сцепки между k-м (считая от начала состава) и $(k+1)$-м вагонами, если масса каждого вагона m, а коэффициент сопротивления μ.

293*. Какова сила трения, действующая на брусок массой m (рис. 45), с каким ускорением движутся грузы и какова сила натяжения нити, если $h=60$ см, $l=1$ м, $m=0{,}5$ кг, $\mu=0{,}25$? Решить задачу при следующих значениях массы M: а) 0,1 кг; б) 0,25 кг; в) 0,3 кг; г) 0,35 кг; д) 0,5 кг.

ГЛАВА IV

ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИКИ

§ 16. Равновесие невращающихся тел

294. Могут ли силы 10 и 14 Н, приложенные в одной точке, дать равнодействующую, равную 2, 4, 10, 24, 30 Н?

295. Найти равнодействующую трех сил по 200 Н каждая, если углы между первой и второй силами и между второй и третьей силами равны 60°.

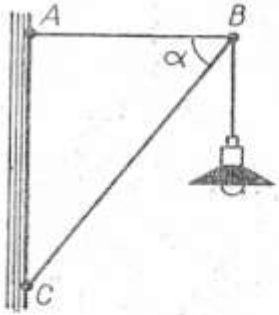

Рис. 46

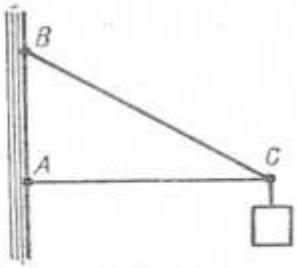

Рис. 47

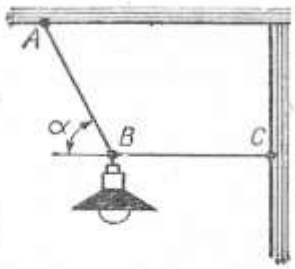

Рис. 48

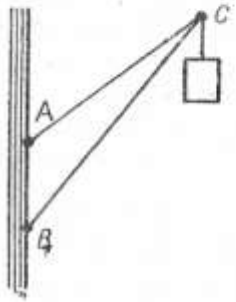

Рис. 49

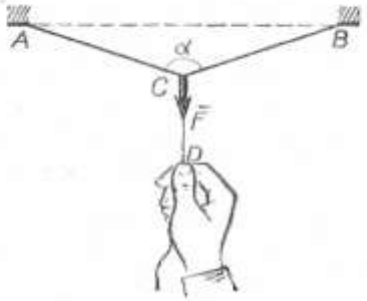

Рис. 50

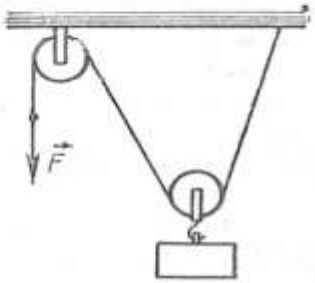

Рис. 51

296. На парашютиста массой 90 кг в начале прыжка действует сила сопротивления воздуха, вертикальная составляющая которой равна 500 Н и горизонтальная — 300 Н. Найти равнодействующую всех сил.

297. На реактивный самолет действуют в вертикальном направлении сила тяжести 550 кН и подъемная сила 555 кН, а в горизонтальном направлении — сила тяги 162 кН и сила сопротивления воздуха 150 кН. Найти равнодействующую (по модулю и направлению).

298. На гвоздь, вбитый в стену перпендикулярно к ней, действует сила 200 Н под углом 30° к стене. Найти составляющие этой силы, из которых одна вырывает гвоздь, а вторая изгибает его.

299. Найти силы, действующие на стержни AB и BC (рис. 46), если $\alpha = 60°$, а масса лампы 3 кг.

300. К концу стержня AC (рис. 47) длиной 2 м, укрепленного шарнирно одним концом к стене, а с другого конца поддерживаемого тросом BC длиной 2,5 м, подвешен груз массой 120 кг. Найти силы, действующие на трос и стержень.

301. Электрическая лампа (рис. 48) подвешена на шнуре и оттянута горизонтальной оттяжкой. Найти силу натяжения шнура AB и оттяжки BC, если масса лампы 1 кг, а угол $\alpha = 60°$.

302. Найти силы, действующие на подкос BC и тягу AC (рис. 49), если $|AB| = 1{,}5$ м, $|AC| = 3$ м, $|BC| = 4$ м, а масса груза 200 кг.

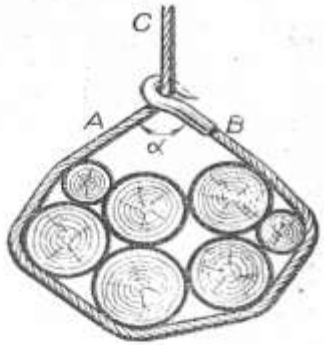

Рис. 52

303. К середине горизонтально натянутой веревки между точками A и B привязан тонкий шнур CD (рис. 50). Если потянуть шнур вертикально вниз, то может оказаться, что веревка разорвется, а шнур останется целым, хотя прочность веревки значительно больше прочности шнура. Объяснить причину. Вывести зависимость силы натяжения веревки от приложенной силы F и угла α.

304. Даст ли подвижный блок в случае, представленном на рисунке 51, выигрыш в силе в 2 раза? Как изменяется по модулю прикладываемая к тросу сила $\vec{F}$ по мере поднятия груза? Трение и вес блока не учитывать.

305. Бревна поднимают тросом так, как показано на рисунке 52. Где натяжение троса больше: в частях петли A и B или в части C, если угол α равен 90°? 120°? 150°?

306. Сравнить силы, которые необходимо прилагать для перемещения санок в случаях, изображенных на рисунке 53. Санки считать материальной точкой и коэффициент трения — постоянным на всем пути.

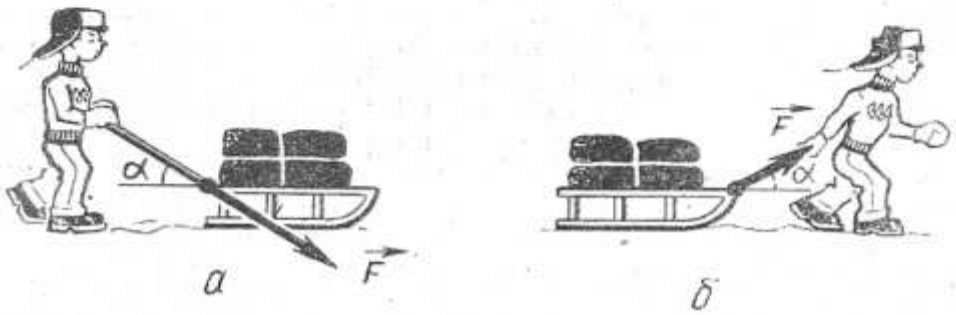

Рис. 53

307*. Груз массой m перемещают с постоянной скоростью по горизонтальной плоскости тросом, расположенным под углом α к горизонту. Найти силу натяжения троса, если коэффициент трения равен μ. Груз считать материальной точкой. Проанализировать полученный ответ для предельных случаев: $\alpha=0°$ и $\alpha=90°$.

§ 17. Момент силы. Правило моментов. Центр тяжести. Устойчивость тел

308. Как изменяется опрокидывающий момент силы тяжести ковша (см. рис. 1) по мере его поднятия?

309. В задаче 300 (см. рис 47) указаны размеры кронштейна и масса груза. Найти моменты силы тяжести груза относительно точек A, B и C.

310. По условию задачи 299 найти моменты силы тяжести лампы относительно точек A, B и C, если $|CB|=1$ м.

311. Во время урагана сосны ломаются гораздо чаще, чем ели. Назовите одну из главных причин этого явления.

312. Чтобы удержать дверь открытой, иногда закладывают на полу камень или кирпич в щель у дверных петель. Почему это может привести к повреждению двери?

313. На рисунке 54 показан рабочий, удерживающий доску. В каком случае он прикладывает меньшую силу: когда эта сила направлена перпендикулярно доске (как показано на рисунке) или когда она направлена вертикально вверх?

314. Маленький шарик массой m подвешен на нити длиной l и отклонен на угол α от вертикали. Выразить зависимость момента силы тяжести относительно точки подвеса от угла α.

315[1]. Доска массой 10 кг подперта на расстоянии $^1/_4$ ее длины. Какую силу, перпендикулярную доске, надо приложить к ее короткому концу, чтобы удержать доску в равновесии?

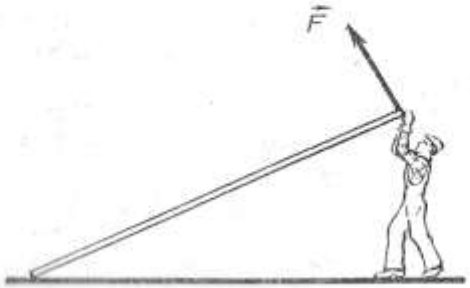

Рис. 54

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа рассматриваемые тела (балку, рельс, трубу и т. п.), если нет специальных оговорок, считать расположенными горизонтально, а силу тяжести — приложенной в середине тела.

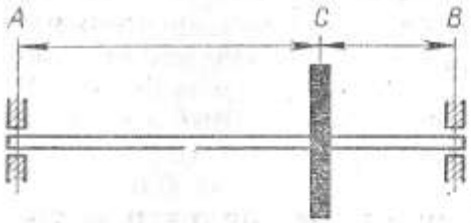

Рис. 55

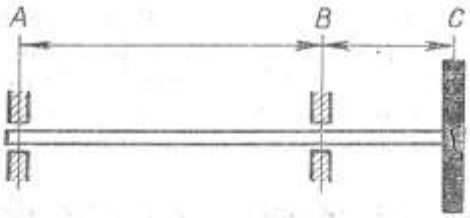

Рис. 56

316. Бревно длиной 12 м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на 3 м от его толстого конца. Если же подставка находится в 6 м от толстого конца и на тонкий конец сядет рабочий массой 60 кг, бревно будет снова в равновесии. Определить массу бревна.

317. Рельс длиной 10 м и массой 900 кг поднимают на двух параллельных тросах. Найти силу натяжения тросов, если один из них укреплен на конце рельса, а другой на расстоянии 1 м от другого конца.

318. К балке массой 200 кг и длиной 5 м подвешен груз массой 250 кг на расстоянии 3 м от одного из концов. Балка своими концами лежит на опорах. Каковы силы давления на каждую из опор?

319. К концам стержня массой 10 кг и длиной 40 см подвешены грузы массами 40 и 10 кг. Где надо подпереть стержень, чтобы он находился в равновесии?

320. Труба массой 2,1 т имеет длину 16 м. Она лежит на двух подкладках, расположенных на расстояниях 4 и 2 м от ее концов. Какую минимальную силу надо приложить поочередно к каждому концу трубы, чтобы приподнять ее за тот или другой конец?

321. Чему равны силы, действующие на подшипники A и B (рис. 55), если масса вала 10 кг, масса шкива 20 кг, $|AB|=1$ м, $|BC|=0{,}4$ м?

322. Чему равны силы давления вала на подшипники A и B (рис. 56), если масса вала 7 кг, масса шкива 28 кг, $|AB|=70$ см, $|BC|=10$ см?

323. Рабочий удерживает за один конец доску, масса которой 40 кг, так, что доска образует угол 30° с горизонтальным направлением (см. рис. 54). Какую силу прикладывает рабочий в случае, когда эта сила направлена перпендикулярно доске?

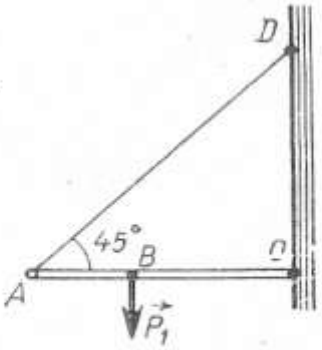

Рис. 57

324*. Стержень AO длиной 60 см (рис. 57) и массой 0,4 кг, укрепленный шарнирно в точке O, поддерживается нитью AD, образующей угол 45° со стержнем. В точке B ($|AB|=20$ см) подвешен груз массой 0,6 кг. Найти силу натяжения нити и силу реакции в точке O.

325. Предохранительный клапан парового котла (рис. 58) должен открываться при давлении пара p. Площадь закрываемого клапаном отверстия равна S. На каком расстоянии от оси вращения надо поместить груз C массой M, если горизонтальный стержень имеет массу m и длину $|OB|=l$, а $|OA|=0{,}25\ l$?

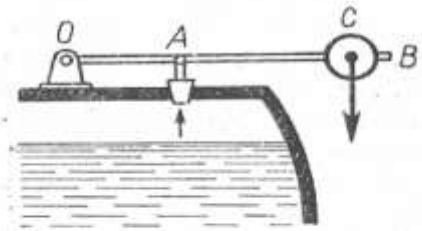

Рис. 58

326*. К планке, вращающейся вокруг оси O, проходящей через ее середину, подвешены два тела, погруженные в воду (рис. 59). Плотность первого тела в 9 раз больше плотности воды; плотность второго в 3 раза больше плотности воды, а $|OA|=9$ см. На каком расстоянии $|OB|$ надо подвесить второе тело, чтобы система была в равновесии, если тела имеют равные объемы? если тела имеют равные массы?

327*. На покоящийся однородный брусок $ABCD$ (рис. 60) массой 400 г, толщиной которого можно пренебречь, действует в точке C сила $F=2$ Н. Определить силу трения и силу реакции опоры (модуль и линию действия), если $|AB|=20$ см, $|BC|=10$ см.

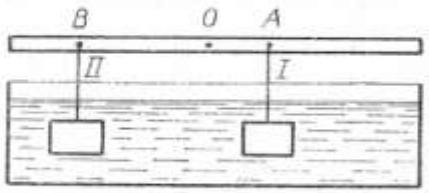

Рис. 59

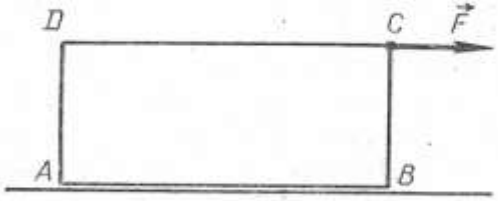

Рис. 60

328. Однородный брусок, у которого сторона AB (рис. 61) значительно меньше, чем BC, находится на поверхности стола. Будем действовать по линии KL (точки K и L являются серединами соответствующих ребер) силой, параллельной поверхности стола (например, карандашом), постепенно перемещая точку приложения силы от K к L. Если действовать вблизи точки K, то брусок придет в поступательное движение, а если вблизи точки L, то он опрокинется. Можно найти такую точку приложения силы, когда наблюдается переход от поступательного движения к опрокидыванию. Измерив расстояние d от этой точки до точки K и длину a ребра AB, можно определить коэффициент трения между бруском и столом. Докажите, что коэффициент трения определяется формулой $\mu=\frac{a}{2d}$. Определите таким методом коэффициент трения, используя, например, спичечный коробок.

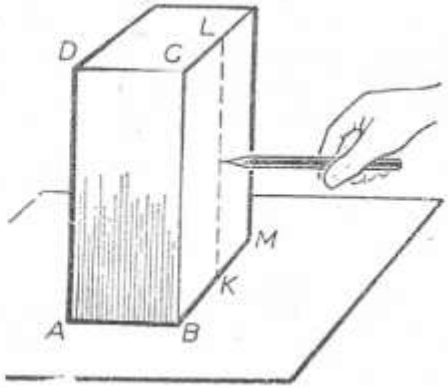

Рис. 61

329*. На наклонной плоскости с углом наклона α покоится однородный брусок, высота которого h. На каком расстоянии от центра тяжести проходит сила реакции опоры?

330*. Положите на деревянную измерительную линейку спичечный коробок поочередно разными гранями. Медленно приподнимая линейку за один из концов, вы заметите, что в некоторых случаях коробок скользит, в других он опрокидывается. Обозначив высоту коробка (в данном опыте) через h, длину основания через d и коэффициент трения через μ, докажите, что при $\frac{d}{h}>\mu$ коробок будет скользить, а при $\frac{d}{h}<\mu$ он будет опрокидываться.

331. От однородного вала отрезали конец длиной 40 см. Куда и на сколько переместился центр тяжести?

332. Бревно уравновешено на тросе (рис. 62). Какая часть бревна окажется тяжелее, если его распилить в месте подвеса?

4 Заказ 1396

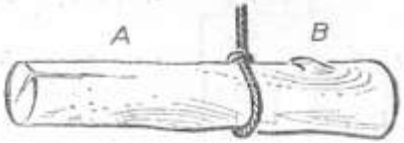

Рис. 62

Рис. 63

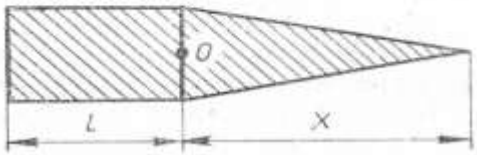

Рис. 64

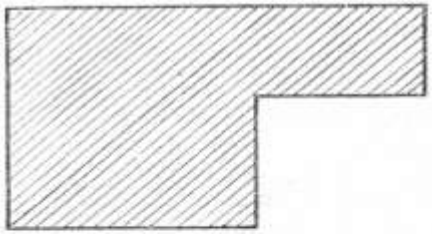

Рис. 65

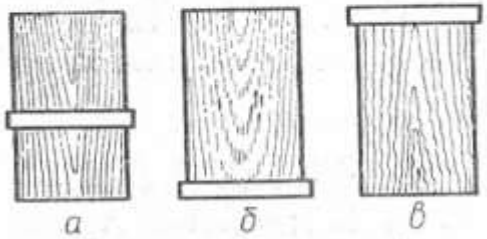

Рис. 66

333. Два однородных шара массами 10 и 12 кг с радиусами 4 и 6 см соединены посредством однородного стержня массой 2 кг и длиной 10 см. Центры шаров лежат на продолжении оси стержня. Найти положение центра тяжести этой системы.

334. Одна половина цилиндрического стержня (рис. 63) состоит из железа, другая — из алюминия. Определить положение центра тяжести, если вся длина стержня 30 см.

335. Где находится центр тяжести тонкой однородной пластины, имеющей форму прямоугольника? треугольника?

336*. Во сколько раз высота x треугольной части тонкой однородной пластины (рис. 64) должна отличаться от длины прямоугольной части l, чтобы центр тяжести всей пластины лежал в точке O?

337*. Пользуясь только линейкой и не производя никаких вычислений, найти построением положение центра тяжести однородной пластинки, изображенной на рисунке 65.

338. Почему человек, надевший на спину тяжелый рюкзак, наклоняется немного вперед?

339. На рисунке 66, *а*, *б*, *в* изображены три одинаковых деревянных цилиндра с надетыми на них металлическими обручами. Сравнить их устойчивость.

340. На горизонтальной поверхности стоят однородные сплошные цилиндр и конус с одинаковыми высотами и одинаковыми площадями оснований. Какое из этих тел устойчивее?

ГЛАВА V

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

§ 18. Импульс тела. Закон сохранения импульса

341. Два тела одинакового объема — стальное и свинцовое — движутся с одинаковыми скоростями. Сравнить импульсы этих тел.

342[1]. Поезд массой 2000 т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость от 36 до 72 км/ч. Найти изменение импульса.

343. Шарик массой 100 г свободно упал на горизонтальную площадку, имея в момент удара скорость 10 м/с. Найти изменение импульса при абсолютно неупругом и абсолютно упругом ударах.

344. Движение материальной точки описывается уравнением $x=5-8t+4t^2$. Приняв ее массу равной 2 кг, найти импульс через 2 с и через 4 с после начала отсчета времени.

345. Мяч массой 100 г, летевший со скоростью 20 м/с, ударился о горизонтальную плоскость. Угол падения (угол между направлением скорости и перпендикуляром к плоскости) равен 60°. Найти изменение импульса, если удар абсолютно упругий, а угол отражения равен углу падения.

346. Материальная точка массой 1 кг равномерно движется по окружности со скоростью 10 м/с. Найти изменение импульса за одну четверть периода; половину периода; целый период.

347[2]. Снаряд массой m_1, летящий со скоростью v_1 параллельно рельсам, ударяет в неподвижную платформу с песком массой m_2 и застревает в песке. С какой скоростью станет двигаться платформа?

---

[1] Если в задаче требуется найти изменение импульса тела, необходимо сделать чертеж, на котором геометрическим построением определить направление вектора изменения импульса.

[2] В этой и последующих задачах данной главы скорости тел, если нет специальных оговорок, указаны относительно земли, а силы трения не учитываются.

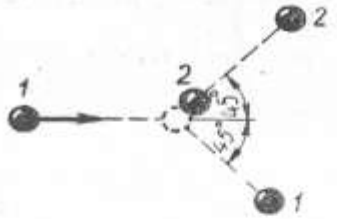

Рис. 67

348. Два неупругих тела, массы которых 2 и 6 кг, движутся навстречу друг другу со скоростями 2 м/с каждое. Определить модуль и направление скорости каждого из этих тел после удара.

349. На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. На сколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

350. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса охотника с лодкой 200 кг, масса заряда 20 г. Скорость вылета дроби и пороховых газов 500 м/с.

351. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с. Какова скорость вагонов после взаимодействия, если удар неупругий?

352. С лодки массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, прыгает мальчик массой 50 кг в горизонтальном направлении со скоростью 7 м/с. Какова скорость лодки после прыжка мальчика, если мальчик прыгает с кормы в сторону, противоположную движению лодки? с носа по ходу движения?

353*. С судна массой 750 т произведен выстрел из пушки в сторону, противоположную его движению, под углом 60° к горизонту. На сколько изменилась скорость судна, если снаряд массой 30 кг вылетел со скоростью 1 км/с относительно судна?

354*. Бильярдный шар *1*, движущийся со скоростью 10 м/с, ударил о покоящийся шар *2* такой же массы. После удара шары разошлись так, как показано на рисунке 67. Найти скорости шаров после удара.

§ 19. Механическая работа. Кинетическая и потенциальная энергия

355. Башенный кран поднимает в горизонтальном положении стальную балку длиной 5 м и сечением 100 см² на высоту 12 м. Какую полезную работу совершает кран?

356. Какую работу совершает человек при поднятии тела массой 2 кг на высоту 1 м с ускорением 3 м/с²?

357. В воде с глубины 5 м поднимают до поверхности камень объемом 0,6 м³. Плотность камня 2500 кг/м³. Найти работу по подъему камня.

358. Какую работу совершает двигатель автомобиля «Жигули» массой 1,3 т при трогании с места на первых 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

359. Сплавщик передвигает багром плот, прилагая к багру силу 200 Н. Какую работу совершит сплавщик, переместив плот на 10 м, если угол между направлением силы и направлением перемещения 45°?

360. Автомобиль массой 10 т движется с выключенными двигателями под уклон по дороге, составляющей с горизонтом угол, равный 4°. Найти работу силы тяжести на пути 100 м.

361. Поражающее действие пули, характеризующееся наименьшей энергией, которой должна обладать пуля, чтобы вывести противника из строя, равно примерно 80 Дж. Какая скорость пули массой 7,9 г (ручного пулемета Дегтярева) соответствует такой энергии?

362. Рабочий толкает вагонетку, двигая ее равноускоренно из состояния покоя в течение некоторого времени. Сравнить работы, совершенные рабочим, за первую и вторую половину времени движения. Трением пренебречь.

363. Скорость свободно падающего тела массой 4 кг на некотором пути увеличилась с 2 до 8 м/с. Найти работу силы тяжести на этом пути.

364. Масса самосвала в 18 раз больше массы легкового автомобиля, а скорость самосвала в 6 раз меньше скорости легкового автомобиля. Сравнить импульсы и кинетические энергии этих автомобилей.

365. Импульс тела равен 8 кг·м/с, а кинетическая энергия 16 Дж. Найти массу и скорость тела.

366*. Шарик массой $m = 100$ г, подвешенный на нити длиной $l = 40$ см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия W_k шарика, если во время его движения нить образует с вертикалью постоянный угол $\alpha = 60°$?

367. Мальчик бросил мяч массой 100 г вертикально вверх и поймал его в точке бросания. Мяч достиг высоты

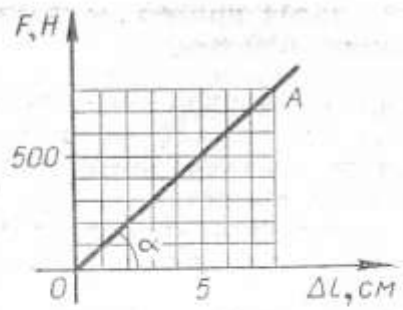

Рис. 68

5 м. Найти работу силы тяжести при движении мяча вверх, вниз, на всем пути.

368. На балкон, расположенный на высоте 6 м, бросили с поверхности земли предмет массой 200 г. Во время полета предмет достиг максимальной высоты 8 м от поверхности земли. Определить работу силы тяжести при полете предмета вверх, вниз и на всем пути. Найти результирующее изменение потенциальной энергии.

369. Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

370*. На расстоянии $^1/_4$ длины от левого конца горизонтально расположенной доски на ней лежит камень, масса которого в 5 раз больше массы доски. Для поднятия камня на одну и ту же высоту мальчик поочередно прикладывает силы к правому и левому концам доски. Сравнить значения модулей этих сил и совершенные работы.

371. На рисунке 68 приведен график зависимости между удлинением пружины и растягивающей силой. Определить потенциальную энергию пружины, растянутой на 8 см. Указать физический смысл тангенса угла α и площади треугольника под участком OA графика.

372. К концу сжатия пружины детского пружинного пистолета на 3 см приложенная к ней сила была равна 20 Н. Найти потенциальную энергию сжатой пружины.

373. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину с жесткостью 40 кН/м на 0,5 см?

374. Для растяжения пружины на 4 мм необходимо совершить работу 0,02 Дж. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть эту пружину на 4 см?

375. Сравнить работы, которые совершает человек, растягивая пружину динамометра от 0 до 10 Н, от 10 до 20 Н, от 20 до 30 Н.

376. Динамометр, рассчитанный на 40 Н, имеет пружину с жесткостью 500 Н/м. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину от середины шкалы до последнего деления?

§ 20. Закон сохранения энергии. Превращение энергии вследствие работы силы трения

377[1]**.** Тело массой 0,5 кг брошено вертикально вверх со скоростью 4 м/с. Найти работу силы тяжести, изменение потенциальной энергии и изменение кинетической энергии при подъеме тела до максимальной высоты.

378. Найти потенциальную и кинетическую энергию тела массой 3 кг, падающего свободно с высоты 5 м, на расстоянии 2 м от поверхности земли.

379. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня будет равна его потенциальной энергии?

380. Каковы значения потенциальной энергии и кинетической энергии стрелы массой 50 г, выпущенной из лука со скоростью 30 м/с вертикально вверх, через 2 с после начала движения?

381. С какой начальной скоростью v_0 надо бросить вниз мяч с высоты h, чтобы он подпрыгнул на высоту $2h$? Считать удар о землю абсолютно упругим.

382. Тело брошено со скоростью v_0 под углом к горизонту. Определить его скорость на высоте h.

383*. Начальная скорость пули 600 м/с, ее масса 10 г. Под каким углом к горизонту она вылетела из дула ружья, если ее кинетическая энергия в высшей точке траектории равна 450 Дж?

384*. Шар радиусом R покоится на поверхности земли. С верхней точки шара скользит из состояния покоя тело, размеры которого много меньше размеров шара. На какой высоте h над поверхностью земли тело отделится от шара?

385. Груз массой 25 кг висит на шнуре длиной 2,5 м. На какую наибольшую высоту можно отвести в сторону груз, чтобы при дальнейших свободных качаниях шнур не оборвался? Прочность шнура на разрыв 550 Н.

386*. Маятник массой m отклонен на угол α от вертикали. Какова сила натяжения нити при прохождении маятником положения равновесия?

387*. В школьном опыте с «мертвой петлей» (рис. 69) шарик массой m отпущен с высоты $h=3r$ (где r — радиус петли). С какой силой давит шарик в нижней и верхней точках петли?

---

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа, если нет специальных оговорок, сопротивление воздуха не учитывать.

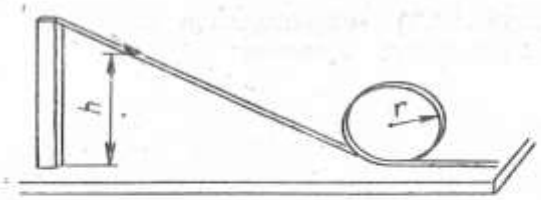

Рис. 69

388*. Предмет массой m вращают на нити в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити в нижней точке будет больше, чем в верхней?

389. При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину с жесткостью 800 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретает пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении?

390. Во сколько раз изменится скорость «снаряда» пружинного пистолета при выстреле в горизонтальном направлении: а) при увеличении сжатия пружины в 2 раза; б) при замене пружины другой, жесткость которой в 2 раза больше; в) при увеличении массы «снаряда» в 2 раза? В каждом случае все остальные величины, от которых зависит скорость, остаются неизменными.

391. Хоккейная шайба массой 160 г, летящая со скоростью 20 м/с, влетела в ворота и ударила в сетку, которая при этом прогнулась на 6,4 см. Какова максимальная сила, с которой шайба подействовала на сетку? Считать, что сила упругости сетки изменяется в зависимости от ее прогиба по закону Гука.

392. Найти скорость v вылета «снаряда» пружинного пистолета массой m при выстреле вертикально вверх, если жесткость пружины равна k, а сжатие x. Одинаковую ли скорость приобретает «снаряд» при выстреле горизонтально и вертикально вверх?

393*. Автоматический пистолет имеет подвижной кожух, связанный с корпусом пружиной с жесткостью $k = 4$ кН/м. Масса кожуха $M = 400$ г, масса пули $m = 8$ г. При выстреле кожух должен отскочить назад на расстояние $x = 3$ см. Как велика должна быть минимальная скорость пули v при вылете, чтобы пистолет мог работать?

394. Определить, каково соотношение при выстреле между кинетической энергией вылетающей дроби (вместе с пороховыми газами) и кинетической энергией ружья, если масса ружья в 100 раз больше, чем масса заряда.

395. Движущийся шар ударяет в неподвижный шар такой же массы, после чего шары стали двигаться как одно целое. Какая часть механической энергии перешла во внутреннюю?

396. Неупругие шары массами 1 и 2 кг двигаются навстречу друг другу со скоростями соответственно 1 и 2 м/с. Найти изменение кинетической энергии системы после удара.

397. Ученик при помощи динамометра, жесткость пружины которого $k = 100$ Н/м, равномерно переместил деревянный брусок массой $m = 800$ г по доске на расстояние $l = 10$ см. Сравнить работу A_1 по преодолению трения с работой A_2 по растяжению пружины до начала движения бруска, если коэффициент трения $\mu = 0{,}25$.

398. Троллейбус массой 15 т трогается с места с ускорением 1,4 м/с². Найти работу силы тяги и работу силы сопротивления на первых 10 м пути, если коэффициент сопротивления равен 0,02. Какую кинетическую энергию приобрел троллейбус?

399. На рисунке 70 дан график скорости автобуса массой 20 т. Вычислить работу силы тяги, совершенную за 20 с, если коэффициент сопротивления равен 0,05. Каково изменение кинетической энергии автобуса?

400. Автомобиль массой 2 т затормозил и остановился, пройдя путь 50 м. Найти работу силы трения и изменение кинетической энергии автомобиля, если дорога горизонтальна, а коэффициент трения равен 0,4.

401. С какой скоростью двигался поезд массой 1500 т, если под действием тормозящей силы 150 кН он прошел с момента начала торможения до остановки путь 500 м?

402. Электропоезд в момент выключения тока имел скорость 8 м/с. Каков путь свободного качения поезда (без включения тормозов) до полной остановки, если коэффициент сопротивления равен 0,005?

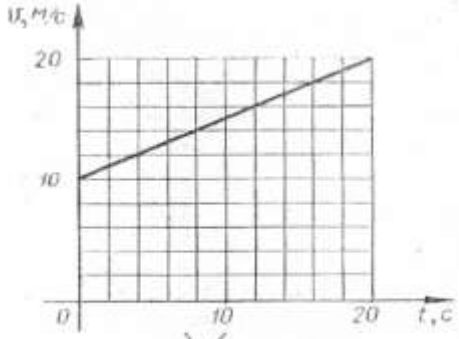

Рис. 70

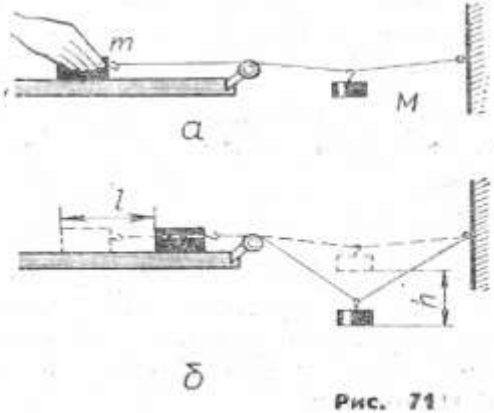

Рис. 71

403. Сравнить тормозные пути груженого и порожнего автомобилей, двигающихся с одинаковой скоростью, если считать, что коэффициенты трения при торможении одинаковы.

404. Пуля массой 9,6 г вылетает из ствола пулемета Калашникова со скоростью 825 м/с. Через 100 м скорость пули уменьшается до 746 м/с, а через 200 м — до 675 м/с. Найти работу силы сопротивления воздуха на первых и вторых ста метрах пути.

405. Найти среднюю силу F сопротивления грунта при погружении в него сваи, если под действием падающей с высоты $h=1{,}4$ м ударной части свайного молота массой $m=6$ т свая погружается в грунт на расстояние $l=10$ см. Массой сваи пренебречь.

406. С наклонной плоскости длиной l и углом наклона α скользит тело. Какова скорость тела у основания плоскости, если коэффициент трения равен μ?

407. С горки высотой $h=2$ м и основанием $b=5$ м съезжают санки, которые останавливаются, пройдя горизонтально путь $s=35$ м от основания горки. Найти коэффициент трения, считая его одинаковым на всем пути. Определите подобным способом на опыте коэффициент трения, например, между спичечным коробком и ученической линейкой.

408. Для определения коэффициента трения была использована установка, изображенная на рисунке 71, *а*. Придерживая брусок массой m рукой, подвешивают к нити грузик массой M, а затем отпускают брусок. Грузик опускается по высоте на h, перемещая при этом брусок на плоскости на расстояние l (рис. 71, *б*). Вывести формулу для расчета коэффициента трения μ. При возможности проделайте такой опыт.

409*. Санки массой 10 кг скатились с горы высотой 5 м и остановились на горизонтальном участке. Какую работу совершит мальчик, втаскивая санки на гору по линии их скатывания?

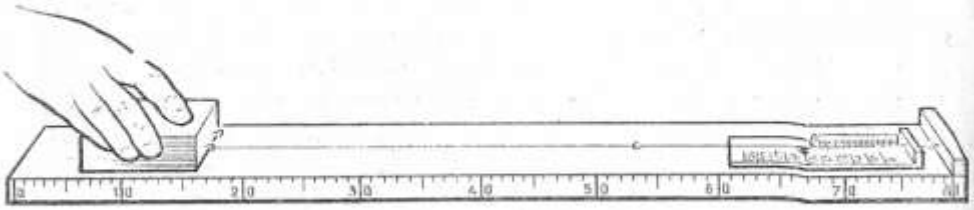

Рис. 72

410*. Брусок массой m (рис. 72), прикрепленный к динамометру при помощи нити, оттягивают рукой; при этом записывают показания динамометра F и измеряют линейкой растяжение x пружины (по шкале динамометра). Затем отпускают брусок и измеряют путь l, пройденный бруском до остановки. Зная F, x и l, можно определить коэффициент трения μ между бруском и доской. Выведите формулу для расчета коэффициента трения. При возможности выполните работу. (Растягивать пружину надо так, чтобы после полного сокращения пружины динамометра брусок прошел еще некоторое расстояние.)

411. Парашютист массой 80 кг отделился от неподвижно висящего вертолета и, пройдя до раскрытия парашюта путь 200 м, приобрел скорость 50 м/с. Найти работу силы сопротивления воздуха на этом пути.

412. Самолет массой 2 т движется в горизонтальном направлении со скоростью 50 м/с. Находясь на высоте 420 м, он переходит на снижение при выключенном двигателе и достигает дорожки аэродрома, имея скорость 30 м/с. Определить работу силы сопротивления воздуха во время планирующего полета.

413. Санки с седоком общей массой 100 кг съезжают с горы высотой 8 м и длиной 100 м. Какова средняя сила сопротивления движению санок, если в конце горы они достигли скорости 10 м/с, а начальная скорость равна нулю?

§ 21. Мощность. КПД. Движение жидкостей и газов

414. Полезная мощность насоса 10 кВт. Какой объем воды может поднять этот насос с глубины 18 м в течение 1 ч?

415. Пользуясь часами с секундной стрелкой и линейкой, а также зная свою массу, рассчитайте, какую вы развиваете мощность при подъеме по лестнице.

416. При скорости полета 900 км/ч все четыре двигателя самолета Ил-62 развивают мощность 30 МВт. Найти силу тяги одного двигателя в этом режиме работы.

417. Камень шлифовального станка имеет на рабочей поверхности скорость 30 м/с. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой в 100 Н, коэффициент трения 0,2. Какова механическая мощность двигателя станка? (Потери в механизме привода не учитывать.)

418. На соревнованиях лошадей тяжелоупряжных пород одна из них перевезла рысью груз массой 1,5 т на 2 км за 5 мин 3,8 с, а другая доставила шагом на то же расстояние груз массой 4,5 т за 14 мин 14 с. Найти полезные мощности этих коней, если коэффициент сопротивления движению грузов равен 0,01.

419. Трактор типа Т-150 имеет тяговую мощность (мощность на крюке) 72 кВт. С какой скоростью может тянуть этот трактор прицеп массой 5 т на подъем 0,2 при коэффициенте трения 0,4?

420. Найти среднюю полезную мощность при разбеге самолета, предназначенного для работ в сельском и лесном хозяйстве, если масса самолета 1 т, длина разбега 300 м, взлетная скорость 30 м/с, коэффициент сопротивления 0,03.

421. По приведенным данным провести расчеты и заполнить все графы таблицы:

Технические показатели \ Тип самолета	Як-40	Ту-154	Ил-62
Взлетная масса, т	13,7	90	160
Длина разбега, м	550	1215	2000
Скорость отрыва от земли, км/ч	175	270	300
Число двигателей	3	3	4
Сила тяги одного двигателя, кН	14,7	93,2	103
Среднее ускорение при разбеге a			
Время разбега t			
Кинетическая энергия при отрыве от земли W_k			
Работы силы тяги всех двигателей при разбеге A			
Средняя мощность при разбеге N			
Средняя сила сопротивления при разбеге F_c			

422. Какую работу надо совершить, чтобы по плоскости с углом наклона 30° втащить груз массой 400 кг на высоту 2 м при коэффициенте трения 0,3? Каков при этом КПД?

423. Найти КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой 0,6 м, если коэффициент трения при движении по ней тела равен 0,1.

424. Рассчитать, какая экономия электроэнергии может быть получена за один рейс железнодорожного состава массой 3600 т от Ленинграда до Владивостока (расстояние около 10 000 км), если заменить подшипники скольжения на роликовые (среднее значение коэффициента сопротивления при этом уменьшается с 0,007 до 0,0061). КПД электровоза равен 90%. Движение считать равномерным по горизонтальной дороге.

425. Двигатель насоса, развивая мощность 25 кВт, поднимает 100 м³ нефти на высоту 6 м за 8 мин. Найти КПД установки.

426. Где больше скорость течения воды в реке: на плесе (широкое и достаточно глубокое место) или на перекате (узкое и мелкое место)?

427. Скорость течения воды в широкой части трубы 10 см/с. Какова скорость ее течения в узкой части, диаметр которой в 4 раза меньше диаметра широкой части?

Рис. 73

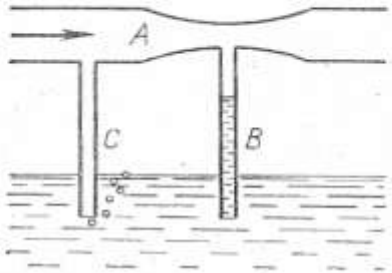

Рис. 74

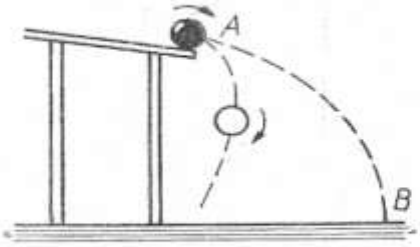

Рис. 75

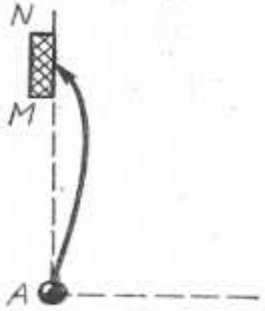

Рис. 76

428. Землесос вынимает 500 м³ грунта в час. Объем пульпы (грунт, смешанный с водой) в 10 раз больше объема грунта. Какова скорость движения пульпы в трубе диаметром 0,6 м?

429. Камеры шлюза имеют длину 30 м, ширину 300 м и высоту 8 м. Для наполнения камеры воду подают по двум галереям квадратного сечения со сторонами по 4,5 м со средней скоростью 2,5 м/с. Сколько времени требуется для заполнения камеры водой?

430. Если подключить шланг к выходному отверстию пылесоса и поместить в струю мячик для настольного тенниса (рис. 73), то мячик будет парить в струе и при движении шланга следовать за ним. Объясните явление. Рассчитайте скорость воздуха при выходе из шланга пылесоса, если производительность пылесоса 20 л/с, а диаметр выходного отверстия шланга 3 см. При возможности проделайте опыт и найдите скорость струи по паспортным данным пылесоса.

431. Держа за концы два тетрадных листа так, чтобы расстояние между их плоскостями было 3—5 см, подуйте в пространство между листами. Опишите и объясните наблюдаемое явление.

432. Если через трубку *A* (рис. 74) продувать воздух, то при некоторой скорости его движения по трубке *B* будет подниматься вода, а из трубки *C* воздух будет выходить пузырьками. Объясните явление.

433. Почему легкий бумажный цилиндр, скатываясь с наклонной плоскости, движется не по параболе *AB* (рис. 75), а отклоняется к основанию наклонной плоскости?

434. На рисунке 76 показан план части футбольного поля. В каком направлении надо сообщить вращение мячу при угловом ударе из точки *A*, чтобы мяч, находясь на линии ворот, при отсутствии ветра мог попасть в ворота *MN*?

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

ГЛАВА VI

ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

§ 22. Количество вещества. Постоянная Авогадро. Масса и размеры молекул. Броуновское движение. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов[1]

435. Определить относительную молекулярную массу и молярную массу аргона (Ar), азота (N_2), озона (O_3), метана (CH_4), серной кислоты (H_2SO_4).

436. Какое количество вещества содержится в алюминиевой отливке массой 5,4 кг?

437. Какова масса 50 моль углекислого газа?

438. Какой объем занимают 100 моль ртути?

439. Сравнить массы и объемы двух тел, сделанных соответственно из олова и свинца, если в них содержатся равные количества вещества.

440. Какой объем займет водород, содержащий такое же количество вещества, какое содержится в 2 м³ азота? Какой объем займет кислород, содержащий такое же количество вещества? Температура и давление газов одинаковы.

441. Зная постоянную Авогадро, найти массу молекулы и атома водорода.

442. Сколько молекул содержится в 1 г углекислого газа (CO_2)?

443. Найти число атомов в алюминиевом предмете массой 135 г.

444. На изделие, поверхность которого 20 см², нанесен слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в покрытии?

445. Зная постоянную Авогадро N_A, плотность ρ данного вещества и его молярную массу M, вывести формулы для расчета числа молекул в единице массы данного вещества; в единице объема; в теле массой m; в теле объемом V.

---

[1] При решении задач этого параграфа следует пользоваться для нахождения относительной молекулярной массы таблицей Менделеева, округляя значения до целых чисел.

446. Сравнить число атомов, из которых состоят серебряная и алюминиевая ложки равного объема.

447. Считая, что диаметр молекул водорода составляет около $2{,}3 \cdot 10^{-10}$ м, подсчитать, какой длины получилась бы нить, если бы все молекулы, содержащиеся в 1 мг этого газа, были расположены в один ряд вплотную друг к другу.

Сопоставить длину этой нити со средним расстоянием от Земли до Луны ($3{,}8 \cdot 10^5$ км).

448. Находившаяся в стакане вода массой 200 г полностью испарилась за 20 сут. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 с?

449. В озеро, имеющее среднюю глубину 10 м и площадь поверхности 20 км², бросили кристаллик поваренной соли массой 0,01 г. Сколько молекул этой соли оказалось бы в наперстке воды объемом 2 см³, зачерпнутой из озера, если полагать, что соль, растворившись, равномерно распределилась во всем объеме воды озера?

450. Рассматривая под микроскопом каплю молока, можно увидеть на фоне бесцветной жидкости мелкие капельки масла, находящиеся во взвешенном состоянии. Чем объясняется их хаотическое движение?

451. Почему с повышением температуры возрастает интенсивность броуновского движения?

452. Почему броуновское движение наиболее мелких частичек происходит очень быстро, а крупных едва заметно?

453. Почему из осколков разбитого стакана невозможно собрать целый стакан, а хорошо отшлифованные мерительные плитки плотно прилипают друг к другу?

454. Сравнить давления кислорода и водорода при одинаковых концентрациях молекул и равных средних квадратичных скоростях их движения.

455. Во сколько раз изменится давление газа при уменьшении его объема в 3 раза? Средняя скорость движения молекул осталась неизменной.

456. Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с, а его плотность 1,35 кг/м³?

457. Какова средняя квадратичная скорость движения молекул газа, если, имея массу 6 кг, он занимает объем 5 м³ при давлении 200 кПа?

458. Найти концентрацию молекул кислорода, если давление его 0,2 МПа, а средняя квадратичная скорость молекул равна 700 м/с.

459. Найти среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа при давлении 20 кПа. Концентрация молекул этого газа при указанном давлении составляет $3 \cdot 10^{25}$ м$^{-3}$.

460. Во сколько раз изменяется давление одноатомного газа в результате уменьшения его объема в 3 раза и увеличения средней кинетической энергии его молекул в 2 раза?

§ 23. Энергия теплового движения молекул. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры. Скорости молекул газа

461. При какой температуре средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул газа будет равна $6{,}21 \cdot 10^{-21}$ Дж?

462. При какой температуре средняя кинетическая энергия молекул одноатомного газа будет в 2 раза больше, чем при температуре —73 °С?

463. На сколько процентов увеличивается средняя кинетическая энергия молекул газа при увеличении его температуры от 7 до 35 °С?

464. Определить среднюю кинетическую энергию молекулы одноатомного газа и концентрацию молекул при температуре 290 К и давлении 0,8 МПа.

465. Найти температуру газа при давлении 100 кПа и концентрации молекул 10^{25} м$^{-3}$.

466. Практический потолок полета самолета Ту-154 равен 12 км. Во сколько раз концентрация молекул атмосферного воздуха на этой высоте меньше, чем на уровне моря? Параметры воздуха для стандартной атмосферы[1] приведены в таблице:

Высота над уровнем моря h, м	Давление p, Па	Температура T, К
0	101 325	288,15
12 000	19 399	216,65

[1] Стандартная атмосфера — модель земной атмосферы, характеризуемая выведенными на основе долголетних статистических наблюдений средними значениями физических параметров состояния воздуха реальной атмосферы Земли.

5 Заказ 4395

467. Сколько молекул содержится в 2 м³ газа при давлении 150 кПа и температуре 27 °С?

468. В баллоне емкостью 10 л находится газ при температуре 27 °С. Вследствие утечки газа давление в баллоне снизилось на 4,2 кПа. Сколько молекул вышло из баллона? Температуру считать неизменной.

469. Найти среднюю квадратичную скорость молекулы водорода при температуре 27 °С.

470. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода меньше средней квадратичной скорости молекул водорода, если температуры этих газов одинаковы?

471. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота 830 м/с?

472[1]. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул воздуха в летний день при температуре 30 °С больше, чем в зимний день при температуре —30 °С?

473. Найти число молекул в единице массы газа, средняя квадратичная скорость которых при абсолютной температуре T равна $v_{кв}$.

474. Найти, во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки массой $1{,}74 \cdot 10^{-12}$ кг, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости движения молекул воздуха.

475. В опыте Штерна полоска серебра, появляющаяся на внутренней поверхности наружного цилиндра, получается размытой. Какой вывод можно из этого сделать?

476. Какой скоростью обладала молекула паров серебра, если ее угловое смещение в опыте Штерна составляло 5,4° при частоте вращения прибора 150 с⁻¹? Расстояние между внутренним и внешним цилиндрами равно 2 см.

§ 24. Уравнение состояния идеального газа

477. Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200 кПа и температуре 240 К его объем равен 40 л?

478. Каково давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне емкостью 20 л при 12 °С, если масса этого воздуха 2 кг?

---

[1] В этой и последующих задачах, если нет специальных оговорок, воздух считать однородным газом, молярная масса которого 0,029 кг/моль.

479. Найти массу 64 м³ природного горючего газа, считая, что объем указан при нормальных условиях. Молярную массу природного горючего газа считать равной молярной массе метана (CH_4).

480. Какова масса воздуха в комнате размерами 6×4×3 м при температуре 20 °С и давлении 1000 гПа?

481. Какой емкости нужен баллон для содержания в нем 50 моль газа, если при максимальной температуре 360 К давление не должно превышать 6 МПа?

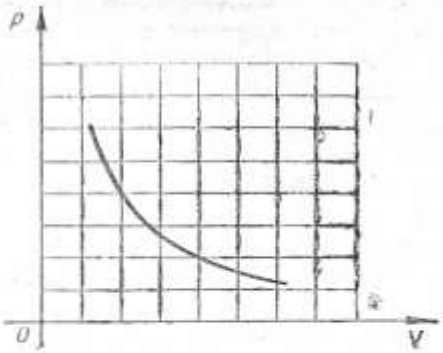

Рис. 77

482. В одинаковых баллонах при одинаковой температуре находятся равные массы водорода (H_2) и углекислого газа (CO_2). Какой из газов и во сколько раз производит большее давление на стенки баллона?

483. На рисунке 77 приведена изотерма для 1 моль газа при 260 К. Построить на одном чертеже изотермы: а) для 1 моль газа при 390 К; б) для 2 моль при 260 К.

484. Современная техника позволяет создать вакуум до 0,1 нПа. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в 1 см³ при температуре 300 К?

485. В баллоне находится газ при температуре 15 °С. Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40 % его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на 8 °С?

486. Пользуясь таблицей Менделеева, найти плотность ацетилена (C_2H_2) при нормальных условиях.

487. Во сколько раз отличается плотность метана (CH_4) от плотности кислорода (O_2) при одинаковых условиях?

488. Зная плотность воздуха при нормальных условиях, найти молярную массу воздуха.

489. В один из летних дней барометр показывал 730 мм рт. ст., а термометр 30 °С. В зимний день показания этих приборов были такими: 780 мм рт. ст. и —30 °С. Сравнить плотности воздуха в эти дни.

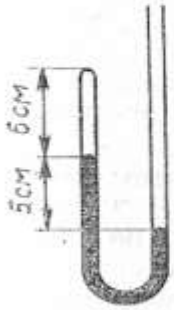

Рис. 78

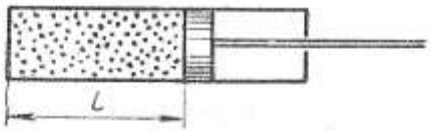

Рис. 79

490*. Шар объемом $V = 0{,}1$ м^3, сделанный из тонкой бумаги, наполняют горячим воздухом, имеющим температуру $T_2 = 340$ К. Температура окружающего воздуха $T_1 = 290$ К. Давление воздуха p внутри шара и атмосферное давление одинаковы и равны 100 кПа. При каком значении массы m бумажной оболочки шар будет подниматься?

491. Газ при давлении 0,2 МПа и температуре 15 °С имеет объем 5 л. Чему равен объем этой массы газа при нормальных условиях?

492. Какое давление рабочей смеси устанавливается в цилиндрах двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если к концу такта сжатия температура повышается с 50 до 250 °С, а объем уменьшается с 0,75 до 0,12 л? Первоначальное давление равно 80 кПа.

493. При сгорании 1 м^3 природного газа, находящегося при нормальных условиях, выделяется 36 МДж энергии. Сколько энергии выделится при сжигании 10 м^3 газа, находящегося под давлением 110 кПа и при температуре 7 °С?

494. В цилиндре дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320 температура воздуха в начале такта сжатия была 50 °С. Найти температуру воздуха в конце такта, если его объем уменьшается в 17 раз, а давление возрастает в 50 раз.

495. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление газа увеличилось на 25 %. Во сколько раз при этом изменился объем?

496. При уменьшении объема газа в 2 раза давление увеличилось на 120 кПа, а абсолютная температура возросла на 10 %. Каким было первоначальное давление?

497. Положение столбика ртути в укороченном манометре, находящемся в классе при температуре 19 °С и окружающем атмосферном давлении 75 см рт. ст., показано на рисунке 78. Когда трубку опустили в горячую воду, столбик воздуха в левом колене расширился до 7 см. Какова температура воды?

§ 25. Изопроцессы[1]

498. Бак с жидкостью, над поверхностью которой находится воздух, герметически закрыт. Почему, если открыть кран, находящийся в нижней части бака, после вытекания некоторого количества жидкости дальнейшее ее течение прекратится? Что надо сделать, чтобы обеспечить свободное вытекание жидкости?

499. Во сколько раз изменится давление воздуха в цилиндре (рис. 79), если поршень переместить на $^1/_3 l$ влево? вправо?

500. В закрытом сосуде находится газ под давлением 500 кПа. Какое давление установится в этом сосуде, если после открытия крана $^4/_5$ массы газа выйдет наружу?

501. В фляжке емкостью 0,5 л находится 0,3 л воды. Турист пьет из нее воду, плотно прижав губы к горлышку так, что в фляжку не попадает наружный воздух. Сколько воды удастся выпить туристу, если он может понизить давление оставшегося в фляжке воздуха до 80 кПа?

502. Водяной паук серебрянка строит в воде воздушный домик, перенося на лапках и брюшке пузырьки атмосферного воздуха и помещая их под купол паутины, прикрепленный концами к водным растениям.

Сколько рейсов надо сделать пауку, чтобы на глубине 50 см построить домик объемом 1 см^3, если каждый раз он берет 5 мм^3 воздуха под атмосферным давлением?

503. Площадь поршня (см. рис. 79) равна 24 см^2, объем воздуха в цилиндре 240 см^3, а давление равно атмосферному (100 кПа). Какую силу надо приложить, чтобы удерживать поршень после его смещения на 2 см влево? вправо?

504. При атмосферном давлении, равном 990 гПа, уровень ртути в трубке (рис. 80) был на 5 см выше ее уровня в сосуде, а высота столба воздуха над ртутью была 71 см. При каком атмосферном давлении уровень ртути в трубке повысится на 1 см? Диаметр сосуда много больше диаметра трубки.

505. Компрессор засасывает из атмосферы каждую секунду 3 л воздуха, которые подаются в баллон емкостью 45 л. Через сколько времени давление в баллоне будет

[1] Если нет специальных оговорок, то при решении задач этого параграфа можно атмосферное давление принимать равным 100 кПа. В задачах 498—510 процесс считать изотермическим, в задачах 511—518 — изобарным и в задачах 519—526 — изохорным.

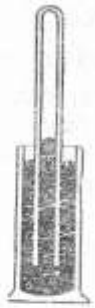

Рис. 80

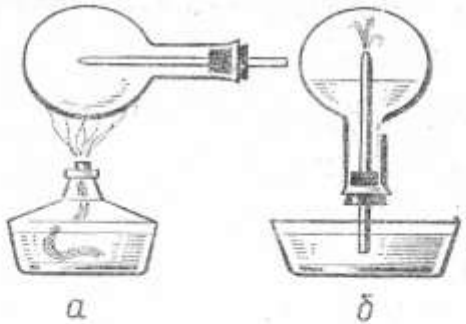

Рис. 81

превышать атмосферное в 9 раз? Начальное давление в баллоне равно атмосферному.

506*. В сосуд объемом V нагнетают воздух при помощи поршневого насоса, объем цилиндра которого V_0. Каким будет давление воздуха в сосуде после n качаний? Первоначальное давление воздуха в сосуде равно наружному давлению p_0.

507. Закрытый цилиндрический сосуд высотой h разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в n раз больше, чем в другой. На сколько передвинется поршень, если снять стопор?

508. Открытую с обеих сторон стеклянную трубку длиной 60 см опускают в сосуд с ртутью на $^1/_3$ длины. Затем, закрыв верхний конец трубки, вынимают ее из ртути. Какой длины столбик ртути останется в трубке? Атмосферное давление 1013 гПа.

509. Построить на одном чертеже графики зависимости давления от объема для 9 и 18 г водорода при абсолютной температуре 273 К.

510. Какова плотность сжатого воздуха при 0 °С в камере автомобиля «Волга», если он находится под давлением 0,17 МПа (избыточным над атмосферным)?

511. Какой объем займет газ при 77 °С, если при 27 °С его объем был 6 л?

512. В классе был показан такой опыт. Стеклянный баллон (рис. 81, *а*), в который вставлена открытая с обоих концов трубка, нагревался на спиртовке. Затем конец трубки был опущен в воду. Вода начала подниматься по трубке и бить фонтанчиком (рис. 81, *б*). До какой температуры был нагрет воздух, если в баллон вошла вода, заполнившая его объем на 20 %? Температура воздуха в классе 20 °С.

513. Температура воздуха в цилиндре (см. рис. 79) 7 °С. На сколько переместится поршень при нагревании воздуха на 20 К, если $l = 14$ см?

514. В стеклянной трубке, запаянной с одного конца, находится воздух, запертый столбиком ртути. При 20 °С длина запертого воздушного столба была 180 мм. При опускании трубки в сосуд с горячей водой, имеющей температуру 80 °С, длина воздушного столба увеличилась до 217 мм. Каково значение коэффициента объемного расширения воздуха?

515. Какова была начальная температура воздуха, если при нагревании его на 3 К объем увеличился на 1 % от первоначального?

516. Какова зависимость между плотностью газа и абсолютной температурой при изобарном процессе?

517. До какой температуры при нормальном давлении надо нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности азота при нормальных условиях?

518*. Какая масса воздуха m выйдет из комнаты объемом $V = 60$ м³ при повышении температуры от $T_1 = 280$ К до $T_2 = 300$ К при нормальном давлении?

519. Почему аэростаты окрашивают в серебристый цвет?

520. Возьмите стакан (лучше тонкостенный) и поместите его в горячую воду. Вытащите его из воды и опрокиньте вверх дном на клеенку стола, слегка придавив. Через несколько минут попробуйте снять стакан с клеенки. Почему это трудно сделать?

521. При температуре 27 °С давление газа в закрытом сосуде было 75 кПа. Каким будет давление при температуре —13 °С?

522. Резиновую лодку надули ранним утром, когда температура окружающего воздуха была 7 °С. На сколько процентов увеличилось давление воздуха в лодке, если днем под лучами солнца он прогрелся до 35 °С?

523. Давление воздуха в автомобильной камере при температуре —13 °С было 160 кПа (избыточное над атмосферным). Каким станет давление, если в результате длительного движения автомобиля воздух нагрелся до 37 °С?

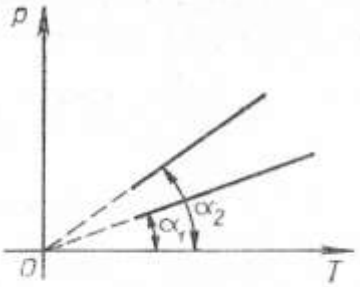

Рис. 82

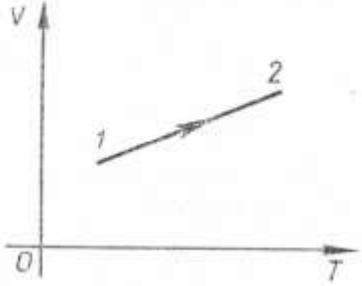

Рис. 83

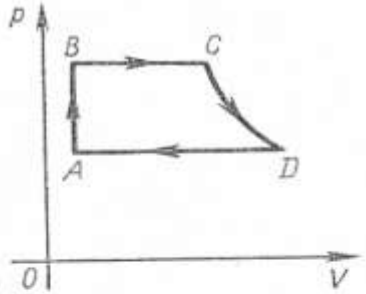

Рис. 84

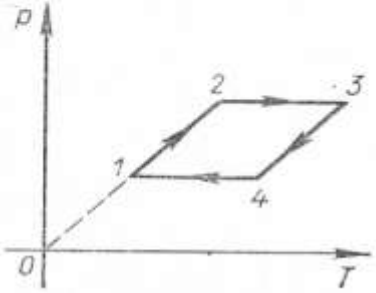

Рис. 85

524. При какой температуре находился газ в закрытом сосуде, если при нагревании его на 140 К давление возросло в 1,5 раза?

525. Стальной баллон, снабженный манометром, содержит сжатый газ. При 10 °С манометр показывает давление 0,26 МПа, а при 32 °С он показывает давление 0,28 МПа. Найти по этим данным температурный коэффициент давления.

526. Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой площадью сечения 2,5 см². До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, 12 Н? Первоначальное давление воздуха в бутылке и наружное давление одинаковы и равны 100 кПа, а начальная температура равна —3 °С.

527. Какова зависимость числа молекул газа в единице объема от абсолютной температуры при изохорном процессе? при изобарном процессе?

528*. Чем отличаются друг от друга графики зависимости давления от абсолютной температуры для: а) двух одинаковых масс идеального газа, нагреваемых изохорно в сосудах разного объема; б) двух разных масс, нагреваемых изохорно в одинаковых по объему сосудах?

529. На рисунке 82 представлены две изохоры для одной и той же массы идеального газа. Как относятся объемы газа, если углы наклона изохоры к оси абсцисс равны α_1 и α_2?

530. По графику, приведенному на рисунке 83, определить, как изменяется давление идеального газа при переходе из состояния *1* в состояние *2*.

531. На рисунке 84 представлен замкнутый цикл. Участок *CD* соответствует изотерме. Вычертить эту диаграмму в координатах *pT* и *VT*.

532*. С некоторой массой идеального газа был произведен замкнутый процесс, изображенный на рисунке 85. Объяснить, как изменялся объем газа при переходах *1—2*, *2—3*, *3—4*, *4—1*.

ГЛАВА VII

ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

§ 26. Внутренняя энергия одноатомного газа. Работа и количество теплоты. Первый закон термодинамики. Адиабатный процесс

533. Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при 27 °С?

534. На сколько изменяется внутренняя энергия 200 г гелия при увеличении температуры на 20 °С?

535. Сравнить внутренние энергии равных масс аргона и гелия при одинаковой температуре.

536. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного газа при изобарном нагревании? изохорном охлаждении? изотермическом сжатии?

537. Какова внутренняя энергия U гелия, заполняющего аэростат объемом $V = 60$ м³ при давлении $p = 100$ кПа?

538. При уменьшении объема одноатомного газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20 %. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия?

539. Каково давление одноатомного газа, занимающего объем $V = 2$ л, если его внутренняя энергия $U = 300$ Дж?

540. Какова внутренняя энергия одноатомного газа, занимающего при температуре T объем V, если концентрация его молекул n?

541. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания 1 дм² под поршнем массой 10 кг, скользящим без трения, находится воздух. При изобарном нагревании воздуха поршень поднялся на 20 см. Какую ра-

боту совершил воздух, если наружное давление равно 100 кПа?

542. Температура воздуха в комнате объемом 70 м³ была 280 К. После того как протопили печь, температура поднялась до 296 К. Найти работу воздуха при расширении, если давление постоянно и равно 100 кПа.

543. Какую работу A совершают ν моль газа при изобарном повышении температуры на ΔT? (Полученный результат можно использовать при решении последующих задач.)

544. Какую работу совершают 320 г кислорода при изобарном нагревании на 10 К?

545. Сравнить работы, которые совершают одинаковые массы водорода и кислорода при изобарном нагревании на одну и ту же температуру.

546. Какую работу совершил воздух массой 290 г при его изобарном нагревании на 20 К и какое количество теплоты ему при этом сообщили?

547. Для изобарного нагревания 800 моль газа на 500 К газу сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу газа и приращение его внутренней энергии.

548. Вычислить увеличение внутренней энергии 2 кг водорода при повышении его температуры на 10 К.

549. Объем 160 г кислорода, температура которого 27 °С, при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найти работу газа при расширении, количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода, изменение внутренней энергии.

550. Во сколько раз количество теплоты, которое идет на нагревание газа при постоянном давлении, больше работы, совершаемой газом при расширении? Удельная теплоемкость газа при постоянном давлении c_p, молярная масса M.

551*. Найдя по таблицам значения удельной теплоемкости воздуха c_p и зная молярную массу M, вычислите, во сколько раз большее количество теплоты потребуется для изобарного нагревания, чем для изохорного. Масса воздуха и разность температур в обоих случаях одинаковы.

552. На сколько изменилась внутренняя энергия одноатомного газа, количество вещества которого $\nu = 10$ моль, при его изобарном нагревании на $\Delta T = 100$ К? Какую работу совершил при этом газ и какое количество теплоты ему было сообщено?

553. Какая часть количества теплоты, сообщенной одноатомному газу в изобарном процессе, идет на увеличение внутренней энергии и какая часть — на совершение работы?

554*. Доказать, что при постоянном давлении удельная теплоемкость одноатомного газа, молярная масса которого M, находится по формуле $c_p = \frac{5R}{2M}$. Найти удельную теплоемкость гелия при постоянном давлении.

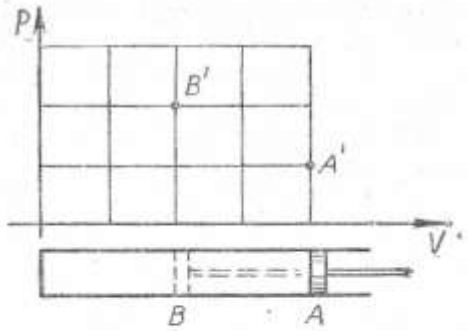

Рис. 86

555. Для получения газированной воды через воду пропускают сжатый углекислый газ. Почему температура воды при этом понижается?

556. В сосуд, на дне которого была вода, накачали воздух. Когда открыли кран и сжатый воздух вырвался наружу, сосуд заполнился водяным туманом. Почему это произошло?

557. Поршень перевели из положения A в положение B (рис. 86) в первом случае очень медленно, а во втором — очень быстро и выждали достаточное время. В обоих случаях точки A' и B' отражают начальное и конечное состояния. Объяснить происходящие процессы и начертить ход графиков.

§ 27. Изменение внутренней энергии тел в процессе теплопередачи

558. На XXVI съезде КПСС было намечено обеспечить экономию за пятилетие топливно-энергетических ресурсов в народном хозяйстве 160 млн. тонн условного топлива. Рассчитайте, сколько это составляет ТВт·ч.

В течение какого времени могли бы работать на сэкономленном топливе такие три энергетических гиганта, как Березовская ГРЭС-1 мощностью 6,4 ГВт, Экибастузская ГРЭС-2 и Южно-Казахстанская ГРЭС мощностью по 4 ГВт?

559. Бытовой газовый водонагреватель проточного типа имеет номинальную мощность 21 кВт и КПД 80%. Сколько времени будет наполняться ванна емкостью 200 л во-

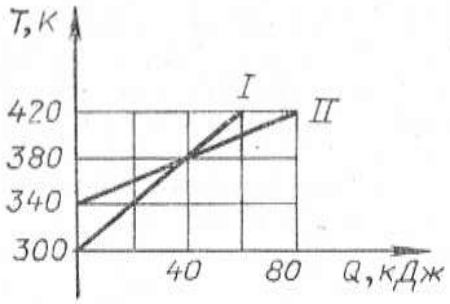

Рис. 87

дой, нагретой в нагревателе на 24 °С, и каков расход газа (в литрах) за это время? Теплота сгорания природного газа 36 МДж/кг.

560. На рисунке 87 изображены графики изменения температуры двух тел в зависимости от подводимого количества теплоты. Какова начальная и конечная температура каждого тела? Каковы их удельные теплоемкости, если масса каждого из них равна 2 кг?

561. В калориметр с теплоемкостью[1] 63 Дж/К было налито 250 г масла при 12 °С. После опускания в масло медного тела массой 500 г при 100 °С общая температура установилась 33 °С. Какова удельная теплоемкость масла по данным опыта?

562. В стакан с горячим чаем один раз опустили серебряную ложку, а в другой раз — алюминиевую такого же объема. В каком случае понижение температуры в стакане окажется более значительным?

563. Для приготовления ванны емкостью 200 л смешали холодную воду при 10 °С с горячей при 60 °С. Какие объемы той и другой воды надо взять, чтобы температура установилась 40 °С?

564*. После опускания в воду, имеющую температуру 10 °С, тела, нагретого до 100 °С, через некоторое время установилась общая температура 40 °С. Какой станет температура воды, если, не вынимая первого тела, в нее опустить еще одно такое же тело, нагретое до 100 °С?

565*. Смесь из свинцовых и алюминиевых опилок с общей массой 150 г и температурой 100 °С погружена в калориметр с водой, температура которой 15°С, а масса 230 г. Окончательная температура установилась 20°С. Теплоемкость калориметра 42 Дж/К. Сколько свинца и алюминия было в смеси?

566. В сосуд, содержащий 1,5 кг воды при 15 °С, впускают 200 г водяного пара при 100 °С. Какая общая температура установится после конденсации пара?

[1] Теплоемкость тела C измеряется количеством теплоты, которое надо сообщить этому телу, чтобы повысить его температуру на 1 °С, и равна произведению удельной теплоемкости c вещества на массу m тела: $C=cm$.

567. Колбу с 600 г воды при 10 °С нагревают на спиртовке с КПД 35%. Через сколько времени вода закипит и какая масса воды при кипении будет обращаться в пар за каждую секунду, если в 1 мин сгорает 2 г спирта? Теплоемкость колбы 100 Дж/К.

568. Алюминиевый чайник массой 400 г, в котором находится 2 кг воды при 10 °С, помещают на газовую горелку с КПД 40 %. Какова мощность горелки, если через 10 мин вода закипела, причем 20 г воды выкипело?

569. В сосуд, содержащий 2,8 л воды при 20 °С, бросают кусок стали массой 3 кг, нагретый до 460 °С. Вода нагревается до 60 °С, а часть ее обращается в пар. Найти массу воды, обратившейся в пар. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

570. Для приближенного определения удельной теплоты парообразования воды ученик проделал следующий опыт. На электроплитке он нагрел воду, причем оказалось, что на нагревание ее от 10 до 100 °С потребовалось 18 мин, а для обращения 0,2 ее массы в пар — 23 мин. Какова удельная теплота парообразования воды по данным опыта?

571*. Через воду, имеющую температуру 10 °С, пропускают водяной пар при 100 °С. Сколько процентов составит масса воды, образовавшейся из пара, от массы всей воды в сосуде в момент, когда ее температура равна 50 °С?

572. Сколько дров надо сжечь в печке с КПД=40 %, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре —10 °С, воду при 20 °С?

573. Сколько стали, взятой при 20 °С, можно расплавить в печи с КПД=50 %, сжигая 2 т каменного угля?

574*. В сосуд, содержащий 10 кг льда при 0 °С, влили 3 кг воды при 90°С. Какая установится температура? Расплавится ли весь лед? Если нет, то какая часть его останется в твердом состоянии? Теплоемкость сосуда не учитывать.

575. Для определения удельной теплоты плавления олова в калориметр, содержащий 330 г воды при 7 °С, влили 350 г расплавленного олова при температуре затвердевания, после чего в калориметре, теплоемкость которого 100 Дж/К, установилась температура 32 °С. Определить значение удельной теплоты плавления олова по данным опыта.

576. В холодильнике из воды при температуре 10 °С за 4 ч получили 300 г льда при температуре —3 °С. Какое

количество теплоты отдали вода и лед? Какую часть это количество теплоты составляет от количества электроэнергии, потребленной холодильником из сети, если мощность холодильника 70 Вт?

577. В стальной сосуд массой 300 г налили 1,5 л воды при 17 °С. В воду опустили кусок мокрого снега массой 200 г. Когда снег растаял, установилась температура 7 °С. Какое количество воды было в комке снега?

578*. В алюминиевый калориметр массой 300 г опустили кусок льда. Температура калориметра и льда —15 °С. Затем пропустили через калориметр водяной пар при 100 °С. После того как температура смеси оказалась равной 25 °С, измерили массу смеси, она оказалась равной 500 г. Какое количество пара сконденсировалось и сколько льда находилось в начале опыта в калориметре?

§ 28. Изменение внутренней энергии в процессе совершения работы. Тепловые двигатели

579. При обработке детали слесарь совершил 46 движений стальным напильником, прикладывая среднюю силу 40 Н и перемещая напильник на 8 см при каждом движении. На сколько повысилась температура напильника, если он имеет массу 100 г и на увеличение его внутренней энергии пошло 50 % совершенной работы?

580. При трении двух тел, теплоемкости которых по 800 Дж/К, температура через 1 мин повысилась на 30 К. Найти среднюю мощность при трении.

581. С высоты h свободно падает кусок металла, удельная теплоемкость которого c. На сколько поднялась его температура при ударе о землю, если считать, что k % механической энергии куска металла превращается во внутреннюю?

582. Два одинаковых стальных шарика упали с одной и той же высоты. Первый упал в вязкий грунт, а второй, ударившись о камень, отскочил и был пойман рукой на некоторой высоте. Который из шариков больше нагрелся?

583. Свинцовая пуля летит со скоростью 200 м/с и попадает в земляной вал. На сколько повысилась температура пули, если 78 % кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю?

584. Стальной осколок, падая с высоты 500 м, имел у поверхности земли скорость 50 м/с. На сколько повысилась температура осколка, если считать, что вся работа сопротивления воздуха пошла на его нагревание?

585*. Шарик, подвешенный на нити длиной l (рис. 88), отвели в положение B и отпустили. После удара о стенку шарик отклонился на угол α до положения C. На сколько повысилась температура шарика, если k % потерянной механической энергии перешло во внутреннюю энергию шарика? Удельную теплоемкость c вещества шарика считать известной.

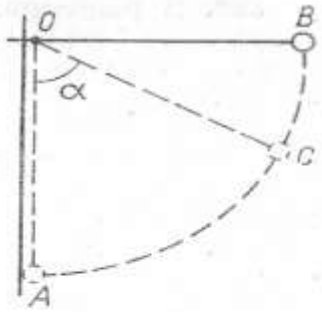

Рис. 88

586. Два свинцовых шара одинаковой массы движутся со скоростями v и $2v$ навстречу друг другу. Определить повышение температуры Δt шаров в результате неупругого удара.

587. С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась? Считать, что 80 % кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергию дробинки, а температура дробинки до удара была 127 °С.

588. При выстреле снаряд (пуля) массой m вылетает из ствола со скоростью v. Сколько процентов от энергии, освободившейся при сгорании порохового заряда массой M, составляет кинетическая энергия снаряда (пули)?

Сделать расчеты для пушечного снаряда при $m = 6{,}2$ кг, $v = 680$ м/с, $M = 1$ кг и для пули автомата при $m = 8$ г, $v = 700$ м/с, $M = 1{,}6$ г.

589. Что обладает большей внутренней энергией: рабочая смесь, находящаяся в цилиндре двигателя внутреннего сгорания к концу такта сжатия (до проскакивания искры), или продукт ее горения к концу рабочего хода?

590. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117 °С, а холодильника 27 °С. Количество теплоты, получаемой машиной от нагревателя за 1 с, равно 60 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, и мощность машины.

591. В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.

592. В решениях XXVI съезда КПСС сказано: «В автомобильной промышленности ускоренно развивать производство грузовых автомобилей с дизельными двигателями».

Найти КПД карбюраторного двигателя автомобиля ЗИЛ-130, если удельный расход топлива равен 326 г/(кВт·ч), и дизельного двигателя автомобиля КамАЗ-5320, у которого удельный расход топлива 224 г/(кВт·ч).

Какие преимущества имеют дизельные автомобильные двигатели по сравнению с карбюраторными?

593. В паровой турбине расходуется 0,35 кг дизельного топлива на 1 кВт·ч. Температура поступающего в турбину пара 250 °С, температура холодильника 30 °С. Вычислить фактический КПД турбины и сравнить его с КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же температурных условиях.

594. Найти КПД тракторного двигателя, который развивает мощность 110 кВт и расходует в час 28 кг дизельного топлива.

595. Какую среднюю мощность развивает двигатель мотоцикла, если при скорости движения 108 км/ч расход бензина составляет 3,7 л на 100 км пути, а КПД двигателя 25%? Плотность бензина 700 кг/м³.

596*. Междугородный автобус прошел путь 80 км за 1 ч. Двигатель при этом развивал среднюю мощность 70 кВт при КПД, равном 25 %. Сколько дизельного топлива, плотность которого 800 кг/м³, сэкономил водитель в рейсе, если норма расхода горючего 40 л на 100 км пути?

597*. Автомобиль массой 4,6 т трогается с места на подъеме, равном 0,025, и, двигаясь равноускоренно, за 40 с проходит 200 м. Найти расход бензина (в литрах) на этом участке, если коэффициент сопротивления 0,02 и КПД равен 20%.

ГЛАВА VIII

СВОЙСТВА ПАРОВ, ЖИДКОСТЕЙ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

§ 29. Свойства паров. Влажность воздуха

598. Почему в прорезиненной одежде трудно переносится жара?

599. Почему, если подышать себе на руку, получается ощущение тепла, а если подуть — ощущение холода?

600. Удельная теплота парообразования эфира значительно меньше удельной теплоты парообразования воды. Почему же смоченная эфиром рука ощущает более сильное охлаждение, чем при смачивании ее водой?

601. Можно ли считать, что при нормальном атмосферном давлении вода, находящаяся в достаточно глубоком сосуде, кипит при 100 °С?

602. Как отличаются температура кипения и удельная теплота парообразования воды на первом и последнем этажах высотного дома?

603. Насыщенный водяной пар находится при 100 °С и занимает некоторый объем. Как изменится давление пара, если его объем уменьшить вдвое, сохраняя прежнюю температуру?

604. Что обладает большей внутренней энергией: вода при 100 °С или такая же масса водяного пара при той же температуре?

605. При каком давлении вода будет кипеть при 19 °С?

606. Давление водяного пара при 14 °С было равно 1 кПа. Был ли этот пар насыщенным?

607. Трубка, один конец которой закрыт, наполнена водой и открытым концом погружена в сосуд с водой (рис. 89). Вода в трубке и в сосуде нагрета до температуры кипения. Что будет происходить с водой в трубке?

608. Во сколько раз концентрация молекул насыщенного водяного пара при 20 °С больше, чем при 10 °С?

609. В цилиндрическом сосуде под поршнем, площадь которого 10 см², находится вода при 20 °С, причем поршень касается поверхности воды. Какая масса воды испарится при перемещении поршня на 15 см?

610. В закрытом сосуде емкостью 2 л находится насыщенный водяной пар при 20 °С. Сколько воды образуется в сосуде при понижении температуры до 5 °С?

611. Плотность насыщенного пара ртути при 20 °С равна 0,02 г/м³. Найти давление пара при этой температуре.

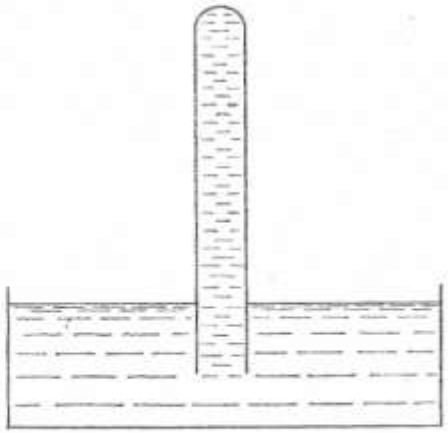

Рис. 89

612. Какова плотность насыщенного водяного пара при 100 °С?

613. Давление насыщенного пара эфира при 0 °С равно 24,7 кПа, а при 40 °С—123 кПа. Сравнить значения плотности пара при этих температурах.

614. Может ли вода находиться в жидком состоянии при температуре 350 °С; 400 °С?

615. Критическая температура углекислого газа 304 К. Можно ли, создав соответствующее давление, обратить его в жидкое состояние при температуре 300 К? при температуре 310 К?

616. В прошлом столетии над вопросом обращения газов в жидкое состояние работали английский ученый Фарадей и немецкий ученый Наттерер. Ни тот ни другой не смогли обратить в жидкость ряд газов, в том числе водород, кислород и азот, хотя сжимали их, доводя давление до 300 МПа и охлаждая до —100 °С. Фарадей предполагал, что для их сжижения необходимо добиться более сильного охлаждения, Наттерер же полагал, что причиной неудачи является невозможность создать более высокие давления. Кто из них оказался прав?

Критические температуры перечисленных газов соответственно равны 33 К, 154 К, 126 К.

617. Образующиеся белые клубы при выдохе на морозе иногда называют паром. Правильно ли это?

618. Почему запотевают очки, когда человек с мороза входит в комнату?

619. Почему в морозные дни над полыньей в реке образуется туман?

620. Если в комнате достаточно тепло и влажно, то при открывании зимой форточки образуются клубы тумана, которые в комнате опускаются, а на улице поднимаются. Объяснить явление.

621. Как по внешнему виду отличить в бане трубу с холодной водой от трубы с горячей?

622. Чем объяснить появление зимой инея на оконных стеклах? С какой стороны стекла он появляется?

623. Парциальное давление водяного пара в воздухе при 19 °С было 1,1 кПа. Найти относительную влажность.

624[1]. В 4 м³ воздуха при температуре 16 °С находится 40 г водяного пара. Найти относительную влажность.

[1] Относительной влажностью можно считать отношение плотности водяного пара, фактически находящегося в воздухе, к плотности насыщенного пара при данной температуре.

625. Найти относительную влажность воздуха в комнате при 18 °С, если точка росы 10 °С.

626. Относительная влажность в комнате при температуре 16 °С составляет 65%. Как изменится она при понижении температуры воздуха на 4 К, если парциальное давление водяного пара останется прежним?

627. Относительная влажность воздуха вечером при 16 °С равна 55 %. Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до 8 °С?

628. Для осушки воздуха, находящегося в баллоне емкостью 10 л, в баллон ввели кусок хлористого кальция, который поглотил 0,13 г воды. Какова была относительная влажность воздуха в баллоне, если его температура равна 20 °С?

629. Днем при 20 °С относительная влажность воздуха была 60%. Сколько воды в виде росы выделится из каждого кубического метра воздуха, если температура ночью понизилась до 8 °С?

630*. В цилиндре под поршнем находятся 0,4 г водяного пара при температуре 290 К. Этот пар занимает объем 40 л. Какими путями можно сделать пар насыщенным?

631. Сухой термометр психрометра показывает 16 °С, а влажный 8 °С. (Оба термометра предварительно выверены.) Относительная влажность, измеренная по волосному гигрометру, равна 30%. Правильны ли показания гигрометра?

632. Влажный термометр психрометра показывает 10 °С, а сухой 14 °С. Найти относительную влажность, парциальное давление и плотность водяного пара.

633*. При 4 °С сухой и влажный термометры психрометра давали одинаковые показания. Что покажет влажный термометр, если температура повысилась до 10 °С? если она повысилась до 16 °С? Считать, что парциальное давление водяного пара остается неизменным.

§ 30. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления

634. На одном конце соломинки выдули мыльный пузырь и поднесли другой ее конец к пламени горящей свечи. Почему пламя свечи будет отклоняться при этом в сторону?

635. Почему капли жира, плавающие на поверхности горячего супа, имеют при наблюдении сверху вид кругов?

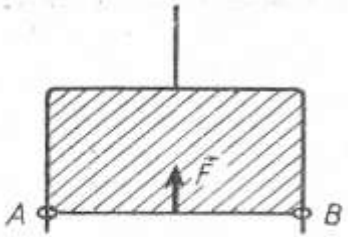

Рис. 90

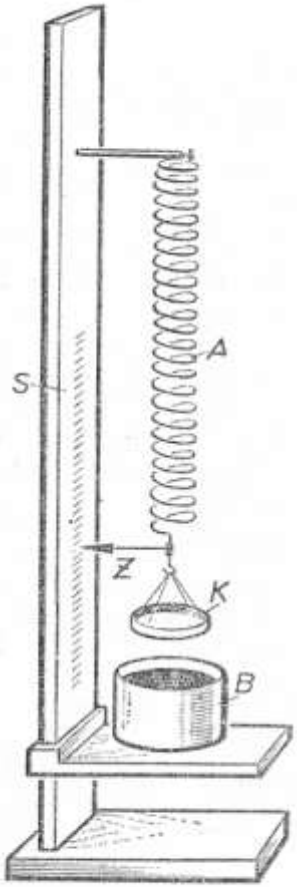

Рис. 91

Если краем ложки образовать шейку между двумя соседними каплями, то они сольются в одну большую каплю. Почему?

636. Какую работу надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь радиусом 4 см? Коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора равен 40 мН/м.

637. С какой силой действует мыльная пленка на проволоку AB (рис. 90), если длина проволоки 3 см? На сколько изменится поверхностная энергия пленки при перемещении проволоки на 2 см? $\sigma = 0{,}04$ Н/м.

638. Почему острые края стекла при нагревании до плавления становятся закругленными?

639. Если на поверхность воды положить нитку и по одну сторону от нее капнуть эфиром, то нитка будет перемещаться. Почему это происходит? В какую сторону перемещается нитка? Коэффициент поверхностного натяжения эфира 17 мН/м.

640. Положите на поверхность воды спичку и коснитесь воды кусочком мыла по одну сторону вблизи спички. Объясните наблюдаемое явление. Найдите силу, приводящую спичку в движение, если длина спички 4 см.

641. Для определения коэффициента поверхностного натяжения воды была использована пипетка с диаметром выходного отверстия 2 мм. Масса 40 капель оказалась равной 1,9 г. Каким по этим данным получится значение коэффициента поверхностного натяжения воды?

642. Из капельницы накапали равные массы сначала холодной воды при 8 °С, затем горячей воды при 80 °С. Как и во сколько раз изменился коэффициент поверхностного натяжения воды, если в первом случае образовалось 40, а во втором 48 капель? Плотность воды считать оба раза одинаковой.

643. Тонкое проволочное кольцо K диаметром 34 мм, подвешенное к пружине A с указателем Z, погружают в сосуд B с водой (рис. 91). Отметив положение указателя на шкале S, медленно опускают сосуд. Пружина при этом растягивается. В момент отрыва кольца от жидкости вновь отмечают положение указателя на шкале. Какое значение коэффициента поверхностного натяжения воды получено, если пружина растянулась на 31 мм? Жесткость пружины 0,5 Н/м. На сколько растянулась бы пружина, если бы в сосуд вместо воды был налит керосин?

644. Почему маленькие капли росы на листьях некоторых растений имеют форму шариков, тогда как листья других растений роса покрывает тонким слоем?

645. Почему кусок сахара, положенный на мокрый стол, вскоре весь пропитывается водой?

646. Почему бидон с керосином часто бывает покрыт снаружи тонким слоем керосина?

647. Чем объяснить, что соломенная кровля на крыше, состоящая из отдельных стебельков, между которыми имеется множество скважин, надежно защищает от дождя?

648. Как изменяется высота капиллярного поднятия воды в почве с повышением температуры?

649. В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм жидкость поднялась на 11 мм. Найти плотность данной жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 22 мН/м.

650. Ртутный барометр имеет диаметр трубки 3 мм. Какую поправку в показания барометра надо внести, если учитывать капиллярное опускание ртути?

651. Сообщающиеся капиллярные трубки разного диаметра заполнены водой. Как изменится разность уровней воды в трубках при нагревании воды?

652. В двух капиллярных трубках разного диаметра, опущенных в воду, установилась разность уровней 2,6 см. При опускании этих же трубок в спирт разность уровней оказалась 1 см. Зная коэффициент поверхностного натяжения воды, найти коэффициент поверхностного натяжения спирта.

653. Найти массу воды, поднявшейся по капиллярной трубке диаметром 0,5 мм.

654. На какую высоту поднимается вода между параллельными пластинками, находящимися на расстоянии 0,2 мм друг от друга?

§ 31. Механические свойства твердых тел

655. Как доказать, что скорость роста кристалла, помещенного в пересыщенный раствор или расплав, различна по разным направлениям?

656. Кубик, вырезанный из монокристалла, нагреваясь, может превратиться в параллелепипед. Почему это возможно?

657. Вблизи поверхности кристалла в процессе его роста наблюдаются так называемые концентрационные потоки раствора, поднимающиеся вверх. Объяснить явление.

658. Что будет с кристаллом, если опустить его в ненасыщенный раствор? если опустить его в пересыщенный раствор?

659. Какого вида деформации испытывают: а) ножка скамейки; б) сиденье скамейки; в) натянутая струна гитары; г) винт мясорубки; д) сверло; е) зубья пилы?

660. Какого вида деформации возникают в стержне, на котором крепятся дверные петли?

661. Какого вида деформации возникают в перекладине, когда гимнаст делает полный оборот («солнце»)?

662. Для чего рама велосипеда делается из полых трубок, а не из сплошных стержней?

663. К закрепленной одним концом проволоке диаметром 2 мм подвешен груз массой 10 кг. Найти механическое напряжение в проволоке.

664. Две проволоки, диаметры которых отличаются в 3 раза, подвержены действию одинаковых растягивающих сил. Сравнить возникающие в них напряжения.

665. Балка длиной 5 м с площадью поперечного сечения 100 см² под действием сил по 10 кН, приложенных к ее концам, сжалась на 1 см. Найти относительное сжатие и механическое напряжение.

666. При растяжении алюминиевой проволоки длиной 2 м в ней возникло механическое напряжение 35 МПа. Найти относительное и абсолютное удлинения.

667. Найти напряжение, возникающее в стальном тросе, при его относительном удлинении 0,001.

668. Во сколько абсолютное удлинение медной проволоки больше, чем стальной (такой же длины и такого же поперечного сечения), при действии на них одинаковых растягивающих сил?

669. К концам стальной проволоки длиной 3 м и сечением 1 мм² приложены растягивающие силы по 200 Н каждая. Найти абсолютное и относительное удлинения.

670. На рисунке 92 дан график зависимости упругого напряжения, возникающего в бетонной свае, от ее относительного сжатия. Найти модуль упругости бетона.

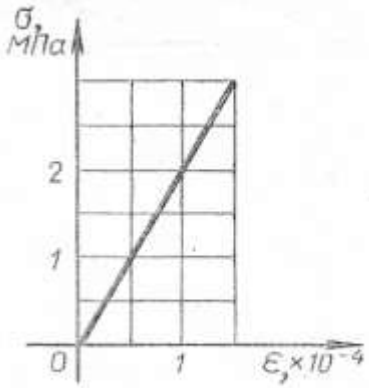

Рис. 92

671. Какие силы надо приложить к концам стальной проволоки длиной 4 м и сечением 0,5 мм² для удлинения ее на 2 мм?

672. Во сколько раз относительное удлинение рыболовной лесы диаметром 0,2 мм больше, чем лесы диаметром 0,4 мм, если к концам лес приложены одинаковые силы?

673. К проволоке был подвешен груз. Затем проволоку согнули пополам и подвесили тот же груз. Сравнить абсолютное и относительное удлинения проволоки в обоих случаях.

674. Во сколько раз изменится абсолютное удлинение проволоки, если, не меняя нагрузку, заменить проволоку другой из того же материала, но имеющей вдвое большую длину и в два раза больший диаметр?

675. На капроновой рыболовной леске написано: ∅0,12 мм, разрывная нагрузка 0,75 кг. Найти предел прочности на разрыв данного сорта капрона.

676. Из скольких стальных проволок диаметром 2 мм должен состоять трос, рассчитанный на подъем груза 2 т?

677. При океанологических исследованиях для взятия пробы грунта со дна океана на стальном тросе опускают особый прибор. Какова предельная глубина погружения? Массой прибора пренебречь.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ГЛАВА IX
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

§ 32. Закон Кулона. Напряженность поля[1]

678. С какой силой взаимодействуют два заряда по 10 нКл, находящиеся на расстоянии 3 см друг от друга?

679. На каком расстоянии друг от друга заряды 1 мкКл и 10 нКл взаимодействуют с силой 9 мН?

680. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

681. Во сколько раз сила электрического отталкивания между двумя электронами больше силы их гравитационного притяжения друг к другу?

682. Одинаковые шарики массой по 0,2 г подвешены на нити так, как показано на рисунке 93. Расстояние между шариками $|BC|=3$ см. Найти силу натяжения нити на участках AB и BC, если шарикам сообщили одинаковые заряды по 10 нКл. Рассмотреть случаи: а) заряды одноименные; б) заряды разноименные.

683. Два шарика, расположенные на расстоянии 10 см друг от друга, имеют одинаковые отрицательные заряды и взаимодействуют с силой 0,23 мН. Найти число «избыточных» электронов на каждом шарике.

684. Два одинаковых металлических шарика заряжены так, что заряд одного из них в 5 раз больше заряда другого. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась (по модулю) сила взаимодействия, если шарики были заряжены одноименно? разноименно?

685*. Доказать, что если два одинаковых металлических шарика, заряженные одноименно неравными зарядами, привести в соприкосновение и затем раздвинуть на

[1] В задачах этого параграфа, если нет специальных оговорок, считать заряды точечными и находящимися в вакууме (воздухе).

Рис. 93

Рис. 94

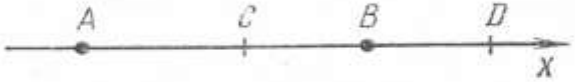

Рис. 95

прежнее расстояние, то сила взаимодействия обязательно увеличится, причем это увеличение будет тем более значительным, чем больше различие в значении зарядов.

686. Одинаковые металлические шарики, заряженные одноименно зарядами q и $4q$, находятся на расстоянии r друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние x надо их развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

687. Заряды 10 и 16 нКл расположены на расстоянии 7 мм друг от друга. Какая сила будет действовать на заряд 2 нКл, помещенный в точку, удаленную на 3 мм от меньшего заряда и на 4 мм от большего?

688. В поле зарядов $+q$ и $-q$ (рис. 94) помещают заряд $\frac{q}{2}$ сначала в точку C, а затем в точку D. Сравнить силы (по модулю), действующие на этот заряд, если $|DA|=|AC|=|CB|$.

689. Заряды 90 и 10 нКл расположены на расстоянии 4 см друг от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?

690. В вершинах правильного шестиугольника со стороной a помещены друг за другом заряды $+q, +q, +q, -q, -q, -q$. Найти силу, действующую на заряд $+q$, который помещен в центре шестиугольника.

691. Заряды 40 и —10 нКл расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Какой надо взять третий заряд и где следует его поместить, чтобы система находилась в равновесии? Будет ли равновесие устойчивым или неустойчивым?

692. Два заряда по 25 нКл каждый, расположенные на расстоянии 24 см друг от друга, образуют электростатическое поле. С какой силой это поле действует на заряд 2 нКл, помещенный в точку, удаленную на 15 см от каждого из зарядов, если заряды, образующие поле, одноименны? если заряды разноименны?

693. На двух одинаковых по длине нитях, закрепленных в одной точке, подвешены два шарика. Сравнить углы отклонений нитей от вертикали, если: а) шарики, имея одинаковые массы, заряжены одноименно и заряд первого шарика больше заряда второго; б) заряды шариков одинаковы, а масса первого больше массы второго.

694. Когда два одинаковых шарика массой по 400 мг, подвешенные на закрепленных в одной точке нитях равной длины, зарядили одноименными зарядами, эти шарики разошлись на 15 см друг от друга, причем нити образовали прямой угол. Найти заряд каждого шарика.

695. В начале урока две одинаковые станиолевые гильзы, подвешенные на закрепленных в одной точке очень длинных нитях, были заряжены одноименными равными зарядами и разошлись на некоторое расстояние, много меньшее длины нитей. К концу урока расстояние между гильзами уменьшилось в 4 раза. Какая часть заряда стекла с каждой гильзы? Считать, что гильзы потеряли одинаковые заряды.

696. В некоторой точке поля на заряд 2 нКл действует сила 0,4 мкН. Найти напряженность поля в этой точке.

697. Какая сила действует на заряд 12 нКл, помещенный в точку, в которой напряженность электрического поля равна 2 кВ/м?

698. С каким ускорением движется электрон в поле с напряженностью 10 кВ/м?

699. Найти напряженность поля заряда 36 нКл в точках, удаленных от заряда на 9 и 18 см.

700. В точке A (рис. 95) расположен заряд q_1, а в точке B — заряд q_2. Найти проекции на ось X вектора напряженности результирующего поля в точках C и D, если $|AC|=6$ см, $|CB|=|BD|=3$ см. Решить задачу для следующих значений зарядов: а) $q_1=40$ нКл, $q_2=10$ нКл; б) $q_1=40$ нКл, $q_2=-10$ нКл; в) $q_1=-40$ нКл, $q_2=10$ нКл; г) $q_1=-40$ нКл, $q_2=-10$ нКл.

701. Заряды по 0,1 мкКл расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность поля в точке, удаленной на 5 см от каждого из зарядов. Решить задачу для случаев: а) оба заряда положительные; б) один заряд положительный, а другой отрицательный.

702. Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии a друг от друга. В какой точке поля напряженность равна нулю, если заряды одноименные? разноименные?

703. В однородном поле с напряженностью 40 кВ/м находится заряд 27 нКл. Найти напряженность результирующего поля на расстоянии 9 см от заряда в точках: а) лежащих на силовой линии однородного поля, проходящей через заряд; б) лежащих на прямой, проходящей через заряд и перпендикулярной силовым линиям.

704. При внесении заряженного металлического шарика, подвешенного на изолирующей нити, в однородное горизонтально направленное поле нить образовала с вертикалью угол 45°. На сколько уменьшится угол отклонения нити при стекании с шарика одной десятой доли его заряда?

705. В основании равностороннего треугольника со стороной a находятся заряды по $+q$ каждый, а в вершине — заряд $-q$. Найти напряженность поля в центре треугольника.

706. Шарик массой m, несущий заряд q, свободно падает в однородном электрическом поле напряженностью E, направленной параллельно поверхности земли. Каково движение шарика? Написать уравнение траектории $y=y(x)$, направив ось X горизонтально по полю, а ось Y вертикально вниз. Начальная скорость шарика равна нулю.

§ 33. Проводники в электрическом поле. Поле заряженного шара и пластины. Диэлектрики в электрическом поле

707[1]. На шелковой нити висит станиолевая гильза. Необходимо определить, заряжена ли эта гильза, а если заряжена, то каков знак заряда. Предложите несколько способов.

708. К заряженному электрометру подносят с достаточно большого расстояния отрицательно заряженный пред-

[1] В задачах 707—716 необходимо детально объяснить рассматриваемые явления с точки зрения электронной теории, сделав необходимые чертежи. Многие из этих задач желательно проверить экспериментально в классе или дома.

мет. По мере приближения предмета показания электрометра сначала уменьшаются, а с некоторого момента вновь увеличиваются. Какого знака заряд был на электрометре?

709. В каком случае листочек незаряженной металлической фольги с большего расстояния притянется к заряженной палочке: если он лежит на заземленном стальном листе или когда он находится на сухом стекле?

710. Тело во время скольжения с наклонной плоскости наэлектризовалось. Повлияет ли это на время скольжения и скорость движения в конце плоскости?

711. Сравнить силу взаимодействия двух одинаковых шаров в случае одноименных и разноименных одинаковых по модулю зарядов. Расстояние между шарами сравнимо с их радиусом.

712. Как, имея заряженную палочку, зарядить два металлических шара, укрепленных на изолирующих подставках, одинаковыми по модулю и противоположными по знаку зарядами?

713. В однородное поле внесли металлический шар. Останется ли поле однородным вблизи поверхности шара?

714. К заряженному электрометру подносили: а) изолированный незаряженный проводник; б) заземленный проводник. Как изменялись показания электрометра в каждом из этих случаев?

715. К незаряженной станиолевой гильзе подносят наэлектризованное тело. Можно подобрать такое расстояние, на котором гильза еще не притягивается к телу, но стоит коснуться ее пальцем, и гильза притянется. Объяснить явление.

716. Металлические шары, помещенные на изолирующих подставках, привели в соприкосновение и зарядили отрицательно (рис. 96). Поместив на некотором расстоянии отрицательно заряженную палочку, шар *A* отодвинули и палочку убрали. Доказать рассуждением, что шар *A* всегда заряжен отрицательно, а шар *B* в зависимости от расстояния *BC* может быть заряжен отрицательно, остаться нейтральным или зарядиться положительно.

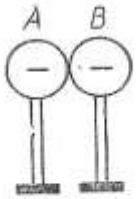

Рис. 96

Рис. 97

717. Металлическому шару радиусом 3 см сообщили заряд 16 нКл. Найти поверхностную плотность заряда и напряженность поля в точках, удаленных от центра шара на 2 см и на 4 см.

718. Заряженный шар имеет поверхностную плотность заряда σ. Найти напряженность поля в точке, отстоящей от поверхности шара на расстоянии, равном его диаметру.

719. Заряженный металлический лист свернули в цилиндр. Как изменится поверхностная плотность заряда?

720. Найти напряженность поля заряженной бесконечной пластины, если поверхностная плотность заряда на ней равна 354 нКл/м².

721. Алюминиевый сосуд, наполненный маслом, внесли в однородное поле, напряженность которого 75 кВ/м. Какова напряженность поля в масле? в алюминиевых стенках?

722. Найти значение каждого из двух одинаковых зарядов, если в масле на расстоянии 6 см друг от друга они взаимодействуют с силой 0,4 мН.

723. Во сколько раз надо изменить значение каждого из двух одинаковых зарядов, чтобы при погружении их в воду сила взаимодействия при том же расстоянии между ними была такая же, как в воздухе?

724. Во сколько раз надо изменить расстояние между двумя зарядами, чтобы при погружении их в керосин сила взаимодействия между ними была такая же, как в воздухе?

725. На расстоянии 3 см от заряда 4 нКл, находящегося в жидком диэлектрике, напряженность поля равна 20 кВ/м. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

726. Очень маленький заряженный шарик погрузили в керосин. На каком расстоянии от шарика напряженность поля будет такая же, какая была до погружения на расстоянии 29 см?

727. На каком расстоянии от шарика *A* (рис. 97), погруженного в керосин, должна быть расположена стальная пылинка *B* объемом 9 мм³, чтобы она находилась в равновесии? Заряд шарика равен 7 нКл, а заряд пылинки равен —2,1 нКл.

728. Одинаковые шарики, подвешенные на закрепленных в одной точке нитях равной длины, зарядили одина-

ковыми одноименными зарядами. Шарики оттолкнулись, и угол между нитями стал равен $\alpha=60°$. После погружения шариков в жидкий диэлектрик угол между нитями уменьшился до $\beta=50°$. Найти диэлектрическую проницаемость среды. Выталкивающей силой пренебречь.

729. Положительно заряженный шарик массой 0,18 г и плотностью вещества 1800 кг/м³ находится в равновесии в жидком диэлектрике плотностью 900 кг/м³. В диэлектрике имеется однородное электрическое поле напряженностью 45 кВ/м, направленное вертикально вверх. Найти заряд шарика.

730. Заряженный шар «запотел», покрывшись слоем воды. Как изменилась напряженность поля внутри слоя воды и вне его?

§ 34. Энергия заряженного тела в электрическом поле. Разность потенциалов. Связь между напряженностью и напряжением

731. Какую работу совершает поле при перемещении заряда 20 нКл из точки с потенциалом 700 В в точку с потенциалом 200 В? из точки с потенциалом —100 В в точку с потенциалом 400 В?

732. В однородном электрическом поле с напряженностью 1 кВ/м переместили заряд —25 нКл в направлении силовой линии на 2 см. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения.

733. В однородном поле напряженностью 60 кВ/м переместили заряд 5 нКл. Вектор перемещения равен по модулю 20 см и образует угол 60° с направлением силовой линии. Найти работу поля, изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда и поля и напряжение между начальной и конечной точками перемещения. Дать ответы на те же вопросы для случая перемещения отрицательного заряда.

734. Электрон переместился в ускоряющем поле из точки с потенциалом 200 В в точку с потенциалом 300 В. Найти кинетическую энергию электрона, изменение потенциальной энергии взаимодействия с полем и приобретенную скорость. Начальную скорость электрона считать равной нулю.

735. Электрон, двигаясь под действием электрического поля, увеличил свою скорость с 10 до 30 Мм/с. Найти разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения.

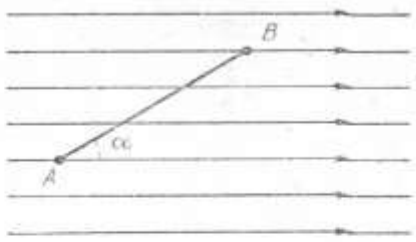

Рис. 98

736. Альфа-частица ($m=6{,}7\cdot10^{-27}$ кг, $q=3{,}2\cdot10^{-19}$ Кл) вылетает из ядра радия со скоростью $v=20$ Мм/с и попадает в однородное электрическое поле, линии напряженности которого направлены противоположно направлению движения частицы. Какую разность потенциалов должна пройти частица до остановки? Какой должна быть напряженность поля, чтобы частица остановилась, пройдя расстояние $s=2$ м?

737. Напряжение между двумя точками, лежащими на одной линии напряженности однородного поля, равно 2 кВ. Расстояние между этими точками 10 см. Какова напряженность поля?

738. Точка A лежит на линии напряженности однородного поля, напряженность которого 60 кВ/м. Найти разность потенциалов между этой точкой и некоей точкой B, расположенной в 10 см от точки A. Рассмотреть случаи, когда точки A и B лежат: а) на одной линии напряженности; б) на прямой, перпендикулярной линии напряженности; в) на прямой, направленной под углом 45° к линиям напряженности.

739. Найти напряжение между точками A и B (рис. 98), если $|AB|=8$ см, $\alpha=30°$ и напряженность поля 50 кВ/м.

740. Между двумя пластинами, расположенными горизонтально в вакууме на расстоянии 4,8 мм друг от друга, находится в равновесии отрицательно заряженная капелька масла массой 10 нг. Сколько «избыточных» электронов имеет капелька, если на пластины подано напряжение 1 кВ?

После облучения капельки она стала двигаться вниз с ускорением 6 м/с². Сколько электронов потеряла капелька?

741. В некоторых двух точках поля точечного заряда напряженность отличается в 4 раза. Во сколько раз отличаются потенциалы поля в этих точках?

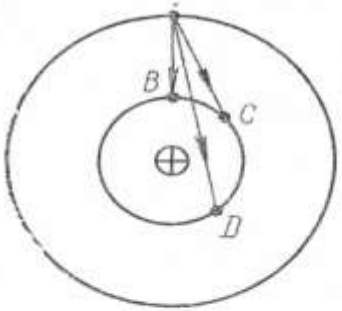

Рис. 99

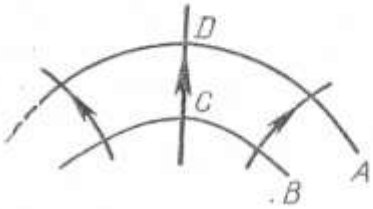

Рис. 100

742. На сколько изменится кинетическая энергия заряда 1 нКл при его движении под действием поля точечного заряда 1 мкКл из точки, удаленной на 3 см от этого заряда, в точку, отстоящую на 10 см от него? Начальная скорость равна нулю.

743. На сколько изменится потенциальная энергия взаимодействия зарядов 25 и —4 нКл при изменении расстояния между ними с 10 до 20 см?

744. К заряженному шару поднесли руку. Будет ли одинаковой в различных местах поверхностная плотность заряда на шаре? напряженность поля вблизи разных участков поверхности шара? Будут ли одинаковы потенциалы в различных точках поверхности шара?

745. Сравнить значения работы поля при перемещении заряда из точки A в точки B, C, D (рис. 99).

746. На рисунке 100 показаны силовые линии и две эквипотенциальные поверхности (A и B). В какой точке, C или D, больше напряженность поля? потенциал?

747. На рисунке 101, *а* показано расположение пластин и их потенциалы. Начертить линии напряженности электрического поля. Построить графики напряженности (рис. 101, *б*) и распределения потенциала (рис. 101, *в*) в зависимости от расстояния между пластинами.

748. На пластинах A и B, расположенных параллельно на расстоянии 8 см друг от друга, поддерживаются потенциалы +60 и —60 В соответственно. Между ними поместили заземленную пластину C на расстоянии 2 см от пластины A. На сколько изменилась напряженность поля на участках AC и CB? Какого знака заряд приобрела пластина C? Построить графики зависимостей $\varphi(x)$ и $E_x(x)$, расположив ось X так же, как в предыдущей задаче.

§ 35. Электроемкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля

749. Емкость конденсатора равна 40 пФ. Выразить эту емкость в фарадах и микрофарадах.

750. Емкость одного конденсатора 200 пФ, а другого — 1 мкФ. Сравнить заряды, накопленные на этих конденсаторах при их подключении к полюсам одного и того же источника постоянного напряжения.

751. Какова емкость конденсатора, если при его зарядке до напряжения 1,4 кВ он получает заряд 28 нКл?

752. Наибольшая емкость школьного конденсатора 58 мкФ. Какой заряд он накопит при его подключении к полюсам источника постоянного напряжения 50 В?

753. На конденсаторе написано: 100 пФ; 300 В. Можно ли использовать этот конденсатор для накопления заряда 50 нКл?

754. Во сколько раз изменится емкость конденсатора при уменьшении рабочей площади пластин в 2 раза и уменьшении расстояния между ними в 3 раза?

755. Во сколько раз изменится емкость конденсатора, если в качестве прокладки между пластинами вместо бумаги, пропитанной парафином, использовать листовую слюду такой же толщины?

756. При введении в пространство между пластинами воздушного конденсатора твердого диэлектрика напряжение на конденсаторе уменьшилось с 400 до 50 В. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

757. Одна из пластин школьного плоского конденсатора соединена со стержнем электрометра, а другая с заземленным корпусом. Какими способами можно показания электрометра уменьшить? увеличить?

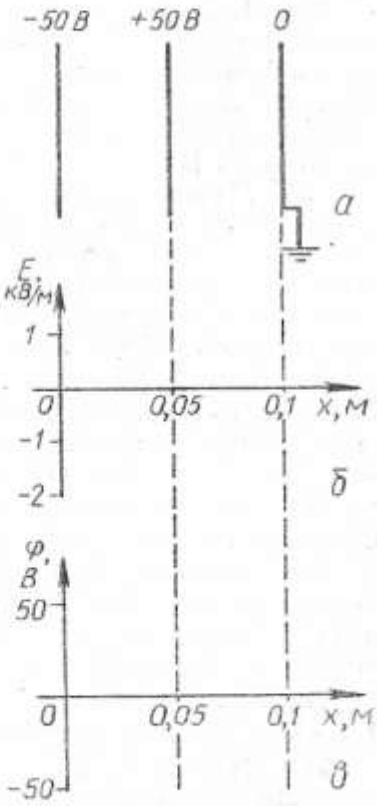

Рис. 101

758. Найти емкость плоского конденсатора, состоящего из двух круглых пластин диаметром 20 см, разделенных парафиновой прослойкой толщиной 1 мм.

759. Площадь каждой пластины плоского конденсатора равна 520 см². На каком расстоянии друг от друга надо расположить в воздухе пластины, чтобы емкость конденсатора была равна 46 пФ?

760. Плоский конденсатор состоит из двух пластин площадью 200 см² каждая, расположенных на расстоянии 2 мм друг от друга, между которыми находится слой слюды. Какой наибольший заряд можно сообщить конденсатору, если допустимое напряжение 3 кВ?

761. Конденсатор емкостью C_1 зарядили до напряжения $U_1 = 500$ В. При параллельном подключении этого конденсатора к незаряженному конденсатору емкостью $C_2 = 4$ мкФ вольтметр показал $U_2 = 100$ В. Найти емкость C_1.

762. К воздушному конденсатору, заряженному до напряжения 210 В, присоединили параллельно такой же незаряженный конденсатор, но с диэлектриком из стекла. Какова диэлектрическая проницаемость данного сорта стекла, если напряжение на зажимах батареи оказалось равным 30 В?

763. Между пластинами заряженного плоского конденсатора ввели диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ε, так что он полностью заполнил объем между половинами площадей пластин. Во сколько раз изменилась емкость конденсатора, заряд на пластинах и напряжение между ними?

764. В импульсной фотовспышке лампа питается от конденсатора емкостью 800 мкФ, заряженного до напряжения 300 В. Найти энергию вспышки и среднюю мощность, если продолжительность разрядки 2,4 мс.

765. Во сколько раз изменится энергия конденсатора при увеличении напряжения на нем в 4 раза?

766. Емкость одного конденсатора в 9 раз больше емкости другого. На какой из этих конденсаторов надо подать большее напряжение, чтобы их энергия была одинаковой? во сколько раз большее?

767. Конденсатору емкостью 10 мкФ сообщили заряд 4 мкКл. Какова энергия заряженного конденсатора?

768. Площадь каждой из пластин плоского конденсатора 200 см², а расстояние между ними 1 см. Какова энергия поля, если напряженность поля 500 кВ/м?

769. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином, равно 2 мм, а напряжение между пластинами 200 В. Найти плотность энергии поля.

770. Во сколько раз изменится энергия поля заряженного конденсатора, если пространство между пластинами конденсатора заполнить маслом? Рассмотреть случаи: а) конденсатор отключен от источника напряжения; б) конденсатор остается присоединенным к источнику постоянного напряжения. Ответ объяснить, пользуясь законом сохранения энергии.

771. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в 2 раза. Во сколько раз изменяется заряд, напряжение между пластинами, напряженность поля и энергия? Рассмотреть два случая: а) конденсатор отключен от источника напряжения; б) конденсатор остается присоединенным к источнику постоянного напряжения.

772. Заряженный конденсатор подключили параллельно к другому такому же, но незаряженному конденсатору. Во сколько раз изменилась энергия электрического поля? Ответ пояснить, пользуясь законом сохранения энергии.

ГЛАВА X

ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 36. Сила тока. Сопротивление. Закон Ома для участка цепи с последовательным и параллельным соединением проводников

773. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника за 1 мин при силе тока в цепи 0,2 А?

774. Конденсатор емкостью 100 мкФ заряжается до напряжения 500 В за 0,5 с. Каково среднее значение силы зарядного тока?

775. Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 1 нс при силе тока 32 мкА?

776. Обмотка реостата сопротивлением 84 Ом выполнена из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм². Какова длина проволоки?

777. Во сколько раз изменится сопротивление проводника (без изоляции), если его свернуть пополам и скрутить?

778. Пользуясь только линейкой (лучше штангенциркулем), найти удельное сопротивление материала проволоки, из которой выполнен данный реостат. Реостат взять малоомный с достаточно толстой проволокой, намотанной на цилиндрическое основание.

779*. Медный и алюминиевый проводники имеют одинаковые массы и сопротивления. Какой проводник длиннее и во сколько раз?

780*. Имеется моток медной проволоки (без изоляции). Как, имея весы и омметр, найти длину проволоки и площадь поперечного сечения? При возможности выполните работу.

781. Можно ли включить в сеть с напряжением 220 В потенциометр, на котором написано: а) 30 Ом, 5 А; б) 2000 Ом, 0,2 А?

782. Найти силу тока в стальном проводнике длиной 10 м и сечением 2 мм², на который подано напряжение 12 мВ.

783. Какова напряженность поля в алюминиевом проводнике сечением 1,4 мм² при силе тока 1 А?

784. На электрической плитке с открытой спиралью нагревается чайник. При кипении часть спирали залило водой. Как изменится накал незалитой части спирали?

785. Во сколько раз сила тока в момент включения лампы с вольфрамовой нитью больше силы тока в рабочем состоянии, если температура накала около 2400 °С?

786. Сопротивление обмотки электромагнита, выполненной из медной проволоки, при 20 °С было 2 Ом, а после длительной работы стало равно 2,4 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка?

787. На рисунке 102 приведен график падения напряжения на трех последовательно соединенных проводниках одинаковой длины. Каково соотношение сопротивлений этих проводников?

788. Цепь состоит из трех последовательно соединенных проводников, подключенных к источнику с напряжением 24 В. Сопротивление первого проводника 4 Ом, второго 6 Ом, и напряжение на концах третьего проводника 4 В. Найти силу тока в цепи, сопротивление третьего проводника и напряжения на концах первого и второго проводников.

789. Электрическую лампу сопротивлением 240 Ом, рассчитанную на напряжение 120 В, надо питать от сети с напряжением 220 В. Какой длины нихромовый проводник сечением 0,55 мм² надо включить последовательно с лампочкой?

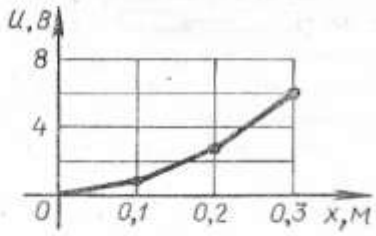

Рис. 102

790. От источника напряжением 45 В необходимо питать нагревательную спираль сопротивлением 20 Ом, рассчитанную на напряжение 30 В. Имеются три реостата, на которых написано: а) 6 Ом, 2 А; б) 30 Ом, 4 А; в) 800 Ом, 0,6 А. Какой из этих реостатов надо взять?

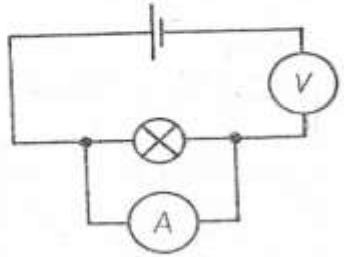

Рис. 103

791. Кабель состоит из двух стальных жил сечением 0,6 мм² каждая и четырех медных жил сечением 0,85 мм² каждая. Каково падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока 0,1 А?

792. Определяя сопротивление лампочки карманного фонаря, учащийся ошибочно составил цепь, схема которой приведена на рисунке 103. Описать режим работы этой цепи и указать, какими приблизительно будут показания приборов, если напряжение на полюсах источника тока 2 В.

793. На школьном демонстрационном гальванометре указаны сопротивление прибора 385 Ом и сила тока, вызывающая отклонение стрелки на одно деление, $3{,}8 \times 10^{-5}$ А/дел. Вся шкала имеет 10 делений. Каковы сопротивления приложенных двух шунтов, делающих прибор амперметром с пределами измерения 3 и 10 А?

794. На школьном гальванометре (от вольтметра) указаны сопротивление прибора 2,3 Ом и напряжение, которое надо подать, чтобы стрелка отклонилась на одно деление, $1{,}4 \cdot 10^{-3}$ В/дел. Вся шкала имеет 10 делений. Найти, каким должно быть добавочное сопротивление, чтобы прибор можно было использовать в качестве вольтметра с пределом измерения 5 В, 15 В.

795. Гальванометр имеет сопротивление 200 Ом, и при силе тока 100 мкА стрелка отклоняется на всю шкалу. Какое добавочное сопротивление надо подключить, чтобы прибор можно было использовать как вольтметр для измерения напряжения до 2 В? Какой шунт надо под-

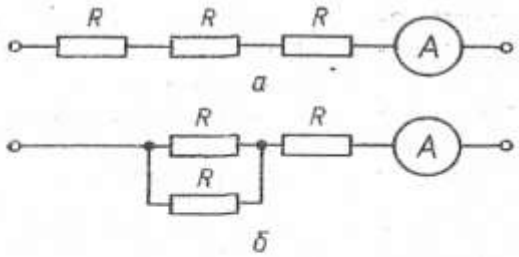

Рис. 104

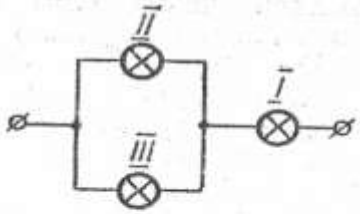

Рис. 105

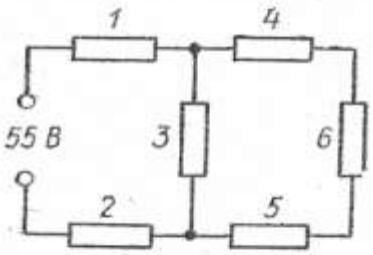

Рис. 106

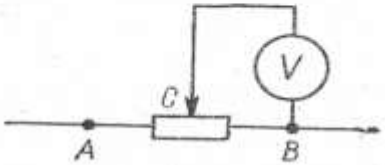

Рис. 107

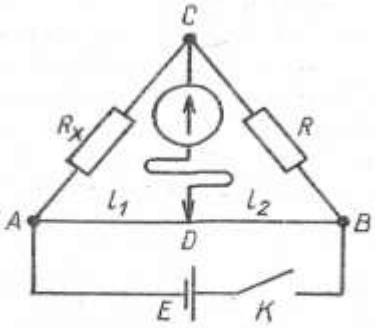

Рис. 108

ключить к этому гальванометру, чтобы его можно было использовать как миллиамперметр для измерения силы тока до 10 мА?

796. Какое добавочное сопротивление необходимо присоединить к вольтметру, внутреннее сопротивление которого 5 кОм, чтобы предельное значение измеряемого вольтметром напряжения увеличилось в 5 раз?

797. Каким должно быть сопротивление шунта, чтобы при его подключении к амперметру с внутренним сопротивлением 0,018 Ом предельное значение измеряемой амперметром силы тока увеличилось в 10 раз?

798. Четыре лампочки, рассчитанные на напряжение 3 В и силу тока 0,3 А, надо включить параллельно и питать от источника напряжением 5,4 В. Какое дополнительное сопротивление надо включить последовательно лампам? Как изменится накал ламп, если одну из них выключить?

799. Как изменится показание амперметра, если от

схемы, приведенной на рисунке 104, *а*, перейти к схеме, показанной на рисунке 104, *б*? Напряжение остается прежним.

800. Три одинаковые лампочки соединены по схеме, приведенной на рисунке 105. Как будет изменяться накал каждой из ламп, если эти лампы по одной поочередно выключать? закорачивать? При возможности проверьте ответ на опыте.

801. К цепи, показанной на рисунке 105, подведено напряжение 90 В. Сопротивление лампы II равно сопротивлению лампы I, а сопротивление лампы III в 4 раза больше сопротивления лампы I. Сила тока, потребляемая от источника, равна 0,5 А. Найти сопротивление каждой лампы, напряжение на лампах II и III и силу тока в них.

802. В цепи, схема которой изображена на рисунке 106, все сопротивления одинаковы и равны по 2 Ом. Найти распределение токов и напряжений.

803. Имеются источник тока напряжением 6 В, реостат сопротивлением 30 Ом и две лампочки, на которых написано: 3,5 В, 0,35 А и 2,5 В, 0,5 А. Как собрать цепь, чтобы лампочки работали в нормальном режиме?

804*. К зажиму *B* и скользящему контакту *C* реостата сопротивлением 600 Ом подключен вольтметр (рис. 107). Когда длина левой (по рисунку) части обмотки реостата в два раза больше длины правой части, вольтметр показывает 8 В.

После перемещения контакта к концу реостата в сторону точки *A* вольтметр показал 28 В. Найти сопротивление вольтметра. Напряжение, подведенное к зажимам *A* и *B*, постоянно.

805*. В мостовой схеме, приведенной на рисунке 108, R — эталонное сопротивление, R_x — сопротивление мотка алюминиевой проволоки. При погружении этого мотка проволоки в тающий лед мост оказывается уравновешенным (через гальванометр не идет ток), если $l_1 = l_2 = 50$ см. При погружении же алюминиевой проволоки в кипящую воду надо для уравновешивания моста переместить контакты так, чтобы $l_1 = 58$ см и $l_2 = 42$ см. Вычислить по этим данным температурный коэффициент сопротивления алюминия.

§ 37. Работа и мощность тока

806. По надписи на цоколе лампочки карманного фонаря определите потребляемую мощность и сопротивление в рабочем режиме.

807. По надписи на баллоне сетевой лампы накаливания найдите силу тока и сопротивление в рабочем режиме.

808. В электрической плитке, рассчитанной на напряжение 220 В, имеются две спирали по 120 Ом каждая. С помощью переключателя можно включить в сеть одну спираль, две спирали последовательно или две спирали параллельно. Найти мощность в каждом случае.

809. Из-за испарения и распыления материала с поверхности нити накала лампы нить со временем становится тоньше. Как это отражается на потребляемой мощности?

810. Почему спирали электронагревательных приборов делают из материала с большим удельным сопротивлением?

811. На сколько процентов изменится мощность, потребляемая электромагнитом, обмотка которого выполнена из медной проволоки, при изменении температуры от 0 до 30 °С?

812. Как, зная паспортные данные лампочки и имея омметр, определить приблизительно температуру накала нити?

813. Лампу, рассчитанную на 220 В, включили в сеть напряжением 110 В. Во сколько раз изменилась мощность лампы по сравнению с номинальной? Какое уточнение надо внести в ответ, если учесть изменение сопротивления с температурой?

814. Десять параллельно соединенных ламп сопротивлением по 0,5 кОм, рассчитанных каждая на напряжение 120 В, питаются через реостат от сети напряжением 220 В. Какова мощность электрического тока в реостате?

815. На одной лампочке написано 40 Вт, 220 В, а на другой — 100 Вт, 220 В. Сравнить мощности этих лампочек при последовательном включении. При возможности проверьте (качественно) ответ на опыте.

816. При ремонте электрической плитки спираль была укорочена на 0,1 первоначальной длины. Во сколько раз изменилась мощность плитки?

817. К источнику постоянного напряжения через реостат подключена лампа, сопротивление которой в 8 раз больше сопротивления реостата. На сколько процентов изменится мощность, потребляемая лампой, если параллельно ей подключить вторую такую же лампу?

818. Троллейбус массой 11 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно 550 В и КПД равен 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02.

819. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В и потребляет силу тока 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает на высоту 19 м за 50 с?

820. Какой длины надо взять никелиновую проволоку сечением 0,84 мм², чтобы изготовить нагреватель на 220 В, при помощи которого можно было бы нагреть 2 л воды от 20°С до кипения за 10 мин при КПД 80%?

821. Электрокипятильник со спиралью сопротивлением 160 Ом поместили в сосуд, содержащий 0,5 л воды при 20 °С, и включили в сеть напряжением 220 В. Через 20 мин спираль выключили. Какое количество воды выкипело, если КПД спирали 80 %?

§ 38. Электродвижущая сила. Закон Ома для замкнутой цепи

822. При питании лампочки от элемента с ЭДС 1,5 В сила тока в цепи равна 0,2 А. Найти работу сторонних сил в элементе за 1 мин.

823. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключен реостат, сопротивление которого 5 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение на зажимах источника.

824. Каково напряжение на полюсах источника с ЭДС, равной $\mathcal{E}$, когда сопротивление внешней части цепи равно внутреннему сопротивлению источника?

825. При подключении лампочки к батарее элементов с ЭДС 4,5 В вольтметр показал напряжение на лампочке 4 В, а амперметр — силу тока 0,25 А. Каково внутреннее сопротивление батареи?

826. При подключении электромагнита к источнику с ЭДС 30 В и внутренним сопротивлением 2 Ом напряжение на зажимах источника стало 28 В. Найти силу тока в цепи. Какую работу совершают сторонние силы источника за 5 мин? Какова работа тока во внешней и внутренней частях цепи за то же время?

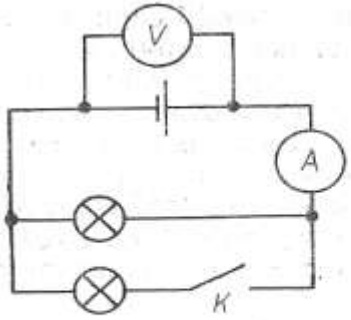

Рис. 109

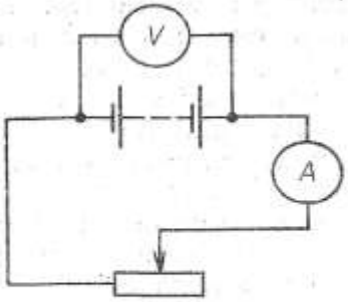

Рис. 110

827[1]. Как изменятся показания амперметра и вольтметра (рис. 109), если замкнуть ключ *K*?

828. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенном к элементу с ЭДС 1,1 В, идет ток 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента?

829. Для определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока собрали цепь по схеме, приведенной на рисунке 110. При некотором положении скользящего контакта реостата амперметр показал 0,5 А, а вольтметр 4 В. Когда контакт переместили немного влево, амперметр показал 0,9 А, а вольтметр 3,6 В. Вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

830. При подключении к батарее гальванических элементов сопротивления 16 Ом сила тока в цепи была 1 А, а при подключении сопротивления 8 Ом сила тока стала 1,8 А. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление батареи. При возможности выполните работу экспериментально, используя два известных сопротивления и амперметр.

831*. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока 30 А мощность во внешней цепи равна 180 Вт, а при силе тока 10 А эта мощность равна 100 Вт.

832. Вольтметр, подключенный к зажимам источника тока, показал 6 В. Когда к тем же зажимам подключили лампочку, вольтметр стал показывать 3 В. Что покажет вольтметр, если вместо одной подключить две такие же лампочки, соединенные последовательно? параллельно?

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа внутренним сопротивлением источника тока нельзя пренебрегать. Сопротивление вольтметра, если нет специальных оговорок, считать достаточно большим, а сопротивление амперметра — ничтожно малым.

833. От генератора с ЭДС 40 В и внутренним сопротивлением 0,04 Ом ток поступает по медному кабелю сечением 170 мм² к месту электросварки, удаленному от генератора на 50 м. Найти напряжение на зажимах генератора и на сварочном аппарате, если сила тока в цепи равна 200 А. Какова мощность сварочной дуги?

834. Генератор питает 50 ламп сопротивлением 300 Ом каждая. Напряжение на зажимах генератора 128 В, его внутреннее сопротивление 0,1 Ом, а сопротивление подводящей линии 0,4 Ом. Найти силу тока в линии, ЭДС генератора, напряжение на лампах, полезную мощность, потерю мощности на внутреннем сопротивлении генератора и в подводящих проводах.

835*. От генератора с ЭДС 250 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом необходимо протянуть к потребителю двухпроводную линию длиной 100 м. Какая масса алюминия пойдет на изготовление подводящих проводов, если максимальная мощность потребителя 22 кВт и он рассчитан на напряжение 220 В?

836. Лампочки, сопротивления которых 3 и 12 Ом, поочередно подключенные к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найти внутреннее сопротивление источника и КПД цепи в каждом случае.

837*. Источник тока имеет сопротивление, сравнимое с сопротивлением вольтметров. Один вольтметр, подключенный к зажимам источника, показал 10 В. Другой вольтметр, присоединенный к источнику вместо первого, показал 15 В. Когда же эти вольтметры соединили последовательно и подключили к зажимам источника, то первый показал 4 В, а второй 12 В. Найти ЭДС источника.

838. Источник тока с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 1 Ом питает через реостат три параллельно соединенные лампочки, рассчитанные на напряжение 6,3 В и силу тока 0,3 А. Реостат поставлен в такое положение, что лампочки работают в номинальном режиме. Одна из лампочек перегорела. Во сколько раз изменилась мощность каждой из двух оставшихся лампочек по сравнению с номинальной?

839. Источник тока с внутренним сопротивлением r и ЭДС $\mathcal{E}$ замкнут на три лампочки с сопротивлением $3r$ каждая, соединенные последовательно. Во сколько раз изменятся сила тока в цепи, напряжение на зажимах источника и полезная мощность, если лампочки соединить параллельно?

ГЛАВА XI

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

§ 39. Электрический ток в металлах и электролитах

840. Найти скорость упорядоченного движения электронов в проводе сечением 5 мм² при силе тока 10 А, если концентрация электронов проводимости $5 \cdot 10^{28}$ м$^{-3}$.

841. Найти скорость упорядоченного движения электронов в медном проводе сечением 25 мм² при силе тока 50 А, считая, что на каждый атом приходится один электрон проводимости.

842*. Один полюс источника тока присоединили к электрической лампе медным проводом, а другой полюс — алюминиевым проводом такого же диаметра. Сравнить скорость упорядоченного движения электронов в подводящих проводах, считая, что на каждый атом приходится один электрон проводимости.

843. Электрическую лампочку включили в сеть последовательно с электролитической ванной, наполненной слабым раствором поваренной соли. Изменится ли накал лампочки, если добавить в раствор еще некоторое количество соли? При возможности проверьте свой ответ на опыте.

844. Электрический ток пропускают через электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. Угольные электроды погружены в раствор приблизительно на половину своей длины. Как изменится количество меди, выделяющееся на катоде за один и тот же небольшой промежуток времени, если: а) заменить угольный анод медным такой же формы и объема; б) заменить угольный катод медным; в) увеличить напряжение на электродах; г) долить электролита той же концентрации; д) увеличить концентрацию раствора; е) сблизить электроды; ж) уменьшить погруженную часть анода; з) уменьшить погруженную часть катода; и) нагреть раствор электролита? При возможности проверьте сделанные выводы на опыте (о количестве выделяющейся меди можно судить по показаниям амперметра).

845. Две одинаковые электролитические ванны (*A* и *B*) наполнены раствором медного купороса. Концентрация раствора в ванне *A* больше, чем в ванне *B*. В какой из ванн выделится больше меди, если их соединить последовательно? параллельно?

846. Сколько времени длилось никелирование, если на изделие осел слой никеля массой 1,8 г? Сила тока 2 А.

847. При проведении опыта по определению электрохимического эквивалента меди были получены следующие данные: время прохождения тока 20 мин, сила тока 0,5 А, масса катода до опыта 70,4 г, масса после опыта 70,58 г. Какое значение электрохимического эквивалента меди было получено по этим данным?

848. Сопротивление раствора медного купороса при повышении температуры на 1 К уменьшается примерно на 2%. Во сколько раз изменится масса меди, выделяющейся на катоде за единицу времени, если температура раствора повысится на 5 К?

849. Зная постоянную Фарадея и используя таблицу Менделеева, найти электрохимические эквиваленты двух- и четырехвалентного олова.

850. Зная электрохимический эквивалент серебра, вычислить электрохимический эквивалент золота.

851. Сравнить массы одновалентного серебра и трехвалентного алюминия, выделенные на катодах при последовательном соединении электролитических ванн.

852. Сравнить затраты электроэнергии на получение электролитическим путем одинаковых масс алюминия и меди, если по нормам напряжение на ванне при получении алюминия в 14 раз больше, чем при рафинировании меди.

853. Каков расход энергии (в кВт·ч) на рафинирование 1 т меди, если напряжение на электролитической ванне по техническим нормам равно 0,4 В?

854. Сколько электроэнергии надо затратить для получения 2,5 л водорода при температуре 25 °С и давлении 100 кПа, если электролиз ведется при напряжении 5 В и КПД установки 75%?

855. Деталь надо покрыть слоем хрома толщиной 50 мкм. Сколько времени потребуется для покрытия, если норма плотности тока[1] при хромировании 2 кА/м²? Плотность хрома 7200 кг/м³.

---

[1] Плотность тока j выражается отношением силы тока I к площади S поперечного сечения проводника: $j = \frac{I}{S}$.

856*. В технических справочниках по применению гальваностегии приводится величина $\frac{h}{jt}$, характеризующая скорость роста толщины h покрытия при единичной плотности тока j. Доказать, что эта величина пропорциональна отношению электрохимического эквивалента k данного металла к его плотности ρ.

§ 40. Электрический ток в газах, вакууме, полупроводниках

857. Какова сила тока насыщения при несамостоятельном газовом разряде, если ионизатор образует ежесекундно 10^9 пар ионов в одном кубическом сантиметре, площадь каждого из двух плоских параллельных электродов 100 см^2 и расстояние между ними 5 см?

858. Как изменится сила тока насыщения, если при неизменном действии ионизатора сблизить пластины?

859. При какой напряженности поля начнется самостоятельный разряд в воздухе, если энергия ионизации молекул равна $2{,}4\cdot10^{-18}$ Дж, а средняя длина свободного пробега 5 мкм? Какова скорость электронов при ударе о молекулы?

860. Расстояние между электродами в трубке, наполненной парами ртути, 10 см. Какова средняя длина свободного пробега электрона, если самостоятельный разряд наступает при напряжении 600 В? Энергия ионизации паров ртути $1{,}7\cdot10^{-18}$ Дж. Поле считать однородным.

861. Плоский конденсатор зарядили до разности потенциалов, очень близкой к пробойному значению, но еще не достигающей его, и отсоединили от источника напряжения. Наступит ли пробой, если пластины начать сближать?

862. Плоский конденсатор подключен к источнику напряжением 6 кВ. При каком расстоянии между пластинами наступит пробой, если ударная ионизация воздуха начинается при напряженности поля 3 МВ/м?

863. Не изменяя расстояния между разрядниками электрофорной машины и поддерживая примерно постоянную частоту вращения, отключите при помощи соединительного стержня конденсаторы (лейденские банки). Объясните причину изменения характера разряда.

864. Пронаблюдайте на индукционной катушке разряд между острием и плоским электродом. Почему разряд с острия идет не к середине, а к краю плоского электрода?

865. При перенапряжении между рогами разрядника (рис. 111) возникает плазменная дуга. Почему дуга сначала возникает внизу, а затем перемещается вверх и гаснет?

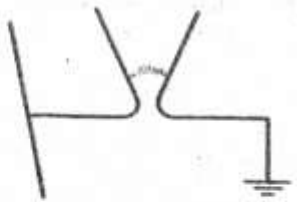

Рис. 111

866. При какой наименьшей скорости электрон может вылететь из серебра?

867. Скорость электрона при выходе с поверхности катода, покрытого оксидом бария, уменьшилась в два раза. Найти скорости электрона до и после выхода из катода.

868[1]. В диоде электрон подходит к аноду со скоростью 8 Мм/с. Найти анодное напряжение.

869. В телевизионном кинескопе ускоряющее анодное напряжение равно 16 кВ, а расстояние от анода до экрана составляет 30 см. За какое время электроны проходят это расстояние?

870. Расстояние между катодом и анодом диода равно 1 см. Сколько времени движется электрон от катода к аноду при анодном напряжении 440 В? Движение считать равноускоренным.

871. В электроннолучевой трубке поток электронов с кинетической энергией $W_k=8$ кэВ движется между пластинами плоского конденсатора длиной $x=4$ см. Расстояние между пластинами $d=2$ см. Какое напряжение надо подать на пластины конденсатора, чтобы смещение электронного пучка на выходе из конденсатора оказалось равным $y=0{,}8$ см?

872. В электроннолучевой трубке поток электронов ускоряется полем с разностью потенциалов $U=5$ кВ и попадает в пространство между вертикально отклоняющими пластинами длиной $x=5$ см, напряженность поля между которыми $E=40$ кВ/м. Найти вертикальное смещение y луча на выходе из пространства между пластинами.

873. Концентрация электронов проводимости в германии при комнатной температуре $n=3\cdot10^{19}$ м$^{-3}$. Какую часть составляет число электронов проводимости от об-

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа, если нет специальных оговорок, считать, что начальная скорость электрона равна 0.

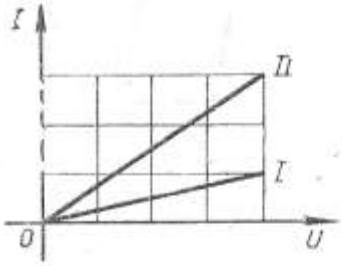

Рис. 112

щего числа атомов? Плотность германия $\rho = 5400$ кг/м^3, а молярная масса этого вещества $M = 0{,}073$ кг/моль.

874. Доказать рассуждением, что соединение InAs (арсенид индия), в котором количества (в молях) индия и мышьяка одинаковы, будет обладать проводимостью типа собственной проводимости элементов четвертой группы (Ge, Si). Какого типа будет проводимость при увеличении концентрации индия? мышьяка?

875. Для получения примесной проводимости нужного типа в полупроводниковой технике часто применяют фосфор, галлий, мышьяк, индий, сурьму.

Какие из этих элементов можно ввести в качестве примеси в германий, чтобы получить электронную проводимость?

876. К концам цепи, состоящей из последовательно включенных термистора и резистора сопротивлением 1 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была 5 мА. Когда термистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 10 мА. Во сколько раз изменилось в результате нагрева сопротивление термистора?

877. На рисунке 112 приведены графики зависимости силы тока, идущего через фоторезистор, от приложенного напряжения. Какой график относится к освещенному фоторезистору и какой — к находящемуся в темноте?

Применим ли закон Ома к данному фоторезистору и при каких условиях?

Во сколько раз сопротивление освещенного фоторезистора меньше затемненного?

878. Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза.

Во сколько раз уменьшилось сопротивление фоторезистора?

ГЛАВА XII

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

§ 41. Магнитное поле тока. Магнитная индукция. Магнитный поток. Закон Ампера. Сила Лоренца. Магнитные свойства веществ

879. В каком направлении повернется магнитная стрелка в контуре, обтекаемом током, как показано на рисунке 113?

880. Круглый виток провода свободно висит на подводящих проводах. По витку течет ток указанного на рисунке 114 направления. Как поведет себя виток, если перед ним поместить линейный магнит: а) обращенный южным полюсом к витку; б) обращенный северным полюсом к витку; в) расположенный параллельно плоскости витка южным полюсом справа?

881. Круговой проводник *A* закреплен, а круговой проводник *B* может вращаться вокруг оси (рис. 115). Как расположится проводник *B*, если по проводникам пропустить токи в направлениях, указанных на рисунке?

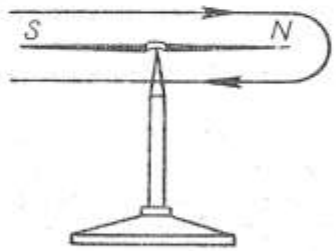

Рис. 113

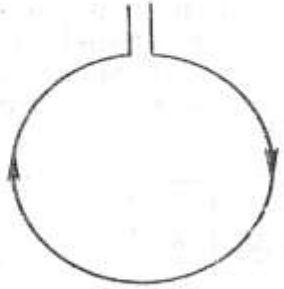

Рис. 114

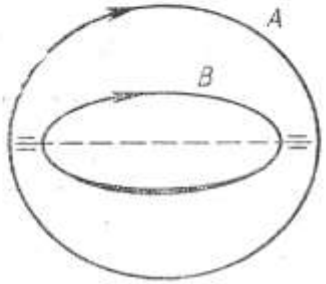

Рис. 115

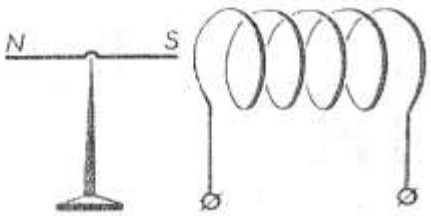

Рис. 116

882. Пометить знаками «+» и «—» полюсы источника тока, питающего соленоид, чтобы наблюдалось указанное на рисунке 116 взаимодействие.

883. Максимальный вращающий момент, действующий на рамку площадью 1 см², находящуюся в магнитном поле, равен 2 мкН·м. Сила тока, текущего в рамке, 0,5 А. Найти индукцию магнитного поля.

884. Рамка площадью 400 см² помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл так, что нормаль к рамке перпендикулярна линиям индукции. При какой силе тока на рамку будет действовать вращающий момент 20 мН·м?

885. Плоская прямоугольная катушка из 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2 А?

886. Магнитный поток внутри контура, площадь поперечного сечения которого 60 см², равен 0,3 мВб. Найти индукцию поля внутри контура. Поле считать однородным.

887. Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см² при индукции поля 0,4 Тл, если эта поверхность: а) перпендикулярна вектору индукции поля; б) расположена под углом 45° к вектору индукции; в) расположена под углом 30° к вектору индукции?

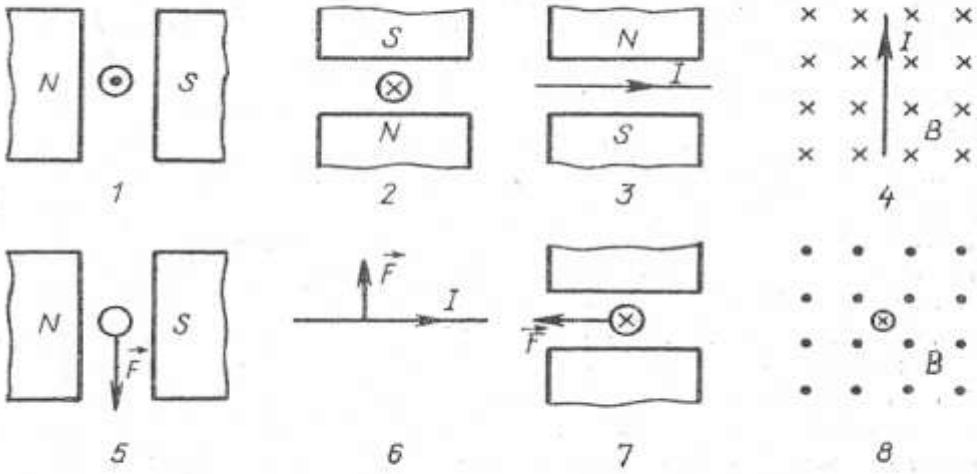

Рис. 117

888. На рисунке 117 представлены взаимодействия магнитного поля с током. Сформулировать задачу для каждого из приведенных случаев и решить ее.

889. Определить расположение полюсов магнита (рис. 118).

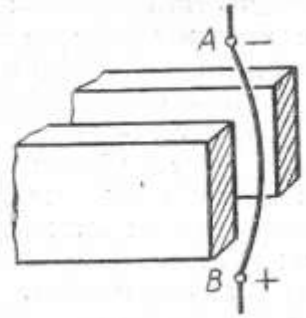

Рис. 118

890. Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник длиной активной части 5 см действует сила 50 мН?

Сила тока в проводнике 25 А. Проводник расположен перпендикулярно индукции магнитного поля.

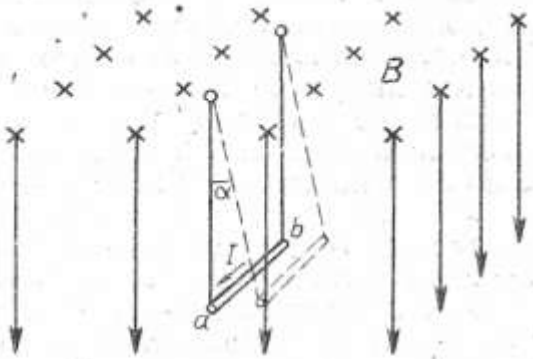

Рис. 119

891. С какой силой действует магнитное поле с индукцией 10 мТл на проводник, в котором сила тока 50 А, если длина активной части проводника 0,1 м? Поле и ток взаимно перпендикулярны.

892. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 4 г течет ток 10 А. Найти индукцию (модуль и направление) магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась силой Ампера.

Рис. 120

893*. Проводник *ab*, длина которого *l* и масса *m*, подвешен на тонких проволочках. При прохождении по нему тока *I* он отклонился в одно-

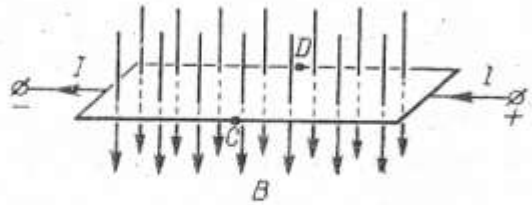

Рис. 121

родном магнитном поле (рис. 119) так, что нити образовали угол α с вертикалью. Какова индукция магнитного поля? При возможности определите таким способом среднюю индукцию магнитного поля дугообразного магнита.

894. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найти совершенную работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции.

895. В какую сторону сместится под действием магнитного поля электронный луч в вакуумной трубке, изображенной на рисунке 120?

896. Если к точкам C и D (рис. 121) тонкого металлического листа, по которому проходит электрический ток, подключить чувствительный гальванометр, то в случае наличия магнитного поля (направление вектора магнитной индукции показано на рисунке) он покажет возникновение разности потенциалов. Объясните причину появления разности потенциалов между точками C и D. Сравните потенциалы этих точек.

897. Какая сила действует на протон, движущийся со скоростью 10 Мм/с в магнитном поле с индукцией 0,2 Тл перпендикулярно линиям индукции?

898. В направлении, перпендикулярном линиям индукции, влетает в магнитное поле электрон со скоростью 10 Мм/с. Найти индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см.

899. Протон в магнитном поле с индукцией 0,01 Тл описал окружность радиусом 10 см. Найти скорость протона.

900. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 10$ мТл перпендикулярно линиям индукции влетает электрон с кинетической энергией $W_k = 30$ кэВ. Каков радиус кривизны траектории движения электрона в поле?

901. Протон и α-частица[1] влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Сравнить радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости; б) энергии.

902. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 4$ мТл. Найти период T обращения электрона.

903. Однородные электрическое и магнитное поля расположены взаимно перпендикулярно. Напряженность

[1] Заряд α-частицы в 2 раза больше заряда протона, а масса в 4 раза больше.

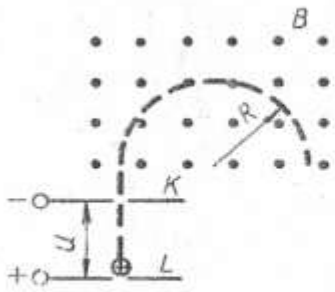

Рис. 122

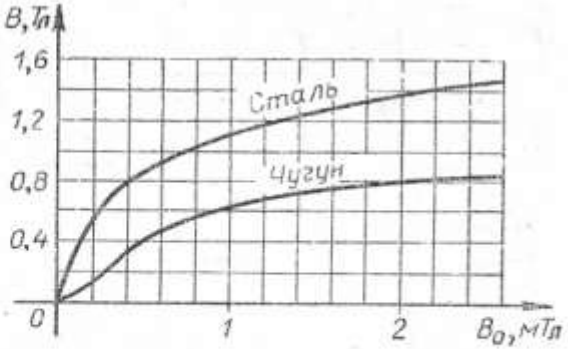

Рис. 123

электрического поля 1 кВ/м, а индукция магнитного поля 1 мТл. Какими должны быть направление и значение скорости электрона, чтобы его движение было прямолинейным?

904*. В масс-спектрографе (рис. 122) заряженные частицы ускоряются на участке KL электрическим полем и, попав в магнитное поле с индукцией B, описывают окружность радиусом R. Вывести формулу для расчета удельного заряда частицы $\frac{q}{m}$, если ускоряющее напряжение равно U, а начальную скорость частицы считать равной нулю.

905. По графику (рис. 123) определить магнитную проницаемость стали при индукции B_0 намагничивающего поля 0,4 мТл и 1,2 мТл.

906. Во сколько раз изменится магнитный поток, если чугунный сердечник в соленоиде заменить стальным таких же размеров? Индукция намагничивающего поля $B_0 = 2{,}2$ мТл. Использовать рисунок 123.

907. Внутри соленоида без сердечника индукция поля $B_0 = 2$ мТл. Каким станет магнитный поток, если в соленоид ввести чугунный сердечник сечением 100 см^2? Использовать рисунок 123.

§ 42. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля тока

908. На рисунке 124 приведены различные случаи электромагнитной индукции. Сформулировать и решить задачу для каждого случая.

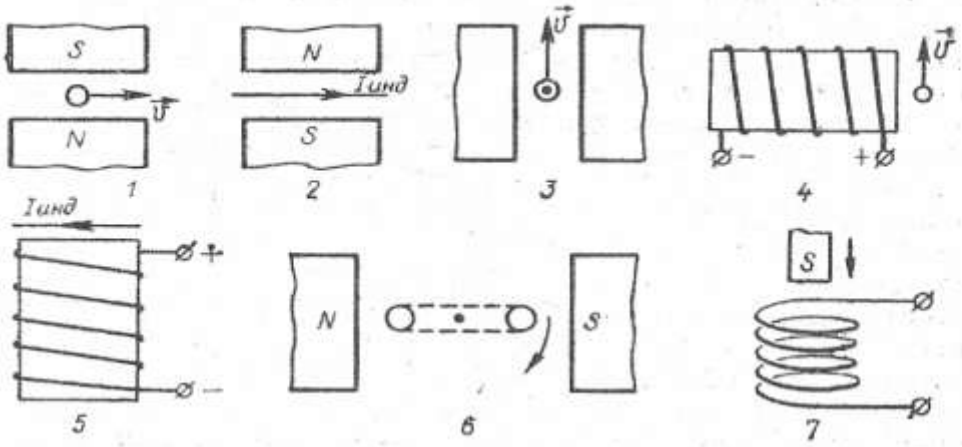

Рис. 124

909. Будет ли в рамке $ABCD$ (рис. 125) возникать индукционный ток, если рамку: а) вращать относительно неподвижного проводника с током OO', как показано на рисунке; б) вращать вокруг стороны AB; в) вращать вокруг стороны BC; г) двигать поступательно в вертикальном направлении; д) двигать поступательно в горизонтальном направлении?

910. Будет ли возникать индукционный ток в круговом витке, находящемся в однородном магнитном поле, если: а) перемещать виток поступательно; б) вращать виток вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно плоскости витка; в) вращать виток вокруг оси, лежащей в его плоскости?

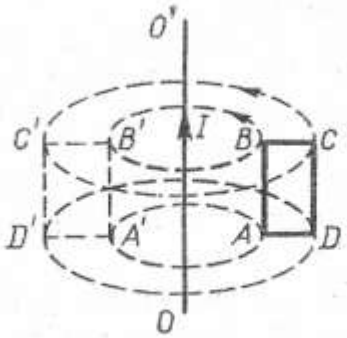

Рис. 125

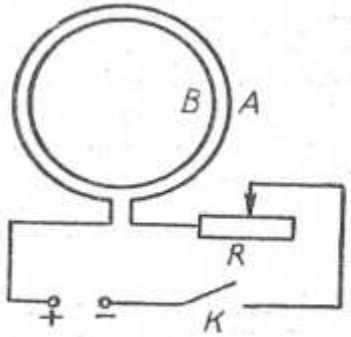

Рис. 126

911. Три одинаковых полосовых магнита падают в вертикальном положении одновременно с одной высоты. Первый падает свободно, второй во время падения проходит сквозь незамкнутый соленоид, третий — сквозь замкнутый соленоид. Сравнить время падения магнитов. Ответы обосновать на основании правила Ленца и закона сохранения энергии.

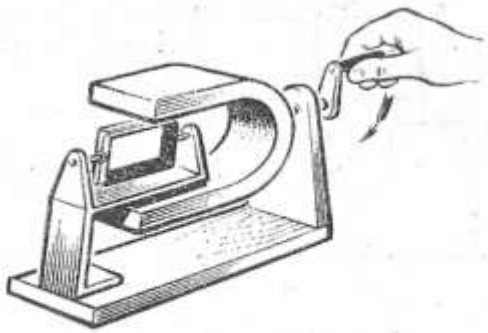

Рис. 127

912. Найти направление индукционного тока, возникающего в витке B (рис. 126), если в цепи витка A ключ K замыкают и если этот ключ размыкают. Указать также направление индукционного тока, если при замкнутом ключе скользящий контакт реостата R передвигают вправо и когда его передвигают влево.

913. Если вращать магнит (рис. 127), то замкнутый виток проволоки, укрепленный на оси, начинает вращаться. Объяснить явление и определить направление вращения витка.

914. Если клеммы двух демонстрационных гальванометров соединить проводами и затем покачиванием одного из приборов вызвать колебание его стрелки, то и у другого прибора стрелка тоже начнет колебаться. Объясните опыт и при возможности проверьте.

915. Почему колебания стрелки компаса быстрее затухают, если корпус прибора латунный, и медленнее затухают, если корпус прибора пластмассовый?

916. Объяснить принцип торможения трамвая, когда водитель, отключив двигатель M от контактной сети (рис. 128), переводит его в режим генератора (ключ K переводится из положения 1 в положение 2). Как зависит ускорение (быстрота торможения) трамвая: а) от нагрузки (сопротивления резистора R) при данной скорости движения трамвая; б) от скорости трамвая при данной нагрузке?

917. За 5 мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 9 мВб. Найти ЭДС индукции в соленоиде.

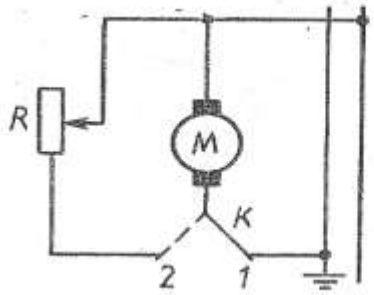

Рис. 128

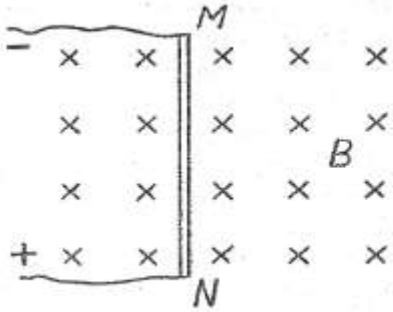

Рис. 129

918. Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из 2000 витков при возбуждении в нем ЭДС индукции 120 В.

919. Сколько витков провода должна содержать обмотка на стальном сердечнике с поперечным сечением 50 см², чтобы в ней при изменении магнитной индукции от 0,1 до 1,1 Тл в течение 5 мс возбуждалась ЭДС индукции 100 В?

920. Найти ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25 м, перемещающемся в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом 30° к вектору магнитной индукции.

921. С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 1 м, под углом 60° к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции 1 В? Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл.

922. Проводник *MN* (рис. 129) с длиной активной части 1 м и сопротивлением 2 Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Проводник подключен к источнику с ЭДС 1 В (внутренним сопротивлением источника и сопротивлением подводящих проводников пренебречь). Какова сила тока в проводнике, если: а) проводник покоится; б) проводник движется вправо со скоростью 4 м/с; в) проводник движется влево с такой же по модулю скоростью? В каком направлении и с какой скоростью надо перемещать проводник, чтобы через него не шел ток?

923. Какова индуктивность соленоида, если при силе тока 5 А через него проходит магнитный поток в 50 мВб?

924. Какой магнитный поток возникает в катушке с индуктивностью 20 мГн при силе тока 10 А?

925. Найти индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.

926. Какая ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита с индуктивностью 0,4 Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 5 А за 0,02 с?

927. Через соленоид, индуктивность которого 0,4 мГн и площадь поперечного сечения 10 см², проходит ток 0,5 А. Какова индукция поля внутри соленоида, если он содержит 100 витков? Поле считать однородным.

928. Катушка с железным сердечником сечением 20 см² имеет индуктивность 0,02 Гн. Какой должна быть сила тока, чтобы индукция поля в сердечнике была 1 мТл, если катушка содержит 1000 витков?

929. Объяснить, почему при касании пальцами руки выводов батареи от карманного фонарика нет болевых ощущений, но если батарею подключить к электрическому звонку, то во время работы звонка появляется ощущение сильных болевых ударов тока.

930. Почему отключение от питающей сети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостата?

931. В катушке с индуктивностью 0,6 Гн сила тока равна 20 А. Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится вдвое?

932. Какой должна быть сила тока в обмотке дросселя с индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия поля оказалась равной 1 Дж?

933. Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ГЛАВА XIII

МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ[1]

§ 43. Кинематика колебательного движения

934. Шарик массой 200 г, закрепленный на пружине, жесткость которой 0,2 кН/м (рис. 130), совершает колебания. Написать уравнение, выражающее зависимость ускорения от смещения: $a_x(x)$. Каково наибольшее ускорение, если амплитуда колебаний равна 1 см?

935. Найти ускорение шарика (см. рис. 130) при смещениях 2, 0 и —0,5 см, если масса шарика 100 г и жесткость пружины 400 Н/м. В какой точке шарик движется с ускорением 10 м/с²?

936. Маленький шарик, подвешенный на нити длиной 0,5 м, совершает колебания с амплитудой, много меньшей длины нити. Написать формулу зависимости $a_x(x)$, считая движение прямолинейным. Каково ускорение шарика при смещениях 0,5 и —1 см?

937. Математический маятник длиной 1 м совершает колебания с амплитудой 2 см. Найти тангенциальные ускорения маятника в крайних положениях и в положении равновесия.

938. Материальная точка совершает незатухающие гармонические колебания. Какие из величин, характеризующих это движение (смещение, амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза, скорость, ускорение), являются постоянными и какие переменными?

939. Амплитуда незатухающих колебаний точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдет точка за 0,2 с?

940. Маятник совершил 50 колебаний за 1 мин 40 с. Найти период, частоту и циклическую частоту колебаний.

[1] В задачах этой главы, если нет специальных оговорок, считать, что: а) колебательное движение задается уравнением $x = x_m \cos\omega t$, б) все величины заданы в единицах СИ; в) движение изучается в пределах одного периода.

941. Какова частота колебаний поршней в цилиндрах двигателя автомобиля «Жигули» при скорости движения автомобиля 120 км/ч, если диаметр колес 60 см и частота вращения коленчатого вала в 4,3 раза больше частоты вращения колес?

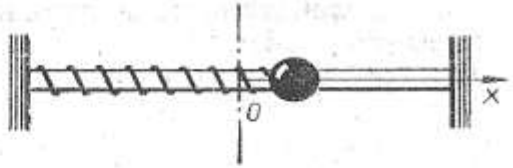

Рис. 130

942. Уравнение движения имеет вид: $x = 0{,}06 \cos 100\pi t$. Каковы амплитуда, частота и период колебаний?

943. Уравнение движения гармонического колебания имеет вид: $x = 0{,}02 \cos\pi t$. Построить график зависимости $x(t)$. Найти смещение через 0,25 с; через 1,25 с. Ответы пояснить с помощью графика.

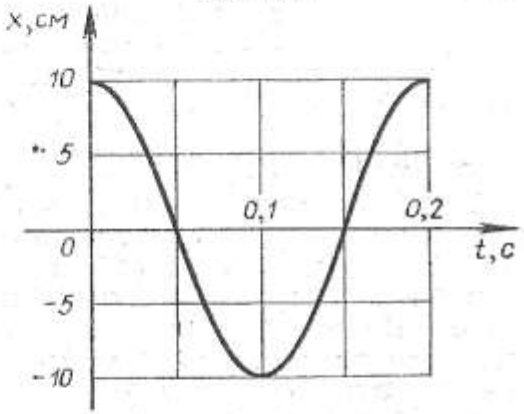

Рис. 131

944. При каких фазах смещение по модулю равно половине амплитуды?

945. По графику, приведенному на рисунке 131: а) найти амплитуду, период, частоту и циклическую частоту колебаний; б) написать уравнение зависимости $x(t)$; в) найти смещение колеблющейся точки при фазах $\frac{\pi}{2}$ и $\frac{2\pi}{3}$ рад; г) найти смещение через 0,1 и 0,15 с после начала отсчета времени.

946. Амплитуда колебаний 10 см, а частота 0,5 Гц. Написать уравнение зависимости $x(t)$ и построить его график. Найти фазу и смещение через 1,5 с. Определить, через сколько времени смещение будет 7,1 см.

947. При фазе $\frac{\pi}{3}$ рад смещение было равно 1 см. Найти амплитуду колебаний и смещение при фазе $\frac{3\pi}{4}$ рад.

948*. Сравнить время прохождения колеблющейся точкой первой и второй половины амплитуды.

949. Колебательное движение точки описывается уравнением $x=0{,}05\cos 20\pi t$. Вычислив первую и вторую производные, написать уравнения зависимости скорости и ускорения от времени: $v_x(t)$ и $a_x(t)$. Найти координату, скорость и ускорение спустя $\frac{1}{60}$ с после момента $t=0$.

950. Амплитуда колебаний конца ножки камертона 1 мм, а частота колебаний 500 Гц. Написать уравнения $x(t)$, $v_x(t)$ и $a_x(t)$. Каковы наибольшие значения скорости и ускорения? В каких положениях достигаются эти значения?

§ 44. Динамика колебательного движения

951. Найти частоту колебаний груза массой 400 г, подвешенного к пружине жесткостью 160 Н/м.

952. Найти массу груза, который на пружине с жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

953. Во сколько раз изменится частота колебаний автомобиля на рессорах после принятия груза, равного массе порожнего автомобиля?

954. Груз, подвешенный на длинном резиновом жгуте, совершал колебания с периодом T. Во сколько раз изменится период колебаний, если отрезать 3/4 длины жгута и подвесить на оставшуюся часть тот же груз? При возможности проверьте ответ на опыте.

955. Подвесьте к пружине или резиновому жгуту груз и измерьте удлинение x. Рассчитайте период колебаний этого груза (масса неизвестна) и проверьте ответ на опыте.

956. Груз массой 1 кг, подвешенный к пружине с жесткостью 100 Н/м, совершает колебания с амплитудой 10 см. Написать уравнение $x=x(t)$ движения груза. Написать формулу $F_x(t)$, выражающую зависимость силы упругости от времени. Найти наибольшее значение силы упругости и значение силы упругости через 1/6 периода.

957. Какое значение получил для ускорения свободного падения учащийся при выполнении лабораторной работы, если маятник длиной 80 см совершил за 3 мин 100 колебаний?

958. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один из них совершает 10, а второй 30 колебаний?

959. Как изменится ход часов с маятником на металлическом стержне: а) при повышении температуры; б) при поднятии на гору; в) при перемещении от полюса к экватору?

960. Как изменится частота колебаний стального шарика, подвешенного на нити, если под ним поместить сильный магнит?

961. За одно и то же время один математический маятник делает 50 колебаний, а второй 30. Найти их длины, если один из них на 32 см короче другого.

962. Математический маятник длиной 2,5 м совершает колебания с амплитудой 10 см. Написать уравнение движения $x=x(t)$.

963. Во сколько раз изменится период колебания маятника в ракете, стартующей с поверхности Земли вертикально вверх с ускорением 30 м/с^2?

964*. Шарик массой m, подвешенный на нити, совершает колебания. Как изменится частота колебаний, если шарику сообщить положительный заряд q и поместить его в однородное электрическое поле напряженностью E, силовые линии которого направлены вертикально вниз?

965. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине с жесткостью 250 Н/м. Амплитуда колебаний 15 см. Найти полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения груза.

966. Материальная точка массой m колеблется с частотой ν и амплитудой x_m. Найти зависимость потенциальной и кинетической энергии точки от времени: $W_p(t)$ и $W_k(t)$. Какова полная механическая энергия W колебаний? Полученными результатами рекомендуется пользоваться при решении последующих задач.

967. Во сколько раз изменилась полная механическая энергия колеблющегося маятника при уменьшении его длины в 3 раза и увеличении амплитуды в 2 раза?

968. Человек массой 80 кг качается на качелях. Амплитуда его колебания 1 м. За 1 мин он совершает 15 колебаний. Найти кинетическую и потенциальную энергию через 1/12 периода.

969. Груз, подвешенный на пружине с жесткостью 1 кН/м, колеблется с амплитудой 2 см. Найти кинетическую и потенциальную энергию при фазе $\frac{\pi}{3}$ рад.

970*. Пружинный маятник вывели из положения равновесия и отпустили. Через какое время (в долях периода) кинетическая энергия колеблющегося тела будет равна потенциальной энергии пружины?

971. Чтобы отвести качели с сидящим на них человеком на большой угол, необходимо приложить значительную силу. Почему же раскачать качели до такого же угла отклонения можно с помощью значительно меньшего усилия?

972. Подвесьте на нити массивный груз и раскачайте его дуновением. Объясните явление.

973. Как раскачать стрелку заряженного электрометра, не имея заряженного тела? Проверьте на опыте и объясните явление.

974. Чтобы помочь шоферу вывести автомобиль, застрявший в грязи, несколько человек «раскачивают» автомобиль, причем толчки, как правило, производятся по команде. Безразлично ли, через какие промежутки времени подавать команду?

975. Мальчик несет на коромысле ведра с водой, период собственных колебаний которых 1,6 с. При какой скорости движения вода начнет особенно сильно выплескиваться, если длина шага мальчика 60 см?

976. На некоторых участках дороги встречаются расположенные на приблизительно одинаковых расстояниях выбоины (это обычно отмечается соответствующим дорожным знаком). Водитель вел автомобиль по такому участку один раз порожним, а другой раз нагруженным. Сравнить скорости движения машины, при которых наступит резонансное раскачивание на рессорах.

977. За счет какой энергии поддерживаются незатухающие колебания при качании на качелях? Можно ли назвать эту систему автоколебательной?

ГЛАВА XIV

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

§ 45. Колебательный контур

978. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 800 пФ и катушку индуктивностью 2 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

979. Каков диапазон частот собственных колебаний в контуре, если его индуктивность можно изменять в пределах от 0,1 до 10 мкГн, а емкость — в пределах от 50 до 5000 пФ?

980. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости конденсатора 50 пФ получить частоту свободных колебаний 10 МГц?

981. Во сколько раз изменится частота собственных колебаний в колебательном контуре, если емкость конденсатора увеличить в 25 раз, а индуктивность катушки уменьшить в 16 раз?

982. Конденсатор емкостью $C=10$ мкФ зарядили до напряжения $U=400$ В и подключили к катушке. После этого в контуре возникли затухающие колебания. Какое количество теплоты Q выделится в контуре за время, в течение которого амплитуда напряжения уменьшится в 2 раза?

983. В колебательном контуре индуктивность катушки равна 0,2 Гн, а амплитуда силы тока 40 мА. Найти энергию электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки в тот момент, когда мгновенное значение силы тока будет в 2 раза меньше амплитудного значения.

984. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C=400$ пФ и катушки индуктивностью $L=10$ мГн. Найти амплитуду силы тока I_m, если амплитуда напряжения $U_m=500$ В.

985[1]. Заряд q на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени t по закону $q=10^{-6}\cos 10^4\pi t$. Записать закон зависимости силы тока от времени $i(t)$. Найти период и частоту колебаний в контуре, амплитуду колебаний заряда и амплитуду колебаний силы тока.

986. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 1 мкФ и катушки индуктивностью 4 Гн. Амплитуда колебаний заряда на конденсаторе 100 мкКл. Написать формулу зависимостей $q(t)$, $i(t)$, $u(t)$. Найти амплитуды колебаний силы тока и напряжения.

§ 46. Переменный ток

987. При вращении проволочной рамки в однородном магнитном поле пронизывающий рамку магнитный поток изменяется в зависимости от времени по закону $\Phi=0{,}01\cos 10\pi t$. Вычислив производную Φ', написать формулу зависимости ЭДС от времени $e(t)$. В каком по-

[1] В этой и следующей задаче, если нет специальных оговорок, считать, что: а) колебания в контуре являются незатухающими; б) зависимость заряда на конденсаторе от времени задана выражением $q=q_m\cos\omega t$; в) все величины заданы в единицах СИ.

ложении была рамка в начале отсчета времени? Какова частота вращения рамки? Чему равны максимальные значения магнитного потока и ЭДС?

988. Рамка площадью $S=200$ см² вращается с угловой скоростью $\omega=50$ рад/с в однородном магнитном поле с индукцией $B=0{,}4$ Тл. Написать формулы зависимости магнитного потока и ЭДС от времени, если при $t=0$ нормаль к плоскости рамки параллельна линиям индукции поля.

989. Сколько витков имеет рамка площадью 500 см², если при вращении ее с частотой 20 с⁻¹ в однородном поле с индукцией 0,1 Тл амплитудное значение ЭДС равно 63 В?

990. Что будет происходить с проводником AB (см. рис. 118), если через него пропустить переменный ток промышленной частоты?

991. Какую траекторию опишет электрон, пролетая между пластинами плоского конденсатора, на которые подано: а) постоянное напряжение; б) переменное напряжение достаточно высокой частоты?

992. По графику (рис. 132) найти амплитудное значение переменной ЭДС, ее период и частоту. Записать формулу изменения ЭДС со временем.

993. Изменение силы тока в зависимости от времени задано уравнением $i=5\cos 200\pi t$. Найти частоту и период колебаний, амплитуду силы тока, а также значение силы тока при фазе $\frac{\pi}{3}$ рад.

994[1]. Каково значение напряжения через 10, 15 и 30 мс, если амплитуда напряжения 200 В и период 60 мс?

995. Через $^1/_6$ периода мгновенное значение ЭДС равно 50 В. Каково значение ЭДС при фазе $\frac{\pi}{4}$ рад?

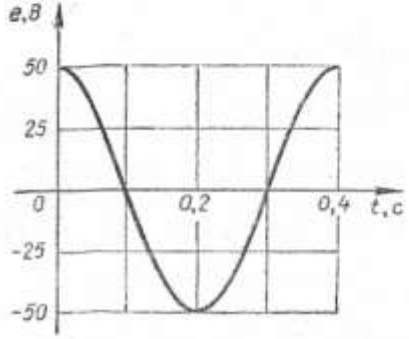

Рис. 132

996. На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии передачи, если действующее напряжение 430 кВ?

[1] В этой и последующих задачах, если нет специальных оговорок, считать, что рассматриваемые величины изменяются в зависимости от времени по закону косинуса и начальная фаза равна нулю.

997. Написать законы изменения напряжения $u(t)$ и силы тока $i(t)$ для электроплитки сопротивлением 50 Ом, включенной в сеть переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В.

998*. Неоновая лампа начинает светить, когда напряжение на ее электродах достигает строго определенного значения. Какую часть периода будет светить лампа, если ее включить в сеть, действующее значение напряжения в которой равно этому напряжению?

999. Конденсатор, емкость которого можно изменять, включен в цепь последовательно с лампочкой от карманного фонаря и источником переменного тока, частоту которого можно изменять. Как изменится накал лампы, если: а) не меняя емкости конденсатора, увеличить частоту переменного тока; б) не меняя частоту, увеличить емкость конденсатора?

1000. Каково сопротивление конденсатора емкостью 4 мкФ в сетях с частотой переменного тока 50 и 400 Гц?

1001. Конденсатор включен в сеть переменного тока стандартной частоты. Напряжение в сети 220 В. Сила тока в цепи этого конденсатора 2,5 А. Какова емкость конденсатора?

1002. Катушка от школьного универсального трансформатора включена в цепь последовательно с лампочкой от карманного фонаря и источником переменного тока регулируемой частоты. Как изменится накал лампочки, если: а) не меняя частоту, поместить в катушку железный сердечник; б) уменьшить частоту?

1003. Каково индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 0,2 Гн при частоте тока 50 Гц? 400 Гц?

1004. Катушка с ничтожно малым активным сопротивлением включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. При напряжении 125 В сила тока равна 2,5 А. Какова индуктивность катушки?

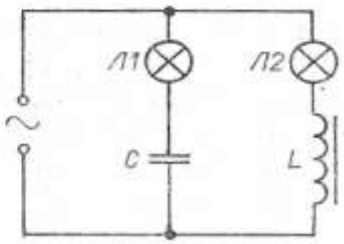

Рис. 133

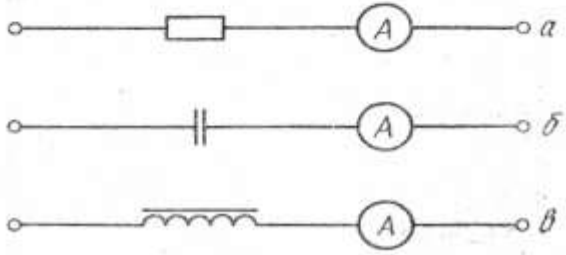

Рис. 134

1005. На рисунке 133 представлена схема цепи, питаемой от генератора тока регулируемой частоты. При некоторой частоте лампы *Л1* и *Л2* горят одинаково. Как изменится накал ламп, если частоту увеличить? уменьшить?

1006. Цепи, изображенные на рисунке 134, *а, б, в,* питаются сначала от источника постоянного тока, а затем от источника переменного тока, причем действующее значение переменного напряжения равно напряжению на полюсах источника постоянного тока. Как изменятся показания амперметра в каждом из рассматриваемых случаев?

1007. Напряжение и ток в нагрузке изменяются в зависимости от времени так: $u = U_m \cos \omega t$, $i = I_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$. Какая это нагрузка: активная, индуктивная или емкостная?

1008. В цепь переменного тока включены последовательно конденсатор, катушка без сердечника и лампа накаливания. При постепенном введении сердечника лампа сначала горит все ярче, а затем накал нити начинает уменьшаться. Почему?

1009. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка с индуктивностью 0,1 Гн. Какой емкости конденсатор надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?

1010. В цепь включены конденсатор емкостью 2 мкФ и катушка с индуктивностью 0,05 Гн. При какой частоте тока в этой цепи будет резонанс?

1011. Генератор переменного тока имеет на роторе 6 пар полюсов. Какой должна быть частота вращения ротора, чтобы генератор вырабатывал ток стандартной частоты?

1012. Ротор генератора имеет 50 пар полюсов и вращается с частотой 2400 об/мин. Какова частота ЭДС?

1013. Можно ли, сняв катушку школьного трансформатора с сердечника, подать на нее переменное напряжение, указанное на катушке?

1014. Трансформатор повышает напряжение с 220 до 660 В и содержит в первичной обмотке 840 витков. Каков коэффициент трансформации? Сколько витков содержится во вторичной обмотке? В какой обмотке провод большего сечения?

1015. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации, равным 10, включен в сеть с напряжением 220 В. Каково напряжение на выходе трансформатора, если сопротивление вторичной обмотки 0,2 Ом, а сопротивление полезной нагрузки 2 Ом?

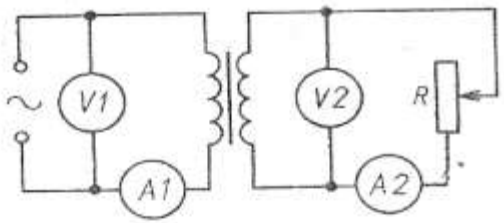

Рис. 135

1016*. Трансформатор включен в сеть (рис. 135). Как изменятся показания приборов при увеличении полезной нагрузки (уменьшении сопротивления R)?

1017. Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 100 витков, пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону $\Phi = 0{,}01 \cos 314t$. Написать формулу, выражающую зависимость ЭДС во вторичной обмотке от времени, и найти действующее значение этой ЭДС.

ГЛАВА XV
ВОЛНЫ

§ 47. Механические волны. Звук

1018. По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 6 м/с. Каковы период и частота колебаний бакена, если длина волны 3 м?

1019. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними горбами волны 1,2 м. Какова скорость распространения волн?

1020. На озере в безветренную погоду с лодки бросили тяжелый якорь. От места бросания якоря пошли волны. Человек, стоящий на берегу, заметил, что волна дошла до него через 50 с, расстояние между соседними горбами волны 0,5 м, а за 5 с было 20 всплесков о берег. Как далеко от берега находилась лодка?

1021. На поверхности воды распространяется волна со скоростью 2,4 м/с при частоте колебаний 2 Гц. Какова разность фаз в точках, лежащих на одном луче и отстоящих друг от друга на 10, 60, 90, 120 и 140 см?

1022. Движение некоторой точки незатухающей волны описывается уравнением $x = 0{,}05 \cos 2\pi t$. Написать урав-

нения движения точек, лежащих на луче, вдоль которого распространяется волна, и отстоящих от заданной на 15 и 30 см. Скорость распространения волны 0,6 м/с.

1023. Расстояние между гребнями волн в море 5 м. При встречном движении катера волна за 1 с ударяет о корпус катера 4 раза, а при попутном — 2 раза. Найти скорости катера и волны, если известно, что скорость катера больше скорости волны.

1024[1]. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает 4,3 м, а для самого высокого женского голоса — 25 см. Найти частоту колебаний этих голосов.

1025. Частотный диапазон рояля от 90 до 9000 Гц. Найти диапазон длин звуковых волн в воздухе.

1026. Во время грозы человек услышал гром через 15 с после вспышки молнии. Как далеко от него произошел разряд?

1027. Когда наблюдатель воспринимает по звуку, что самолет находится в зените, он видит его под углом $\alpha = 73°$ к горизонту. С какой скоростью летит самолет?

1028. Мотоциклист, движущийся по прямолинейному участку дороги, увидел, как человек, стоящий у дороги, ударил стержнем по висящему рельсу, а через 2 с услышал звук. С какой скоростью двигался мотоциклист, если он проехал мимо человека через 36 с после начала наблюдения?

1029*. Из орудия произвели выстрел под углом 26° к горизонту. Артиллерист услышал звук разрыва снаряда через 44 с после выстрела. Какова горизонтальная дальность полета снаряда, если его начальная скорость 800 м/с?

1030. Кто чаще взмахивает крылышками при полете — комар или муха?

1031. Как на слух отличить, работает ли электродрель вхолостую или сверлит отверстие?

1032. Патефонную пластинку, рассчитанную на 33 об/мин, по ошибке поставили на диск проигрывателя, вращающегося с частотой 78 об/мин. Как изменится звучание?

1033. Расстояние до преграды, отражающей звук, 68 м. Через сколько времени человек услышит эхо?

[1] Если нет специальных оговорок, считать скорость звука в воздухе 340 м/с, а в воде 1400 м/с.

1034. При измерении глубины моря под кораблем при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приема ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Какова глубина моря под кораблем?

1035. Почему в пустом зрительном зале звук громче и «раскатистей», чем в зале, заполненном публикой?

1036. Какая из величин и во сколько раз изменится при переходе звука из воздуха в воду: частота или длина волны?

1037. Два когерентных источника волн колеблются в одинаковых фазах. Каков результат интерференции на прямой, перпендикулярной середине отрезка, соединяющего источники? Каким будет результат интерференции, если источники колеблются в противофазах?

1038. Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами равна 8 см, а длина волны 4 см. Каков результат интерференции?

1039. Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами колебаний равна 15 см, а длина волны 10 см. Каков результат интерференции этих волн?

1040. Два когерентных источника звука колеблются в одинаковых фазах. В точке, отстоящей от первого источника на 2 м, а от второго на 2,5 м, звук не слышен. Определить частоту колебаний источников.

§ 48. Электромагнитные волны

1041. Можно ли выбрать систему отсчета, в которой бы обнаруживалась только электрическая составляющая $\vec{E}$ электромагнитного поля электронного луча? только магнитная составляющая $\vec{B}$?

1042. Почему при приеме радиопередач на любых частотах с приближением грозы появляются помехи?

1043. Определите по шкалам вашего радиоприемника диапазоны длин волн и вычислите соответствующие частотные диапазоны.

1044. Ручной настройкой радиоприемника мы изменяем рабочую часть площади пластин воздушного конденсатора переменной емкости в приемном колебательном контуре. Как изменяется рабочая площадь пластин при переходе на прием станции, ведущей передачу на более длинных волнах?

1045. В каком диапазоне длин волн может работать

приемник, если емкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от 50 до 500 пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна 2 мкГн?

1046. Сколько колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 30 м в течение одного периода звуковых колебаний с частотой 200 Гц?

1047. Наименьшее расстояние от Земли до Сатурна 1,2 Тм. Через какой минимальный промежуток времени может быть получена ответная информация с космического корабля, находящегося в районе Сатурна, на радиосигнал, посланный с Земли?

1048. На каком расстоянии от антенны радиолокатора находится объект, если отраженный от него радиосигнал возвратился обратно через 200 мкс?

1049. Высота излучающей антенны телецентра над уровнем земли 300 м, а высота приемной антенны телевизионного приемника 10 м. На каком предельном расстоянии от передатчика можно вести прием?

1050. Каким может быть максимальное число импульсов, испускаемых радиолокатором в 1 с, при разведывании цели, находящейся в 30 км от него?

1051*. На каком предельном расстоянии может быть обнаружена на поверхности моря цель корабельным радиолокатором, расположенным на высоте 8 м над уровнем моря? Каким должен быть минимальный промежуток времени между соседними импульсами у такого локатора? Как следует изменить этот промежуток времени при расположении антенны локатора на большей высоте?

1052. Радиолокатор работает на волне 15 см и дает 4000 импульсов в секунду. Длительность каждого импульса 2 мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе и какова наибольшая глубина разведки локатора?

ОПТИКА

ГЛАВА XVI

ЛУЧЕВАЯ ОПТИКА

§ 49. Прямолинейное распространение света. Фотометрия. Законы отражения. Плоское зеркало

1053. Диаметр источника света 20 см, расстояние его до экрана 2 м. На каком наименьшем расстоянии от экрана нужно поместить мячик диаметром 8 см, чтобы он совершенно не отбрасывал тени на экран, а давал только полутень? Прямая, проходящая через центры источника света и мячика, перпендикулярна плоскости экрана.

1054. Зная свой рост h и измерив длину тени l, определить угловую высоту α Солнца над горизонтом в данный момент времени.

1055[1]. На какой высоте находится лампа над горизонтальной поверхностью стола, если тень от вертикально поставленного на стол карандаша длиной 15 см оказалась равной 10 см? Расстояние от основания карандаша до основания перпендикуляра, опущенного из центра лампы на поверхность стола, равно 90 см. Измерьте таким способом высоту над полом какой-либо лампы.

1056. На какой высоте висит уличный фонарь, если тень вертикально поставленной палки высотой 0,9 м имеет длину 1,2 м, а при перемещении палки на 1 м от фонаря вдоль направления тени длина тени сделалась равной 1,5 м? Определить таким способом, на какой высоте расположен источник света, считая, что непосредственное измерение расстояния до источника света (по горизонтали) недоступно.

1057. Окно имеет форму прямоугольника шириной 1,2 м и высотой 2 м. Какими геометрическими фигурами может быть часть пола, освещенная солнечными лучами? При каких условиях освещенная часть пола будет квадратом? Считать солнечные лучи параллельными.

---

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа источники света считать точечными.

1058*. В какие дни вертикальный столб высотой h, освещаемый солнцем, имеет в Москве в полдень наибольшую и наименьшую длину тени l? Найти длины теней в эти дни. Географическая широта Москвы $\varphi = 56°$, угол наклона плоскости экватора к плоскости эклиптики $\varepsilon = 23{,}5°$.

1059. Сила света лампы накаливания при номинальной мощности 100 Вт равна 100 кд. Если лампа горит с недокалом, потребляя мощность только 80 Вт, сила света будет 65 кд. Найти световую отдачу (световой поток на 1 Вт) в этих режимах работы.

1060. Вычислить, какой световой поток проходит через поверхность 20 см², отстоящую на 5 м от точечного источника света 100 кд, считая, что лучи падают перпендикулярно к поверхности.

1061. Световой поток 0,02 лм падает перпендикулярно на площадку 5 см². Какова ее освещенность?

1062. Лампа, сила света которой 400 кд, висит на высоте 4 м над поверхностью земли. Найти освещенность горизонтальной площадки под лампой.

1063. На какой высоте над токарным станком надо поместить лампу силой света 75 кд, чтобы были соблюдены нормы освещенности детали (40—60 лк)?

1064. Перегоревшую лампу на 75 кд заменили лампой силой света 25 кд и приблизили ее к освещаемой поверхности, уменьшив расстояние в 3 раза. Была ли достигнута прежняя освещенность поверхности?

1065. Расстояние от Солнца до Земли 150 Гм, а до Юпитера 780 Гм. Во сколько раз отличаются освещенности горизонтальных поверхностей планет, когда Солнце находится в зените?

1066. Ранним утром высота Солнца над горизонтом была 5°, а в полдень стала 50°. Во сколько раз изменилась освещенность площадки, расположенной горизонтально?

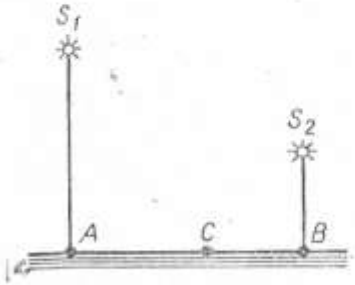

Рис. 136

1067. На какой угол надо отклонить площадку, чтобы ее освещенность уменьшилась вдвое по сравнению с освещенностью площадки при перпендикулярном падении лучей?

1068. Над поверхностью парты, наклоненной к горизонту под углом 20°, на высоте 2 м висит лампа силой света 200 кд. Какова освещенность поверхности парты, создаваемая этой лампой?

1069. Фонарь силой света 500 кд висит на столбе на высоте 3 м от поверхности земли. Найти освещенность поверхности земли на расстоянии 4 м от основания столба.

1070. Определите приблизительно освещенность вашей тетради на письменном столе, когда комната освещается только одной лампой. Расход мощности лампы считать равным 1 Вт/кд.

1071. Над полом расположены две лампы силой света по 100 кд (рис. 136). Найти освещенность в точке C, если $|S_1A| = 2$ м, $|S_2B| = 1$ м, $|AB| = 3$ м, $|CB| = 1$ м.

1072. Лампа силой света 50 кд висит над серединой стола на высоте 1,2 м. Размеры стола 1×2 м. В каких точках стола освещенность наибольшая, в каких — наименьшая? Определить освещенность в этих точках.

1073. Справедливы ли законы отражения в случае падения света на лист тетрадной бумаги?

1074. Человек, идущий по шоссе, увидел в защитном стекле встречного автомобиля Солнце. Под каким углом к горизонту наклонено стекло, если угловая высота Солнца над горизонтом 18°, а попадающий в глаз человека отраженный луч направлен горизонтально? Солнце, автомобиль и человек расположены в вертикальной плоскости.

1075. На сколько увеличится угол между отраженным и падающим лучами, если плоское зеркало повернуть на угол φ вокруг оси, проходящей через точку, в которой происходит отражение луча, и перпендикулярной плоскости, в которой лучи расположены?

1076. Начертите два взаимно перпендикулярных зеркала AO и OB, луч CD, падающий на зеркало OB, и направления DE и EF дальнейшего хода этого луча. Докажите, что луч EF параллелен лучу CD при любом угле падения луча CD.

1077. Как при помощи двух плоских зеркал можно проводить наблюдения из-за укрытия? При возможности изготовьте такой прибор (зеркальный перископ).

1078. На рисунке 137 изображен автобус в плане. В точке A находится шофер, в точке C — дверь для входа пассажиров в автобус. Через точку B проходит вертикальная ось, вокруг которой может вращаться плоское зеркало DE. Найти построением, как надо расположить зеркало DE, чтобы шофер мог видеть входящих в автобус пассажиров.

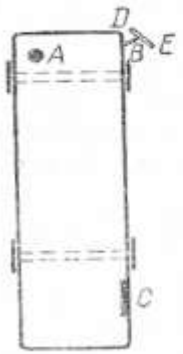

Рис. 137

Рис. 138

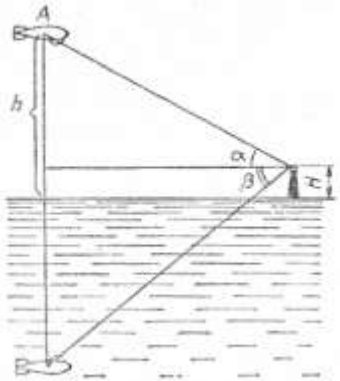

Рис. 139

1079. Человек, стоящий на берегу озера, видит в гладкой поверхности воды изображение Солнца. Как будет перемещаться это изображение при удалении человека от озера? Солнечные лучи считать параллельными.

1080. Используя условия предыдущей задачи, найти, на сколько должен человек наклониться (понизить уровень глаз), чтобы изображение Солнца в воде приблизилось к берегу на 80 см, если высота Солнца над горизонтом 25°.

1081. Человек смотрится в зеркало, подвешенное вертикально. Будет ли изменяться величина видимой в зеркале части тела человека по мере удаления его от зеркала? Ответ пояснить построением и проверить на опыте.

1082. Человек смотрится в зеркало, висящее на стене с небольшим наклоном (рис. 138). Построить изображение человека в зеркале. Какую часть своего тела будет видеть человек? При построении можно изобразить человека в виде отрезка AB, расположив глаз в точке C.

1083*. На какой высоте h находится аэростат A, если с башни высотой H он виден под углом α над горизонтом, а его изображение в озере видно под углом β под горизонтом (рис. 139)?

§ 50. Законы преломления света. Полное отражение

1084. Почему, сидя у горящего костра, мы видим предметы, расположенные по другую сторону костра, колеблющимися?

1085. Почему, измеряя высоту небесного тела над горизонтом, мы находим ее большей, чем она есть в действительности?

1086[1]. На какой угол отклонится луч от первоначального направления, упав под углом 45° на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

1087. Водолазу, находящемуся под водой, солнечные лучи кажутся падающими под углом 60° к поверхности воды. Какова угловая высота солнца над горизонтом?

1088. Луч падает на поверхность воды под углом 40°. Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же?

1089. В каких случаях угол падения равен углу преломления?

1090. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения равен 35°. Найти угол преломления.

1091. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?

1092. Под каким углом должен упасть луч на стекло, чтобы преломленный луч оказался перпендикулярным к отраженному?

1093. Найти угол падения луча на поверхность воды, если известно, что он больше угла преломления на 10°.

1094. Возьмите неглубокую чайную чашку, поставьте на стол и положите на ее дно монету. После этого отойдите от стола так, чтобы край чашки закрывал монету. Теперь, не меняя положения головы, попросите товарища налить в чашку воды. Монета станет снова видна. Сделайте чертеж, объясните явление.

1095. На дне пустого сосуда (рис. 140) лежит зеркало. Как будет изменяться ход отраженного луча по мере заполнения сосуда водой?

1096. Мальчик старается попасть палкой в предмет, находящийся на дне ручья глубиной 40 см. На каком расстоянии от предмета палка попадет в дно ручья, если мальчик, точно нацелившись, двигает палку под углом 45° к поверхности воды?

1097*. В дно водоема глубиной 2 м вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найти длину тени от сваи на дне водоема при угле падения лучей 30°.

---

[1] В этой и последующих задачах данного параграфа, если нет специальных оговорок, второй средой является воздух, показатель преломления которого считать равным 1.

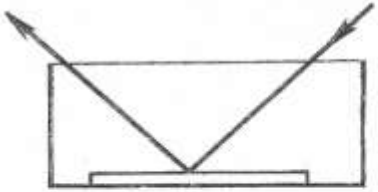

Рис. 140

1098. В сосуде с водой находится полая (наполненная воздухом) призма, склеенная из стекла (рис. 141). Начертить дальнейший ход луча SA (указать лишь общий характер хода луча, не производя вычислений).

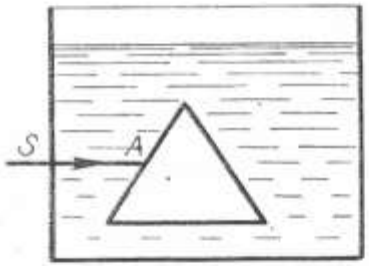

Рис. 141

1099. Каким будет угол преломления светового луча в стеклянной пластине, если луч падает на поверхность пластины под углом 45° в воздухе? в воде? в сероуглероде?

1100. Луч падает под углом 60° на стеклянную пластину толщиной 2 см с параллельными гранями. Определить смещение луча, вышедшего из пластины. Каким будет смещение, если луч под таким же углом падает на эту стеклянную пластину, находящуюся в воде?

1101. Найти смещение a луча, проходящего через прозрачную пластину с параллельными гранями, если угол падения луча равен α, угол преломления γ, а толщина пластины d.

1102. Может ли луч, пройдя сквозь пластину с параллельными гранями, сместиться так, чтобы расстояние между ним и его первоначальным направлением было больше толщины пластины?

1103. В каком из ящиков (рис. 142) находится плоское зеркало и в каком — треугольная стеклянная призма? Сделать пояснительные чертежи, указав ход лучей внутри ящика.

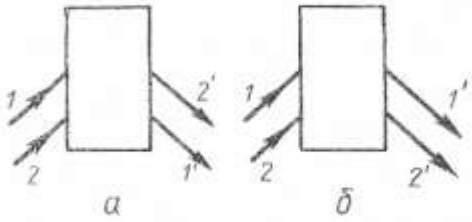

Рис. 142

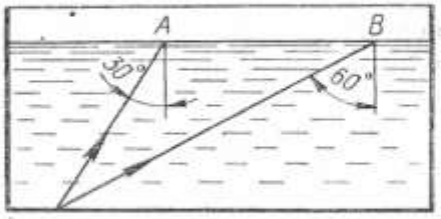

Рис. 143

1104. Начертить дальнейший ход лучей, падающих в точки A и B от источника, находящегося на дне сосуда (рис. 143), в который налита вода.

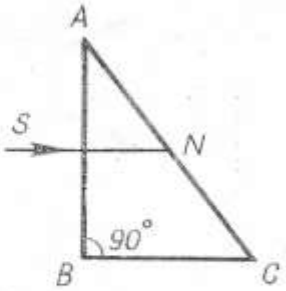

Рис. 144

1105. Вычислить предельные углы полного отражения для стекла и алмаза.

1106. Предельный угол полного отражения для некоторого вещества (на границе с воздухом) оказался равным 30°. Найти показатель преломления этого вещества. Каким будет предельный угол полного отражения для этого вещества на границе с этиловым спиртом?

1107. Луч SN падает на прямую треугольную стеклянную призму BAC (рис. 144) перпендикулярно грани AB. Произойдет ли преломление луча на грани AC в точке его падения N или он испытает полное отражение, если $\widehat{BAC} = 30°$?

1108. При каком наименьшем значении преломляющего угла A стеклянной призмы BAC (см. рис. 144) луч SN будет претерпевать полное отражение?

1109. Луч падает под углом 50° на прямую треугольную стеклянную призму с преломляющим углом 60°. Найти угол преломления луча при выходе из призмы.

1110. Луч падает перпендикулярно на боковую грань прямой стеклянной призмы, в основании которой лежит равнобедренный треугольник с углом при вершине 20°. На сколько градусов отклонится луч при выходе из призмы по сравнению с первоначальным направлением, если луч внутри призмы падает: а) на вторую боковую грань; б) на основание?

§ 51. Линза. Оптические приборы. Глаз

1111. Как определить, какая из двух симметричных двояковыпуклых стеклянных линз равного диаметра имеет бо́льшее фокусное расстояние?

1112. Какова оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой 20 см; —10 см?

1113. Выполняя лабораторную работу, ученик получил четкое изображение горящей свечи на экране. Каковы фокусное расстояние и оптическая сила линзы, если расстояние от свечи до линзы 30 см, а расстояние от линзы до экрана 23 см?

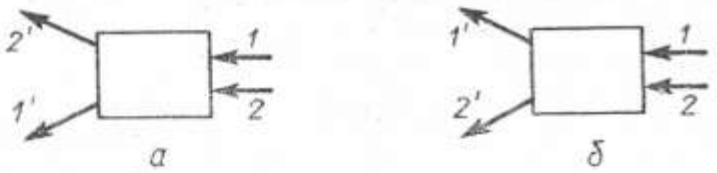

Рис. 145

1114. Пользуясь только линейкой, покажите ход произвольного луча, падающего из заданной точки S на собирающую линзу с известным фокусным расстоянием.

1115. На всю поверхность собирающей линзы, имеющей диаметр d и фокусное расстояние F, направлен пучок лучей, параллельных главной оптической оси. На каком расстоянии L от линзы надо поставить экран, чтобы на нем получился светлый круг диаметром d?

1116. В каком случае линза, находящаяся в ящике (рис. 145), будет собирающей и в каком — рассеивающей? Найти построением оптический центр и фокус линзы в каждом случае.

1117. Свеча находится на расстоянии 12,5 см от собирающей линзы, оптическая сила которой равна 10 дптр. На каком расстоянии от линзы получится изображение и каким оно будет?

1118. При помощи линзы, фокусное расстояние которой 20 см, получено изображение предмета на экране, удаленном от линзы на 1 м. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Каким будет изображение?

1119. На лист с печатным текстом попала капля прозрачного клея. Почему буквы, видимые через каплю, кажутся больше соседних?

1120. Рассматривая предмет в собирающую линзу и располагая его на расстоянии 4 см от нее, получают его мнимое изображение, в 5 раз большее самого предмета. Какова оптическая сила линзы?

1121. Выразить линейное увеличение Г в зависимости от фокусного расстояния линзы F и расстояния d предмета от линзы.

1122. На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием 12 см надо поставить предмет, чтобы его действительное изображение было втрое больше самого предмета?

1123. Где перед рассеивающей линзой надо поставить

предмет, чтобы его мнимое изображение получилось посредине между линзой и ее мнимым фокусом?

1124. Определить оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что предмет, помещенный перед ней на расстоянии 40 см, дает мнимое изображение, уменьшенное в 4 раза.

1125. Предмет помещен на расстоянии $4F$ от линзы. Во сколько раз изображение его на экране меньше самого предмета?

1126. Предмет находится перед рассеивающей линзой на расстоянии mF. На каком расстоянии от линзы получится мнимое изображение и во сколько раз оно будет меньше самого предмета?

1127. Расстояние от предмета до экрана 90 см. Где надо поместить между ними линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить на экране отчетливое изображение предмета?

1128. Расстояние от предмета до экрана равно 3 м. Какой оптической силы надо взять линзу и где следует ее поместить, чтобы получить изображение предмета, увеличенное в 5 раз?

1129. Экран находится на расстоянии l от горящей свечи. Помещая между свечой и экраном линзу, можно получить резкое изображение свечи на экране при двух положениях линз, удаленных друг от друга на расстояние a. Показать, что в этом случае для нахождения главного фокусного расстояния линзы можно пользоваться формулой

$$F=\frac{l^2-a^2}{4l}.$$

1130. Определить оптическую силу объектива фотоаппарата, которым фотографируют местность с самолета на высоте 5 км в масштабе 1 : 20 000. В каком масштабе получится снимок, если этим фотоаппаратом сделать съемку поверхности Земли с искусственного спутника, находящегося на высоте 250 км?

1131. Как надо изменить расстояние между объективом и пленкой диафильма, чтобы при уменьшении расстояния между фильмоскопом и экраном изображение осталось резким? Как при этом изменятся размеры и освещенность изображения?

1132. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата «Киев» равно 5 см, а аппарата «Смена» — 4 см. Какой

из этих аппаратов дает более крупное изображение объекта, фотографируемого с одного и того же расстояния?

1133. При помощи детского фильмоскопа на экране получили четкое изображение кадра. Как изменится изображение, если закрыть рукой верхнюю половину объектива? При возможности проверьте решение опытным путем.

1134. Объектив аппарата имеет фокусное расстояние 5 см. На каком расстоянии от объектива должен быть помещен предмет, чтобы снимок получился в $^1/_9$ натуральной величины?

1135. С помощью фотоаппарата, дающего снимки размером 24×36 мм, фотографируют здание Московского университета. Высота здания 210 м. На каком наименьшем расстоянии следует встать фотографу, чтобы все здание (по высоте) уместилось на пленке? Фокусное расстояние объектива аппарата 5 см.

1136. Велосипедист движется со скоростью 5 м/с. Его фотографируют с помощью фотоаппарата, фокусное расстояние объектива которого равно 10 см. Определить наибольшую допустимую экспозицию при условии, что размытость изображения на снимке не должна превышать 0,1 мм. Расстояние от аппарата до велосипедиста 5 м. В момент фотографирования оптическая ось объектива аппарата перпендикулярна к траектории движения велосипедиста.

1137*. Предмет, сфотографированный с расстояния d_1, получился на пленке высотой h_1, а при фотографировании с расстояния d_2 высота изображения h_2. Найти оптическую силу объектива.

1138. Попросите своего товарища перевести взгляд с какого-либо светлого, хорошо освещенного предмета на темный, слабо освещенный. Наблюдайте, как изменился диаметр зрачка. Объясните явление.

1139. На каком расстоянии от глаза при внимательном рассмотрении своего лица следует человеку с нормальным зрением держать плоское зеркало?

1140. В чистом воздухе при умеренном освещении для нормального глаза предельный угол зрения равен 40″. На каком расстоянии прекращается видимость черного кружка диаметром 10 см, расположенного на белом фоне перпендикулярно лучу зрения?

1141. Как близко могут находиться друг от друга деления измерительного прибора, чтобы ученик, сидящий на последней парте на расстоянии 8 м от стола, отчетливо различал их? Предельный угол зрения считать равным 2′.

1142. Как отличить очки для дальнозорких от очков для близоруких?

1143. Как в комнате, освещенной электрической лампочкой, определить, какая из двух собирающих линз очков имеет бóльшую оптическую силу? При возможности выполнить это практически.

1144. Ученик, имеющий очки с собирающими стеклами, получил на полу при помощи правой линзы четкое изображение лампочки, висящей под потолком, расположив очки на высоте 60 см над полом. Для того чтобы получить резкое изображение лампочки при помощи левой линзы, ему пришлось опустить очки на 14 см. Какова оптическая сила левой линзы, если оптическая сила правой линзы равна 2 дптр?

1145. Дальнозоркий глаз хорошо различает печатный текст с расстояния не ближе 50 см. Какой оптической силы надо взять линзы, чтобы изготовить очки для чтения? Считать, что оптическая сила системы глаз — линза равна сумме оптических сил глаза и линзы.

1146. Определить оптическую силу лупы, дающей четырехкратное увеличение.

ГЛАВА XVII

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

§ 52. Скорость света. Дисперсия света. Интерференция, дифракция, поляризация света

1147. Расстояние от Солнца до Земли составляет $1{,}5\times10^8$ км. Сколько времени идет свет от Солнца до Земли?

1148. В историческом опыте Физо по определению скорости света расстояние между колесом, имеющим $N=720$ зубцов, и зеркалом было $l=8633$ м. Свет исчез в первый раз при частоте вращения зубчатого колеса $\nu=12{,}67$ с$^{-1}$. Какое значение скорости света получил Физо?

1149. В 1875 г. метод Физо был использован французским физиком Корню, который, значительно увеличив частоту вращения колеса, зарегистрировал 28 последовательных исчезновений и появлений света. Какое значение скорости света получил Корню, если расстояние от колеса до

зеркала было 23 000 м, число зубцов 200, а 28-е появление света наблюдалось при частоте вращения колеса 914,3 c^{-1}?

1150. Зная скорость света в вакууме, вычислить скорость света в воде и стекле.

1151. Какие частоты колебаний соответствуют крайним красным ($\lambda = 0{,}76$ мкм) и крайним фиолетовым ($\lambda = 0{,}4$ мкм) лучам видимой части спектра?

1152. Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой 600 ТГц укладывается на отрезке 1 м?

1153. Какова скорость света в воде, если при частоте 440 ТГц длина волны равна 0,51 мкм?

1154. Показатель преломления воды для света с длиной волны в вакууме 0,76 мкм равен 1,329, а для света с длиной волны 0,4 мкм он равен 1,344. Для каких лучей скорость света в воде больше?

1155. Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 0,7 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?

1156. Для данного света длина волны в воде 0,46 мкм. Какова длина волны в воздухе?

1157. На белой бумаге наклеены красные буквы. Каким светом надо осветить бумагу, чтобы буквы перестали быть видимыми?

1158. Какими будут казаться красные буквы, если их рассматривать через зеленое стекло?

1159. Через призму смотрят на большую белую стену. Будет ли эта стена окрашена в цвета спектра?

1160. На черную классную доску наклеили горизонтально полоску белой бумаги. Как окрасятся верхний и нижний края этой полоски, если на нее смотреть сквозь призму, обращенную преломляющим ребром вверх?

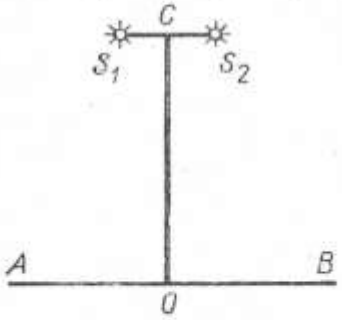

Рис. 146

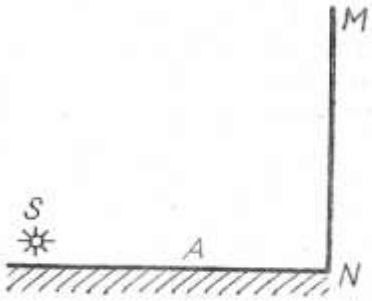

Рис. 147

1161. Два когерентных источника белого света S_1 и S_2 освещают экран AB, плоскость которого параллельна направлению S_1S_2 (рис. 146). Доказать, что на экране в точке O, лежащей на перпендикуляре, опущенном на экран из середины отрезка S_1S_2, соединяющего источники, будет максимум освещенности.

1162. Для получения на экране MN (рис. 147) интерференционной картины поместили источник света S над поверхностью плоского зеркала A на малом расстоянии от него. Объяснить причину возникновения системы когерентных световых волн.

1163. Два когерентных источника S_1 и S_2 (см. рис. 146) испускают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки O на экране будет первый максимум освещенности, если $|OC| = 4$ м и $|S_1S_2| = 1$ мм.

1164. Расстояние на экране (см. рис. 146) между двумя соседними максимумами освещенности составляет 1,2 мм. Определить длину волны света, испускаемого когерентными источниками S_1 и S_2, если $|OC| = 2$ м, $|S_1S_2| = 1$ мм.

1165. Как изменяется интерференционная картина на экране AB (см. рис. 146), если:

а) не изменяя расстояния между источниками света, удалять их от экрана;

б) не изменяя расстояния до экрана, сближать источники света;

в) источники света будут испускать свет с меньшей длиной волны?

1166. Между двумя шлифованными стеклянными пластинами попал волос, вследствие чего образовался воздушный клин.

Почему в отраженном свете можно наблюдать интерференционную картину?

1167. Почему при наблюдении на экране интерференционной картины от тонкой мыльной пленки, полученной на вертикально расположенном каркасе, в отраженном монохроматическом свете расстояние между интерференционными полосами в верхней части меньше, чем в нижней?

1168. Почему в центральной части спектра, полученного на экране при освещении дифракционной решетки белым светом, всегда наблюдается белая полоса?

1169. В школе есть дифракционные решетки, имею-

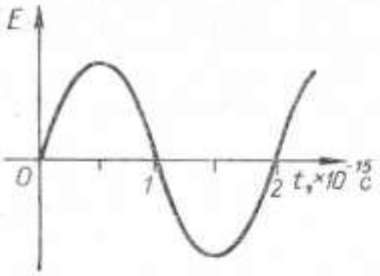

Рис. 148

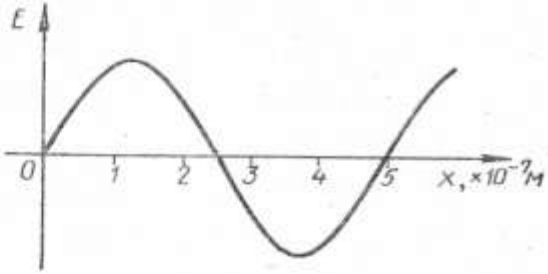

Рис. 149

щие 50 и 100 штрихов на 1 мм. Какая из них даст на экране более широкий спектр при прочих равных условиях?

1170. Как изменяется картина дифракционного спектра при удалении экрана от решетки?

1171. Дифракционная решетка содержит 120 штрихов на 1 мм.

Найти длину волны монохроматического света, падающего на решетку, если угол между двумя спектрами первого порядка равен 8°.

1172. Определить угол отклонения лучей зеленого света ($\lambda = 0{,}55$ мкм) в спектре первого порядка, полученном с помощью дифракционной решетки, период которой равен 0,02 мм.

1173[1]. Для определения периода решетки на нее направили световой пучок через красный светофильтр, пропускающий лучи с длиной волны 0,76 мкм. Каков период решетки, если на экране, отстоящем от решетки на 1 м, расстояние между спектрами первого порядка равно 15,2 см?

1174. Какова ширина всего спектра первого порядка (длины волн заключены в пределах от 0,38 до 0,76 мкм), полученного на экране, отстоящем на 3 м от дифракционной решетки с периодом 0,01 мм?

1175. Свет, отраженный от поверхности воды, является частично поляризованным. Как убедиться в этом, имея поляроид?

[1] В задачах 1173—1174 можно синусы углов заменить их тангенсами, так как эти углы малы.

1176. Если смотреть на спокойную поверхность неглубокого водоема через поляроид и постепенно поворачивать его, то при некотором положении поляроида дно водоема будет лучше видно. Объяснить явление.

1177. На рисунке 148 дан график изменения напряженности электрического поля электромагнитной волны в зависимости от времени для данной точки пространства (луча). Найти частоту и длину волны.

1178. На рисунке 149 дан график распределения напряженности электрического поля электромагнитной волны по заданному направлению (лучу) в данный момент времени. Найти частоту колебаний.

§ 53. Элементы теории относительности. Излучение и спектры

1179. Какова масса протона (в а. е. м.[1]), летящего со скоростью $2{,}4 \cdot 10^8$ м/с? Массу покоя протона считать равной 1 а. е. м.

1180. На сколько увеличится масса α-частицы (в а. е. м.) при увеличении ее скорости[2] от 0 до 0,9 c? Полагать массу покоя α-частицы равной 4 а. е. м.

1181. С какой скоростью должен лететь протон ($m_0 = 1$ а. е. м.), чтобы его масса равнялась массе покоя α-частицы ($m_0 = 4$ а. е. м.)?

1182. Солнце излучает в пространство каждую секунду около $3{,}75 \cdot 10^{26}$ Дж. На сколько в связи с этим уменьшается ежесекундно масса Солнца?

1183. Мальчик массой 45 кг поднялся по лестнице дома на высоту 20 м. На сколько изменилась его масса?

1184. На сколько увеличится масса пружины жесткостью 10 кН/м при ее растяжении на 3 см?

1185. Масса покоящегося поезда равна 2000 т. На сколько увеличивается его масса при движении со скоростью 15 м/с?

1186. Два тела массами по 1 кг, находящиеся достаточно далеко друг от друга, сблизили, приведя их в соприкосновение. Будет ли суммарная масса тел равна 2 кг?

1187. Чайник с 2 л воды нагрели от 10°С до кипения. На сколько изменилась масса воды?

1188. На сколько изменяется масса 1 кг льда при плавлении?

[1] 1 а. е. м. $= 1{,}661 \cdot 10^{-27}$ кг.

[2] Скорость указана в долях скорости света c в вакууме.

1189. На сколько отличается масса покоя продуктов сгорания 1 кг каменного угля от массы покоя веществ, вступающих в реакцию?

1190*. Во сколько раз масса протона, имеющего кинетическую энергию 10^{10} МэВ[1], больше массы покоящегося протона?

1191*. Во сколько раз увеличивается масса электрона при прохождении им разности потенциалов 1 МВ?

1192*. Найти кинетическую энергию электрона (в МэВ), движущегося со скоростью 0,6 *c*.

1193. К какому виду излучения (тепловому или люминесцентному) относится свечение: а) раскаленной отливки металла; б) лампы дневного света; в) звезд; г) некоторых глубоководных рыб?

1194. Чем вызвана и к какому виду относится люминесценция в следующих случаях: а) свечение экрана телевизора; б) свечение газа в рекламной трубке; в) свечение стрелки компаса, покрытого люминофором; г) свечение планктона в море?

1195. Объяснить причину свечения люминофора, которым покрыт стеклянный баллон лампы дневного света.

1196. Для обнаружения поверхностных дефектов в изделиях (микроскопические трещины, царапины и т. д.) пользуются люминесцентной дефектоскопией. На изделие наносится тонкий слой керосино-масляного раствора люминесцентного вещества, излишки которого затем удаляются. Изделие освещают ультрафиолетовым светом. Объяснить этот метод.

1197. На рисунке 150 даны графики распределения энергии в спектре нагретого тела при различных температурах T_1 и T_2. По оси абсцисс отложены длины волн, а по оси ординат — энергия, соответствующая этим длинам волн. Какой из графиков соответствует более высокой температуре?

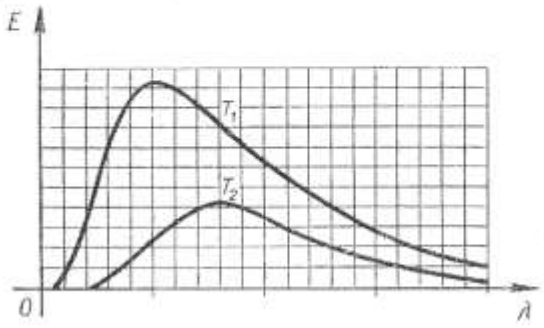

Рис. 150

[1] 1 МэВ = 1,6022·10^{-13} Дж.

1198. Почему при уменьшении напряжения «световая отдача» ламп накаливания уменьшается и свечение приобретает красноватый оттенок?

1199. Какое свойство инфракрасных лучей используют при сушке древесины, сена, овощей?

1200. В парниках ставят обыкновенное стекло, а колбы ртутных медицинских ламп делают из кварцевого стекла. Почему?

1201. Почему высоко в горах загорают особенно быстро?

1202. Всегда ли на рентгеновском снимке размеры изображения предмета больше его истинных размеров?

1203. Почему, перед тем как сделать рентгеновский снимок желудка, больному дают бариевую кашу?

1204. Какова кинетическая энергия электронов, достигающих анода рентгеновской трубки при анодном напряжении 100 кВ?

1205. С какой скоростью достигают электроны анода рентгеновской трубки, работающей при напряжении 50 кВ?

1206. Электроны достигают анода рентгеновской трубки, имея скорость 1,2·10^5 км/с. Каково анодное напряжение?

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

ГЛАВА XVIII

КВАНТОВАЯ ОПТИКА. СТРОЕНИЕ АТОМА

§ 54. Фотон. Фотоэффект

1207. Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным ($\lambda=0{,}75$ мкм) и наиболее коротким ($\lambda=0{,}4$ мкм) волнам видимой части спектра.

1208. К какому виду следует отнести лучи, энергия фотонов которых равна $2\cdot10^{-17}$, $4\cdot10^{-19}$, $3\cdot10^{-23}$ Дж?

1209. Определить длину волны лучей, кванты которых имеют такую же энергию, что и электрон, пролетевший разность потенциалов 4,1 В.

1210. Найти массу и импульс фотонов для инфракрасных ($\nu=10^{12}$ Гц) и рентгеновских ($\nu=10^{18}$ Гц) лучей.

1211. Найти длину волны и частоту излучения, масса фотонов которого равна массе покоя электрона. Какого типа это излучение?

1212. Каков импульс фотона, энергия которого равна $6\cdot10^{-19}$ Дж?

1213. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5\cdot10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти среднюю длину волны излучения.

1214. Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, воспринимает свет с длиной волны 0,5 мкм при мощности $2{,}1\cdot10^{-17}$ Вт. Сколько фотонов попадает в этом случае на сетчатку за 1 с?

1215. Чем более высокое напряжение прикладывается к рентгеновской трубке, тем более «жесткие» (т. е. с более короткими волнами) лучи испускает она. Почему? Изменится ли «жесткость» излучения, если, не меняя анодного напряжения, изменить накал нити катода?

1216. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если самые «жесткие» лучи в рентгеновском спектре этой трубки имеют частоту 10^{19} Гц?

1217*. Для определения минимальной длины волны в рентгеновском спектре пользуются формулой $\lambda=\frac{1{,}23}{U}$

(где λ — минимальная длина волны (в нанометрах), U — напряжение на трубке в киловольтах). Вывести эту формулу. Какова минимальная длина волны рентгеновского излучения, если анодное напряжение трубки 20 кВ?

1218*. Рентгеновская трубка, работающая под напряжением 50 кВ и потребляющая ток 2 мА, излучает $5\cdot10^{13}$ фотонов в секунду. Считая среднюю длину волны излучения равной 0,1 нм, найти КПД трубки, т. е. определить, сколько процентов мощность рентгеновского излучения составляет от мощности потребляемого тока.

1219. В опыте по обнаружению фотоэффекта цинковая пластина крепится на стержне электрометра, предварительно заряжается отрицательно и освещается светом электрической дуги так, чтобы лучи падали перпендикулярно плоскости пластины. Как изменится время разрядки электрометра, если: а) пластину повернуть так, чтобы лучи падали под некоторым углом; б) электрометр приблизить к источнику света; в) закрыть непрозрачным экраном часть пластины; г) увеличить освещенность; д) поставить светофильтр, задерживающий инфракрасную часть спектра; е) поставить светофильтр, задерживающий ультрафиолетовую часть спектра?

1220. Как зарядить цинковую пластину, закрепленную на стержне электрометра, положительным зарядом, имея электрическую дугу, стеклянную палочку и лист бумаги? Палочкой прикасаться к пластине нельзя.

1221. Длинноволновая (красная) граница фотоэффекта для серебра равна 0,29 мкм. Определить работу выхода.

1222[1]. Определить красную границу фотоэффекта для калия.

1223. Возникнет ли фотоэффект в цинке под действием излучения, имеющего длину волны 0,45 мкм?

1224. Какую максимальную кинетическую энергию имеют вырванные из лития электроны при облучении светом с частотой 10^{15} Гц?

1225. Какова максимальная скорость электронов, вырванных с поверхности платины при облучении ее светом с длиной волны 100 нм?

1226. Какой длины волны следует направить лучи на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была 2000 км/с? Красная граница фотоэффекта для цезия равна 690 нм.

[1] В этой и ряде последующих задач табличное значение постоянной Планка рационально брать в эВ·с.

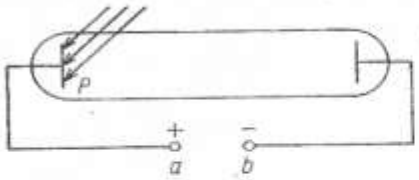

Рис. 151

1227. Какое запирающее напряжение $U_з$ надо подать на зажимы a и b (рис. 151), чтобы электроны, вырванные ультрафиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda = 0{,}1$ мкм из вольфрамовой пластинки P, не могли создать ток в цепи?

1228*. Для определения постоянной Планка была составлена цепь, показанная на рисунке 152. Когда скользящий контакт потенциометра $П$ находится в крайнем левом положении, чувствительный гальванометр $Г$ регистрирует слабый фототок при освещении фотоэлемента $Ф$. Передвигая скользящий контакт вправо, постепенно увеличивают запирающее напряжение до тех пор, пока в цепи не прекратится фототок. При освещении фотоэлемента фиолетовым светом с частотой $\nu_2 = 750$ ТГц запирающее напряжение $U_{з2} = 2$ В, а при освещении красным светом с частотой $\nu_1 = 390$ ТГц запирающее напряжение $U_{з1} = 0{,}5$ В. Какое значение постоянной Планка было получено?

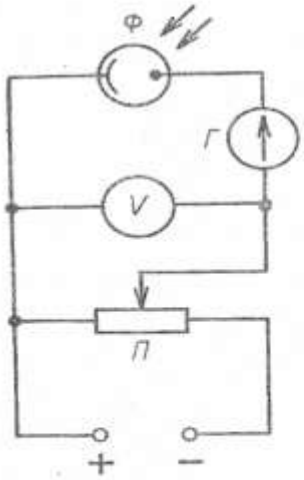

Рис. 152

1229*. В установке, изображенной на рисунке 152, катод фотоэлемента может быть выполнен из различных материалов. На рисунке 153 приведены графики зависимости запирающего напряжения $U_з$ от частоты ν облучающего света для двух разных материалов катода. Обосновать линейность этой зависимости. Какой из материалов имеет большую работу выхода?

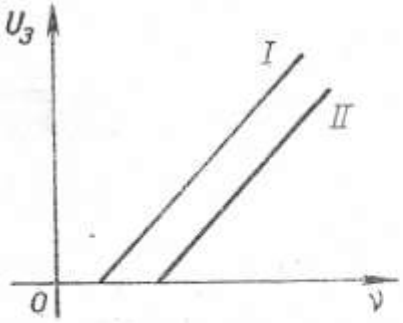

Рис. 153

1230. Сравнить давления света, производимые на идеально белую и идеально черную поверхности при прочих равных условиях.

§ 55. Модель атома Резерфорда — Бора

1231. Рассчитать, на какое наименьшее расстояние α-частица, имеющая скорость $1{,}9 \cdot 10^7$ м/с, может приблизиться к ядру атома золота, двигаясь по прямой, проходящей через центр ядра. Масса α-частицы $6{,}6 \cdot 10^{-27}$ кг, заряд α-частицы $3{,}2 \cdot 10^{-19}$ Кл, заряд ядра золота $1{,}3 \times 10^{-17}$ Кл.

1232. На какие стационарные орбиты переходят электроны в атоме водорода при испускании видимых лучей? ультрафиолетовых? инфракрасных?

1233. При облучении атома водорода электроны перешли с первой стационарной орбиты на третью, а при возвращении в исходное состояние они переходили сначала с третьей орбиты на вторую, а затем со второй на первую. Охарактеризовать энергию квантов, поглощенных и излученных атомами.

1234. При переходе электронов в атомах водорода с четвертой стационарной орбиты на вторую излучаются фотоны с энергией $4{,}04 \cdot 10^{-19}$ Дж (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.

1235. При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличивается на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, которое испускают атомы при переходе в невозбужденное состояние?

1236. Для ионизации атома кислорода необходима энергия около 14 эВ. Найти частоту излучения, которое может вызвать ионизацию.

1237. Во сколько раз изменяется энергия атома водорода при переходе электрона с первой стационарной орбиты на третью? при переходе электрона с четвертой на вторую орбиту?

1238. Во сколько раз длина волны излучения атома водорода при переходе электрона с третьей орбиты на вторую больше длины волны, обусловленной переходом электрона со второй орбиты на первую?

1239. Найти (с точностью до двух значащих цифр) значение постоянной R в формуле Бальмера, зная, что наименьшая частота излучения в видимой части спектра водорода равна $4{,}6 \cdot 10^{14}$ Гц.

1240. Наибольшая длина волны излучения в видимой части спектра водорода 0,66 мкм. Найти длину волн ближайших трех линий в видимой части спектра водорода.

ГЛАВА XIX
ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

§ 56. Методы регистрации заряженных частиц. Радиоактивность

1241. Как должна быть направлена индукция магнитного поля, чтобы наблюдалось указанное на рисунке 154 отклонение частиц?

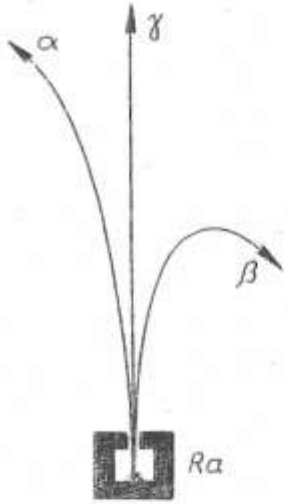

Рис. 154

1242. На рисунке 155 изображен трек электрона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. В каком направлении двигался электрон, если линии индукции поля идут от нас?

1243. Чем объясняется, что счетчик Гейгера регистрирует возникновение ионизированных частиц и тогда, когда поблизости от него нет радиоактивного препарата?

1244. Почему радиоактивные препараты хранят в толстостенных свинцовых контейнерах?

1245. Каковы преимущества кобальтовой пушки перед рентгеновской установкой при обнаружении внутренних дефектов изделий?

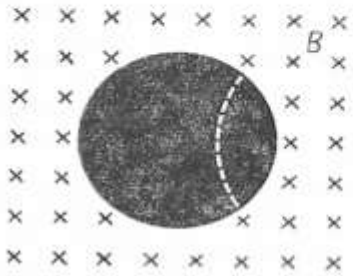

Рис. 155

1246. Где больше длина пробега α-частицы: у поверхности земли или в верхних слоях атмосферы?

1247. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

1248. Сколько процентов радиоактивных ядер кобальта останется через месяц, если период полураспада равен 71 дню?

1249. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 дней. Найти период полураспада.

§ 57. Состав атомных ядер. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций

1250. Каков состав ядер натрия ($^{23}_{11}Na$), фтора ($^{19}_{9}F$), серебра ($^{107}_{47}Ag$), кюрия ($^{247}_{96}Cm$), менделевия ($^{257}_{101}Md$)?

1251. Каков состав изотопов неона $^{20}_{10}Ne$, $^{21}_{10}Ne$ и $^{22}_{10}Ne$?

1252. Атомная масса хлора 35,5. Хлор имеет два изотопа: $^{35}_{17}Cl$ и $^{37}_{17}Cl$. Найти их процентное содержание.

1253. Изменяются ли массовое число, масса и порядковый номер элемента при испускании ядром γ-кванта?

1254. Как изменяются массовое число и номер элемента при выбрасывании из ядра протона? нейтрона? позитрона?

1255. Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке алюминия ($^{27}_{13}Al$) α-частицами и сопровождающуюся выбиванием протона.

1256. Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке бора ($^{11}_{5}B$) α-частицами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.

1257. При бомбардировке изотопа бора $^{10}_{5}B$ нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается α-частица. Написать реакцию.

1258. При бомбардировке азота ($^{14}_{7}N$) нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается протон. Написать реакцию. Полученное ядро изотопа углерода оказывается β-радиоактивным. Написать происходящую при этом реакцию.

1259. При бомбардировке железа ($^{58}_{26}Fe$) нейтронами образуется β-радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Написать реакцию получения искусственно радиоактивного марганца и реакцию происходящего с ним β-распада.

1260. При бомбардировке изотопа бора $^{10}_{5}B$ α-частицами образуется изотоп азота $^{13}_{7}N$. Какая при этом выбрасывается частица? Изотоп азота $^{13}_{7}N$ является радиоактивным, дающим позитронный распад. Написать реакцию.

1261. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \longrightarrow ? + ^{4}_{2}He,$$

$$^{12}_{6}C + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{13}_{6}C + ?$$

$$? + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He,$$

$$^{55}_{25}Mn + ? \longrightarrow ^{55}_{27}Fe + ^{1}_{0}n,$$

$$^{27}_{13}Al + \gamma \longrightarrow ^{26}_{12}Mg + ?.$$

1262. Для замедления быстрых нейтронов можно использовать, например, тяжелую воду или углерод. В каком из этих замедлителей нейтрон испытает большее число столкновений, пока его скорость не снизится до тепловой?

1263*. Написать реакцию α-распада радия ($^{226}_{88}Ra$). Сравнить импульсы и кинетические энергии образовавшихся ядер, считая, что до распада ядро радия покоилось.

1264. Выделяется или поглощается энергия при следующих ядерных реакциях:

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H,$$

$$^{6}_{3}Li + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{3}_{2}He,$$

$$^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n\ ?$$

1265. Вычислить энергию связи ядра дейтерия $^{2}_{1}H$ (в МэВ).

1266. Найти энергию связи ядра алюминия $^{27}_{13}Al$.

1267. Найти энергию связи, приходящуюся на один нуклон в ядрах $^{7}_{3}Li$, $^{16}_{8}O$.

1268. Какая минимальная энергия необходима для расщепления ядра азота $^{14}_{7}N$ на протоны и нейтроны?

1269. Ядро $^{7}_{3}Li$, захватывая протон, распадается на две α-частицы. Определить сумму кинетических энергий этих частиц. Кинетической энергией протона пренебречь.

1270. Какую минимальную энергию должна иметь α-частица для осуществления ядерной реакции

$$^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n\ ?$$

1271. Какая энергия выделяется при ядерной реакции

$$^{7}_{3}Li + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{8}_{4}Be + ^{1}_{0}n\ ?$$

1272. Какая энергия выделяется при термоядерной реакции

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n\ ?$$

1273*. Используя результат предыдущей задачи, найти, какая энергия выделяется при синтезе 0,4 г дейтерия и 0,6 г трития. Суммарную массу $^{2}_{1}H$ и $^{3}_{1}H$ округлить до 5 а. е. м.

1274. Найти наименьшую энергию γ-кванта, необходимую для осуществления следующей реакции:

$$^{2}_{1}H + \gamma \longrightarrow ^{1}_{1}H + ^{1}_{0}n.$$

1275. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ-кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

1276. Поглощая фотон γ-излучения ($\lambda = 4{,}7 \cdot 10^{-13}$ м), дейтрон распадается на протон и нейтрон. Вычислить суммарную кинетическую энергию образовавшихся частиц.

1277. При делении одного ядра $^{235}_{92}U$ на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Какое количество энергии освобождается при «сжигании» в ядерном реакторе 1 г этого изотопа? Какое количество каменного угля нужно сжечь для получения такого же количества энергии?

1278. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа $^{235}_{92}U$ и имеющей КПД 25%?

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Плотность веществ

Твердые тела, $\times 10^3$ кг/м³

Алюминий	2,7	Свинец	11,3
Лед	0,9	Серебро	10,5
Медь	8,9	Сталь	7,8
Олово	7,3		

Жидкости, $\times 10^3$ кг/м³

Вода	1,0	Ртуть	13,6
Керосин	0,80	Спирт	0,79
Нефть	0,80		

Газы, кг/м³
(при нормальных условиях)

Азот	1,25	Воздух	1,29
Водород	0,09	Кислород	1,43

2. Предел прочности на растяжение $\sigma_{пч}$ и модуль упругости E

Вещество	$\sigma_{пч}$, МПа	E, ГПа
Алюминий	100	70
Медь	400	120
Олово	20	50
Свинец	15	15
Серебро	140	80
Сталь	500	200

3. Тепловые свойства вещества

Твердые тела

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	0,88	660	380
Лед	2,1	0	330
Медь	0,38	1083	180
Олово	0,23	232	59
Свинец	0,13	327	25
Серебро	0,23	960	87
Сталь	0,46	1400	82

Жидкости

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Температура кипения[1], °С	Удельная теплота парообразования[1], МДж/кг
Вода	4,2	100	2,3
Керосин	2,1	—	—
Ртуть	0,12	357	0,29
Спирт	2,4	78	0,85

Газы

Вещество	Удельная теплоемкость[2], кДж/(кг·К)	Температура конденсации[1], °С
Азот	1,0	—196
Водород	14	—253
Воздух	1,0	—
Кислород	0,92	—183

[1] При нормальном давлении.
[2] При постоянном давлении.

11 Заказ 1396

4. Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей, мН/м (при 20°С)

Вода	73	Ртуть	510
Керосин	24	Спирт	22
Нефть	30		

5. Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг

Бензин	46	Нефть	43
Дерево	10	Порох	3,8
Дизельное топливо	42	Спирт	29
Каменный уголь	29	Условное топливо	29
Керосин	46		

6. Зависимость давления p и плотности ρ насыщенного водяного пара от температуры t

t, °С	p, кПа	ρ, г/м³	t, °С	p, кПа	ρ, г/м³
−5	0,40	3,2	10	1,23	9,4
0	0,61	4,8	11	1,33	10,0
1	0,65	5,2	12	1,40	10,7
2	0,71	5,6	13	1,49	11,4
3	0,76	6,0	14	1,60	12,1
4	0,81	6,4	15	1,71	12,8
5	0,88	6,8	16	1,81	13,6
6	0,93	7,3	17	1,93	14,5
7	1,0	7,8	18	2,07	15,4
8	1,06	8,3	19	2,20	16,3
9	1,14	8,8	20	2,33	17,3

7. Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометра, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

8. Диэлектрические проницаемости веществ

Вода	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюда	6
Масло	2,5	Стекло	7

9. Удельное сопротивление ρ (при 20 °С) и температурный коэффициент сопротивления α металлов и сплавов

Вещество	ρ, $\times 10^{-8}$ Ом·м или $\times 10^{-2}$ Ом·мм²/м	α, К⁻¹	Вещество	ρ, $\times 10^{-8}$ Ом·м или $\times 10^{-2}$ Ом·мм²/м	α, К⁻¹
Алюминий	2,8	0,0042	Нихром	110	0,0001
Вольфрам	5,5	0,0048	Свинец	21	0,0037
Латунь	7,1	0,001	Серебро	1,6	0,004
Медь	1,7	0,0043	Сталь	12	0,006
Никелин	42	0,0001			

10. Электрохимические эквиваленты, мг/Кл или $\times 10^{-6}$ кг/Кл

Алюминий (Al^{3+})	0,093	Никель (Ni^{2+})	0,30
Водород (H^{+})	0,0104	Серебро (Ag^{+})	1,12
Кислород (O^{2-})	0,083	Хром (Cr^{3+})	0,18
Медь (Cu^{2+})	0,33	Цинк (Zn^{2+})	0,34

11. Работа выхода электронов, эВ

Вольфрам	4,5	Платина	5,3
Калий	2,2	Серебро	4,3
Литий	2,4	Цинк	4,2
Оксид бария	1,0		

12. Показатель преломления

(средний для видимых лучей)

Алмаз	2,4	Сероуглерод	1,63
Вода	1,3	Спирт этиловый	1,36
Воздух	1,00029	Стекло	1,6

13. Относительная атомная масса некоторых изотопов[1], а. е. м.

Изотоп	Масса нейтрального атома	Изотоп	Масса нейтрального атома
$^{1}_{1}$H Водород	1,00783	$^{8}_{4}$Be Бериллий	8,00531
$^{2}_{1}$H Дейтерий	2,01410	$^{10}_{5}$B Бор	10,01294
$^{3}_{1}$H Тритий	3,01605	$^{12}_{6}$C Углерод	12,00000
$^{3}_{2}$He Гелий	3,01602	$^{14}_{7}$N Азот	14,00307
$^{4}_{2}$He Гелий	4,00260	$^{16}_{8}$O Кислород	15,99491
$^{6}_{3}$Li Литий	6,01513	$^{17}_{8}$O Кислород	16,99913
$^{7}_{3}$Li Литий	7,01601	$^{27}_{13}$Al Алюминий	26,98146

14. Нормальные значения величин

Атмосферное давление ... $p_0 = 101\,325$ Па
Ускорение свободного падения ... $g = 9{,}80665$ м/с²
Скорость звука в воздухе ... $v = 331{,}46$ м/с
Молярный объем идеального газа ... $V_m = 22{,}414 \cdot 10^{-3}$ м³/моль

[1] Для нахождения массы ядра необходимо вычесть суммарную массу электронов. (Здесь имеется в виду, что масса ядра и электронов выражается в а. е. м.)

15. Таблицы значений синусов и тангенсов для углов 0—90°

Градусы	Синусы	Тангенсы	Градусы	Синусы	Тангенсы	Градусы	Синусы	Тангенсы
0	0,0000	0,0000	31	0,5150	0,6009	61	0,8746	1,804
1	0,0175	0,0175	32	0,5299	0,6249	62	0,8829	1,881
2	0,0349	0,0349	33	0,5446	0,6494	63	0,8910	1,963
3	0,0523	0,0524	34	0,5592	0,6745	64	0,8988	2,050
4	0,0698	0,0699	35	0,5736	0,7002	65	0,9063	2,145
5	0,0872	0,0875	36	0,5878	0,7265	66	0,9135	2,246
6	0,1045	0,1051	37	0,6018	0,7536	67	0,9205	2,356
7	0,1219	0,1228	38	0,6157	0,7813	68	0,9272	2,475
8	0,1392	0,1405	39	0,6293	0,8098	69	0,9336	2,605
9	0,1564	0,1584	40	0,6428	0,8391	70	0,9397	2,747
10	0,1736	0,1763	41	0,6561	0,8693	71	0,9455	2,904
11	0,1908	0,1944	42	0,6691	0,9004	72	0,9511	3,078
12	0,2079	0,2126	43	0,6820	0,9325	73	0,9563	3,271
13	0,2250	0,2309	44	0,6947	0,9657	74	0,9613	3,487
14	0,2419	0,2493	45	0,7071	1,0000	75	0,9659	3,732
15	0,2588	0,2679	46	0,7193	1,036	76	0,9703	4,011
16	0,2756	0,2867	47	0,7314	1,072	77	0,9744	4,331
17	0,2924	0,3057	48	0,7431	1,111	78	0,9781	4,705
18	0,3090	0,3249	49	0,7547	1,150	79	0,9816	5,145
19	0,3256	0,3443	50	0,7660	1,192	80	0,9848	5,671
20	0,3420	0,3640	51	0,7771	1,235	81	0,9877	6,314
21	0,3584	0,3839	52	0,7880	1,280	82	0,9903	7,115
22	0,3746	0,4040	53	0,7986	1,327	83	0,9925	8,144
23	0,3907	0,4245	54	0,8090	1,376	84	0,9945	9,514
24	0,4067	0,4452	55	0,8192	1,428	85	0,9962	11,43
25	0,4226	0,4663	56	0,8290	1,483	86	0,9976	14,30
26	0,4384	0,4877	57	0,8387	1,540	87	0,9986	19,08
27	0,4540	0,5095	58	0,8480	1,600	88	0,9994	28,64
28	0,4695	0,5317	59	0,8572	1,664	89	0,9988	57,29
29	0,4848	0,5543	60	0,8660	1,732	90	1,0000	∞
30	0,5000	0,5774						

16. Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Кратные			Дольные		
приставка	обозначение	множитель	приставка	обозначение	множитель
экса	Э	10^{18}	атто	а	10^{-18}
пета	П	10^{15}	фемто	ф	10^{-15}
тера	Т	10^{12}	пико	п	10^{-12}
гига	Г	10^{9}	нано	н	10^{-9}
мега	М	10^{6}	микро	мк	10^{-6}
кило	к	10^{3}	милли	м	10^{-3}
гекто	г	10^{2}	санти	с	10^{-2}
дека	да	10^{1}	деци	д	10^{-1}

ОТВЕТЫ

3. а), б), д) Можно; в) г) нельзя.
4. В случаях б) и в).
5. O (0, 0); B (0, 60 м); C (80 м, 60 м); D (80 м, 0); E (20 м, 40 м); K (—5 м, 20 м); L (—10 м, —10 м); M (30 м, — 5 м).
7. Путь автомобиля больше. Перемещения одинаковы.
8. Путь; перемещение.
9. 4 м, 2 м.
10. В $\frac{\pi}{2}$ раз; в $\frac{\pi}{3}$ раз.
11. A (4 м, 0); B (4 м, 2 м); C (—4 м, 0); D (0, 3 м); E (3 м, — 4 м).
12. A (20 м, 20 м); B (60 м, — 10 м); 40 м; — 30 м; 50 м.
13. A (2 м, 2 м); D (6 м, 2 м); 20 м; 4 м; 4 м; 0.
14. 5 м; 4 м; — 3 м.
15. 700 км; 500 км.
16. 2,8 км; 30° к направлению на север.
17. 620 м; 20° к направлению на север.
18. $x_1=500+20t$; $x_2=200-15t$; $x_3=-300-10t$; а) 600 м; б) 50 м, 150 м; в) 30 с; г) —25 с; д) 500 м.
19. 12 м/с, вправо; 1,5 м/с, влево; 20 с, —30 м.
20. $x_I=5$; $x_{II}=5-t$; $x_{III}=-10+0{,}5t$; 5 м, 0, —7,5 м; 0, — 1 м/с, 0,5 м/с; 10 с, —5 м.
21. 10 с; 50 м.
22. $x_I=20+2t$; $x_{II}=-20+4t$.
23. $x_1=200+10t$; $x_2=20t$; 20 с, 400 м.
24. $x_1=10t$; $x_2=600-20t$.
25. а) 20 с, 200 м; б) 300 м; в) 100 м; г) 10 с, 30 с.
26. а) Точка; б) окружность; в) циклоида (рис. 156).

Рис. 156

27. а) Точка; б) окружность; в) винтовая линия.
28. В системе отсчета, связанной с центром Солнца и «неподвижными» звездами.
29. Может, если относительно эскалатора будет двигаться со скоростью, равной по модулю скорости эскалатора, но направленной в противоположную сторону.
30. 14 м/с.
31. 6 м/с, 0; 3 м/с, — 3 м/с.
32. 40 с.
33. 150 м.

34. В $\frac{n+1}{n-1}$ раз: 3; 1,2.

35. $\Delta t = \frac{2v_1^2 s}{v_2(v_2^2 - v_1^2)} = 4$ с;
так как $v_2 > v_1$, то $\Delta t > 0$.

36. 45 с.

37. 450 м.

38. $x = 400 - 10t$

39. а) $x_1 = 2t$; $x_2 = 200 - 2t$ — автомобили движутся навстречу друг другу; б) $x_1 = 6t$, $x_2 = 200 + 2t$ — первый автомобиль догоняет второй; в) $x_1 = -2t$, $x_2 = 200 - 6t$ — второй автомобиль догоняет первый.

40. 13 см/мин.

41. 22 м/с, 27°.

42. 200 м.

43. 0,5 см/мин.

44. 71°.

45. 23 км/ч.

46. а) 1,4 м/с; 3,4 м/с; 2,6 м/с; б) I. (—1,4 м/с, 0); II. (—3,4 м/с, 0); III. (—2,4 м/с, 1 м/с).

47. 8 м/с; 10 м/с; 4 м/с; 8 м/с.

48. $v_{ср} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 12$ м/с.

49. 1 м/с; 2,3 м/с.

50. 0,05 с.

51. 50 с.

52. 10 м/с.

53. 20 с.

54. 4 м/с.

55. $v_x = 20 - 0{,}25t$.

56. 1 м/с; 2,5 м/с; 4 м/с; 0,5 м/с²; $v_x = 1 + 0{,}5\,t$.

57. $v_{1x} = 1{,}25t$; $v_{2x} = 5 + 5t$; $v_{3x} = 20 - 4t$.

58. $v_x = 30 - 10t$; 10 м/с; 0, —10 м/с.

59. См. рис. 157.

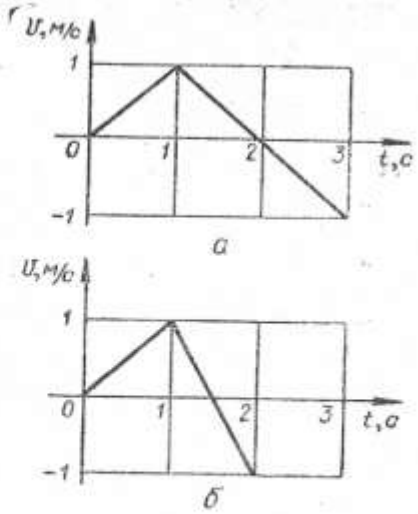

Рис. 157

60. 2 : 1; 2 : 1.

61. 90 см.

62. $s_1 : s_2 : s_3 : s_4 = 1 : 4 : 9 : 16$; 5 м/с²; 1 м/с; 2 м/с; 3 м/с; 4 м/с.

63. 10 с.

64. 9 с.

65. $t_2 = t_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}$.

66. 74 км/с²; 670 м/с.

67. 300 м/с.

68. В $\sqrt{2}$ раз.

69. 50 м.

70. 616 км/с²; 1,16 мс.

71. $s_2 = s_1 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = 54$ м.

72. В 3 раза, в $\sqrt{3}$ раз.

73. $x = 3t^2$; 300 м.

74. $v = 0{,}8t$; 6,4 м.

75. Ускоренное; —5 м; 5 м.

76. а) 0,4 м/с²; 14 м/с; б) 0; 10 м/с; в) —0,4 м/с²; 6 м/с.

77. 2 м/с; 8 м/с.

78. 0,2 м/с²; 15 м/с.

79. $x_1 = 500 + 20t - t^2$; $x_2 = 200 - 15t - 0{,}5t^2$; $x_3 = -300 - 10t - 0{,}2t^2$.

80. а) 0, 0, — 0,8 м/с², влево, равноускоренное; б) 400 м, —0,6 м/с, 0, влево, равномерное; в) —300 м, 0, 0, покой.

81. а) $v_{1x} = 10 + 0{,}8t$ — ускоренное; б) $v_{2x} = 2 - 2t$ — замедленное, через 1 с ускоренное; в) $v_{3x} = -4 + 4t$ — замедленное, через 1 с ускоренное; г) $v_{4x} = -1 - 12t$ — ускоренное.

82. $x_1 = 0{,}625t^2$; $x_2 = 5t + 2{,}5t^2$; $x_3 = 20t - 2t^2$.

83. 8 м/с; 0,8 м/с²; —1,6 м/с²; 15 с; 4 м/с.

84. 2,6 м/с.

85. $v = \frac{2v_{ср}t}{2t - t_1} = 80$ км/ч.

86. 10 с; 40 м; 45 м; 120 м.

87. $x_1 = 6{,}9 + 0{,}1t^2$; $x_2 = 2t + 0{,}2t^2$; 3 с; 7,8 м.

88. π рад/с; 50π рад/с; 280π рад/с; 3200π рад/с.

89. 50 с.

90. 18 000 об.

91. Да; нет.

94. 5 рад/с; 0,8 с⁻¹.

95. 230 м/с.

96. 1,5 м/с.

97. 7,8 км/с.

98. Уменьшается в 2 раза.

99. 1 : 20.

100. 60 об/мин; 2π рад/с.

101. 15 м/с.

102. 350 м.

103. 120 м/с².

104. 1 км/с².

105. 0,5 м/с².

106. 20 м/с.

107. 6,2 м/с².

108. 320 км/с².

109. а) 1 : 2; б) 2 : 1.

110. 1 : 5; 1 : 200.

111. $\frac{s}{\pi dt}$; $\frac{2s}{dt}$; $\frac{2s^2}{dt^2}$.

112. а) Притяжение к Земле и выталкивающее действие воды; б) притяжение к Земле компенсируется упругостью грунта и выталкивающим действием воды.

113. Притяжение к Земле компенсируется выталкивающим действием воздуха и сопротивлением воздуха.

114. Притяжение Земли и натяжение нити компенсируются выталкивающим действием воздуха. Притяжение Земли не компенсирует выталкивающее действие воздуха.

115. Нет, так как трение о шоссе и сопротивление воздуха ничем не компенсируются.

116. При толчке — ускоренно, так как действие тепловоза превышает трение. При свободном качении — замедленно.

117. 2 : 1. Нет, так как ускорение каждого шарика становится больше, но их отношение остается прежним.

118. Если масса полена больше, чем топора, то вниз обухом; если наоборот, то вниз поленом.

119. 20 т.

120. Ускорение второго шара в 8 раз больше.

121. Ускорение стального в 1,4 раза больше.

122. Одинаковы.

123. 2 м/с.

124. 15 т.
129. а) Равномерно, прямолинейно; б) прямолинейно, ускоренно; в) и г) криволинейно.
130. 2 м/с².
131. 150 Н.
132. 0,8 м/с².
133. 2 т.
134. 1,5 м/с².
135. Легкового в 2 раза больше.
136. 2,5 м/с; 6,25 м.
137. 250 Н.
138. $\frac{a_1 a_2}{a_1+a_2}=8$ см/с².
139. 200 г.
140. 4Н; 0; —2Н.
141. Восемь, если закрепить второе полушарие к неподвижному предмету.
142. Больше; такая же; меньше.
143. Если выпустит, то положение космонавта относительно корабля не изменится; если бросит, то придет в движение.
144. В первом случае на борт и дно лодки действуют равные по модулю и противоположные по направлению силы. Во втором — только одна сила, так как вторая приложена к берегу.
145. Так как сила, действующая на голову вверх, равна силе, действующей вниз в плече.
146. Не нарушится в обоих случаях.
147. Верхний 2 Н; нижний 10 Н.
148. 40 г.
149. 50 Н/м.
151. 0,5 кН/м.
152. Жесткость стальной в 2 раза больше.
153. 10 Н/м.
154. 2 k.
155. Жесткость троса в 6 раз больше.
157. 1 см.
158. Порядка 1 Н.
159. $2\cdot10^{20}$ Н.
160. В 4 раза; в 36 раз.
161. На расстоянии 9 земных радиусов.
162. В 550 раз.
163. 4,4 м/с².
164. В 5,6 раза.
165. 3,8 м/с².
166. В точке, отстоящей на 6 земных радиусов от центра Луны.
167. $g_в=\frac{4}{3}\pi G\rho R=8{,}8$ м/с².
168. Когда сила притяжения станет больше максимальной силы трения покоя, предмет придет в движение.
169. Во всех случаях сила трения покоя измеряется произведением массы контейнера на ускорение автомобиля в системе отсчета «Земля».
а) Равна нулю; б) по направлению скорости; в) равна нулю; г) по радиусу к центру дуги поворота; д) в сторону, противоположную скорости.
170. Обоим предметам сообщает ускорение относительно Земли сила трения покоя. Если $F_{тр.пред}>ma$, то предмет получит ускорение, равное ускорению поезда, т. е. останется в покое относительно вагона.
171. При рывке сила трения покоя не может сообщить предмету ускорение, равное ускорению бумаги.
172. $\mu=\frac{x}{l}$.

173. 500 кг.
174. 2,3 кН.
175. 10 Н; 2,5 Н.
176. 9 Н.
177. 6 см.
178. На Луне нет атмосферы.
179. Так как сила сопротивления воды зависит от площади лобового сечения.
181. В $\left(\frac{v_1+v_2}{v_1-v_2}\right)^2=49$ раз.
183. 10 м/с².
184. $v_1:v_2=2$; $h_1:h_2=4$.
185. На Луне время падения в $\sqrt{6}$ раз больше, а конечная скорость в $\sqrt{6}$ раз меньше.
186. 0,4 с; 25 м/с².
187. 35 м.
188. 4 с.
189. Численно равно $\frac{g}{2}(2n-1)$.
190. 15 м/с; 1 с.
191. $v_0=\frac{h_2-h_1}{2h_1}\sqrt{2gh_1}$.
192. 30 м/с; 45 м.
194. В 2 раза.
195. В 6 раз.
196. В 9 раз.
197. 4620 м; 740 м/с; значительно уменьшаются ввиду сопротивления воздуха.
198. 40 м; 2 с; 4 с.
199. $y=20t-5t^2$; а) 1 с и 3 с; б) 2 с; в) не будет.
200. а) $y=20t-5t^2$; б) $y=25+20t-5t^2$; 5 с.
201. 4 с; 4 с; 40 м; 80 м.
202. 0,7 м.
203. 2 с; 3 м/с.
204. Время не изменится; дальность увеличится вдвое.
205. Увеличить в $\sqrt{2}$ раз.
206. $s=2\sqrt{H\cdot h}=1{,}6$ м.
207. 0,55 с; 4 м/с; 0,1 с; 40 м/с².
208. 12 м/с; 59° к горизонту.
209. $h=\frac{2v^2}{g}=20$ м.
210. $x=10t$; $y=6-5t^2$; $y=6-0{,}05x^2$; $x=10$ м; $y=1$ м.
211. 180 м.
212. 4 h.
213. 60 м; 140 м.
214. 91 м 5 см.
215. а) 0,7 с; б) 0,07 с; в) 3,8 м/с.
216. 2,4 кН; 3.
217. 720 Н; 480 Н; 480 Н; 720 Н.
218. 700 Н.
219. 9,8 м/с².
220. 600 Н; 300 Н.
221. 3,3 кН; 76° к земной вертикали.
222. 1,3 МН.
223. 9,5%.
224. Положить тела на чашки весов и сообщить им ускорение. Тела поочередно подвесить к динамометру и сообщить одинаковые ускорения.
225. Да.
226. Так как на Луне нет атмосферы.
227. 20 м/с.
228. 1,7 км/с.
229. 7,3 км/с.
230. Около $6\cdot10^{24}$ кг.
231. 7,7 км/с; 95 мин.
233. Увеличилось; уменьшилась.
234. В 8 раз.
235. 20 Н; 0,04.
236. 3 с.
237. Нарушил.
238. $a>3$ м/с²; не изменится.
239. $0{,}16<\mu<0{,}2$.
240. Уменьшить скорость.
241. 8 м/с; уменьшится в 2 раза.
242. 40 м.
243. 0,48.

244. 2,5 м/с².
245. 15 кН
246. 15 см/с².
247. 21 кН.
248. 0,04.
249. 2000 т.
250. $a=(k-\mu)g=0{,}5$ м/с².
251. 2,5 кН; 0,5 кН.
252. 20 м/с².
253. 35 кН.
254. 100 Н.
255. 0,2.

256. $x=\frac{m}{k\rho_1}(\rho_1 g+\rho_1 a-\rho_2 g)$.

257. Когда сумма силы тяжести и силы сопротивления станет равной по модулю выталкивающей силе.

258. Скорость падения при установлении равномерного движения находится в прямой зависимости от массы падающего тела и в обратной от площади лобового сечения. Масса капли растет пропорционально кубу радиуса, а площадь — пропорционально квадрату.

259. Стальной, так как масса стального шарика больше, а площади лобового сечения одинаковы.

260. Падающий ребром, так как площадь лобового сечения меньше.

261. Полный, так как его масса больше, а площади любового сечения одинаковы.

263. 220 Н; 20 Н.
264. 2,3 кН.
265. 0,31.
266. 8 Н.

267. $\mu=\frac{F_2-F_1}{F_2+F_1}\operatorname{tg}\alpha$.

268. $\mu>\frac{1-\sin\alpha}{\cos\alpha}=0{,}58$.

269. 220 Н; 380 Н; 430 Н.
270. 3,2 кН.
271. а) 5 см/с²; б) 0; в) —2 см/с².
272. 3 м/с.
273. $a=g(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)=3{,}3$ м/с².
274. $v_1=v_2$; $t_1=t_2\sin\alpha$.
275. 6 кН; увеличится в 4 раза.
276. 15 кН.
277. 950 Н.
278. В верхней точке: а) 1,4 Н вниз; б) 0; в) 12 Н вверх. В нижней точке: а) 6,6 Н; б) 8 Н; в) 20 Н.
279. 72°.
280. 18 м/с.
281. 20 м/с; 22°.
282. $v=\sqrt{gl\sin\alpha\cdot\operatorname{tg}\alpha}=1{,}3$ м/с.

283. $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g\operatorname{tg}\alpha}{d+l\sin\alpha}}=$
$=1{,}4$ с⁻¹

284. $F=m\left(\frac{v^2}{l}+g\cos\alpha\right)=1{,}5$ Н.

285. 2 м/с²; 2,4 Н.
286. а) mg; б) 2 mg;

в) $\frac{4}{3}mg$.

287. 9,6 м/с².
288. 10 г.
289. 440 кН; 110 кН.
290. 32 кН; 16 кН; 8 кН.
291. 0,2.
292. $F=m(n-k)(a+\mu g)$.
293. а) 1 Н (вверх); 1,7 м/с² (тело массой m движется вниз); 1,2 Н; б) 0,5 Н (вверх); 0; 2,5 Н; в) 0; 0; 3 Н; г) 0,5 Н (вниз); 0; 3,5 Н; д) 1 Н (вниз); 1 м/с² (тело массой m движется вверх); 4,5 Н.
294. 2 Н и 30 Н не могут.
295. 400 Н.
296. 500 Н.
297. 13 кН; 23° к горизонту.
298. 0,1 кН; 0,17 кН.
299. 17 Н; 35 Н.
300. 2 кН; 1,6 кН.
301. 11,6 Н; 5,8 Н.
302. 4 кН; 5,3 кН.

303. $\frac{F}{2\cos\frac{\alpha}{2}}$.

304. Нет; увеличивается.
305. В части C; одинаково; в частях A и B.
306. В случае б) сила меньше.

307. $F=\frac{\mu mg}{\cos\alpha+\mu\sin\alpha}$.

308. Увеличивается.
309. 2400 Н·м; 2400 Н·м; 0.
310. 15 Н·м; 0; 15 Н·м.
311. У сосны крона расположена выше, чем у ели; поэтому моменты силы давления ветра у сосны больше.
313. Когда сила перпендикулярна доске.
314. $M=mgl\sin\alpha$.
315. 100 Н.
316. 120 кг.
317. 4 кН; 5 кН.
318. 2,5 кН; 2 кН.
319. В 10 см от конца с большим грузом.
320. 7 кН; 9 кН.
321. 130 Н; 170 Н.
322. 10 Н (сила направлена вверх); 360 Н.
323. 170 Н.
324. 8,5 Н; 7,2 Н под углом 57° к вертикали.

325. $\frac{pS-2mg}{4Mg}l$.

326. 36 см; 12 см.
327. 2 Н по линии AB; 4 Н вертикально вверх на расстоянии 5 см от точки B.

329. $x=\frac{h}{2}\operatorname{tg}\alpha$.

331. На 20 см к другому концу.
332. Часть B.
333. 1,75 см от середины стержня в сторону большого шара.
334. 11,4 см от конца стального стержня.
335. В точке пересечения диагоналей; в точке пересечения медиан.
336. В $\sqrt{3}$ раз больше.
337. Решение видно на рисунке 158.

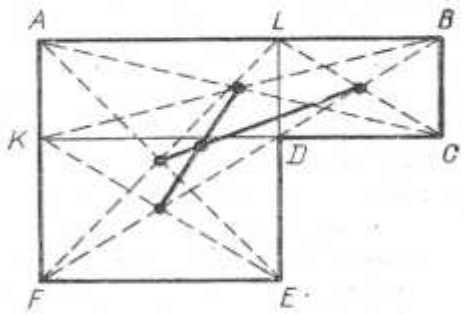

Рис. 158

341. Свинцового больше в 1,5 раза.
342. $2\cdot10^7$ кг·м/с.
343. 1 кг·м/с; 2 кг·м/с.
344. 16 кг·м/с; 48 кг·м/с.
345. 2 кг·м/с.
346. 14 кг·м/с; 20 кг·м/с; 0.

347. $v_2=\frac{m_1v_1}{m_1+m_2}$.

348. 1 м/с по направлению движения большого тела.

349. На 0,04 м/с.
350. 0,1 м/с.
351. 0,24 м/с.
352. 3 м/с; —0,5 м/с.
353. На 0,02 м/с.
354. 7,1 м/с; 7,1 м/с.
355. 47 кДж.
356. 26 Дж.
357. 45 кДж.
358. 195 кДж.
359. 1,4 кДж.
360. 700 кДж.
361. 140 м/с.
362. 1 : 3.
363. 120 Дж.
364. Импульс самосвала в 3 раза больше, а энергия — в 2 раза меньше.
365. 2 кг; 4 м/с.
366. $W_k = \frac{mgl\sin\alpha\,\mathrm{tg}\alpha}{2} = 0{,}3$ Дж.
367. —5 Дж; 5 Дж; 0.
368. —16 Дж; 4 Дж; —12 Дж; 12 Дж.
369. 1 кДж.
370. 7 : 17; 21 : 17.
371. 32 Дж; характеризует жесткость пружины; потенциальную энергию.
372. 0,3 Дж.
373. 0,5 Дж.
374. 2 Дж.
375. 1 : 3 : 5.
376. 1,2 Дж.
377. —4 Дж; 4 Дж; —4 Дж.
378. 60 Дж; 90 Дж.
379. 2,5 м.
380. 20 Дж, 2,5 Дж.
381. $v_0 = \sqrt{2gh}$.
382. $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$.
383. 60°.
384. $h = \frac{5}{3}R$.

385. 1,5 м.
386. $mg(3 - 2\cos\alpha)$.
387. $7\,mg$; mg.
388. $6\,mg$.
389. 10 м/с.
390. а) Увеличится в 2 раза;
б) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;
в) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз.
391. 1 кН.
392. $v = \sqrt{\frac{x(kx - 2mg)}{m}}$.
При выстреле вертикально вверх меньшую.
393. $v = \frac{x}{m}\sqrt{kM} = 150$ м/с.
394. Энергия дроби в 100 раз больше.
395. Половина.
396. 3 Дж.
397. $\frac{A_1}{A_2} = \frac{2kl}{\mu mg} = 10$.
398. 240 кДж; —30 кДж; 210 кДж.
399. 6 МДж; 3 МДж.
400. —400 кДж; —400 кДж.
401. 10 м/с.
402. 640 м.
403. Одинаковы.
404. —0,6 кДж; —0,48 кДж.
405. $F = \frac{mg(l+h)}{l} = 900$ кН.
406. $v = \sqrt{2gl(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$.
407. $\mu = \frac{h}{b+s} = 0{,}05$.
408. $\mu = \frac{Mh}{ml}$.
409. 1 кДж.
410. $\mu = \frac{Fx}{2mgl}$.

411. —60 кДж.
412. —10 МДж.
413. 30 Н.
414. 200 м³.
416. 30 кН.
417. 0,6 кВт.
418. 0,99 кВт; 1,05 кВт.
419. 2,4 м/с.
420. 27 кВт.
421.

a, м/с²	2,15	2,32	1,74
t, с	22,6	32,4	48,0
W_k, МДж	16,2	253	555
A, МДж	24,2	340	824
N, МВт	1,07	10,5	17,2
F_c, кН	14,6	71,6	134

422. 12 кДж; 66%.
423. 88%.
424. 100 МВт·ч.
425. 40%.
426. На перекате.
427. 1,6 м/с.
428. 4,9 м/с.
429. 12 мин.
430. 28 м/с.
433. Вращающийся цилиндр увлекает потоки воздуха, вследствие чего результирующая скорость воздуха относительно цилиндра справа меньше, чем слева. Поэтому давление справа больше.
434. По направлению движения часовой стрелки.
436. 200 моль.

437. 2,2 кг.
438. 1,5 л.
439. У свинцового масса в 1,7 раза, а объем в 1,1 раза больше.
440. 2 м³; 2 м³.
441. $3{,}3 \cdot 10^{-27}$ кг; $1{,}7 \cdot 10^{-27}$ кг.
442. $1{,}4 \cdot 10^{22}$.
443. $3 \cdot 10^{24}$.
444. $1{,}2 \cdot 10^{20}$.
445. $\frac{N_A}{M}$; $\frac{N_A\rho}{M}$; $\frac{N_A m}{M}$; $\frac{N_A \rho V}{M}$.
446. В пределах точности табличных данных примерно одинаковое.
447. $6{,}9 \cdot 10^{10}$ м; 180 раз.
448. $3{,}9 \cdot 10^{18}$.
449. Около 10^6.
454. Кислорода в 16 раз больше.
455. Увеличится в 3 раза.
456. 0,11 МПа.
457. 710 м/с.
458. $2{,}3 \cdot 10^{25}$ м⁻³.
459. 10^{-21} Дж.
460. Увеличится в 6 раз.
461. 27°С.
462. 127°С.
463. На 10%.
464. $6 \cdot 10^{-21}$ Дж; $2 \cdot 10^{26}$ м⁻³.
465. 725 К.
466. В 3,9 раза.
467. $7{,}2 \cdot 10^{25}$.
468. 10^{22}.
469. 1,9 км/с.
470. В 4 раза.
471. 774 К.
472. В 1,12 раза.
473. $\frac{\overline{(v_{кв})^2}}{3kT}$.
474. В $6 \cdot 10^6$ раз.
475. Молекулы имеют различные скорости движения.
476. 200 м/с.
477. 4 моль.

478. 8,2 МПа.
479. 45,7 кг.
480. 86 кг.
481. 25 л.
482. Водород в 22 раза.
483. Увеличить ординаты всех точек:
а) в 1,5 раза; б) в 2 раза.
484. $2{,}4\cdot10^4$.
485. В 1,7 раза.
486. 1,15 кг/м³.
487. $\rho_{метана}=0{,}5\rho_{кислорода}$.
488. 0,029 кг/моль.
489. Зимой в 1,3 раза больше.
490. $m<\frac{M\rho V}{R}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T_2}\right)=$ $=17{,}7$ г.
491. 9,5 л.
492. 810 кПа.
493. 390 МДж.
494. 677 °С.
495. Увеличится в 1,6 раза.
496. 100 кПа.
497. 77 °С.
498. Так как с увеличением объема воздуха уменьшается давление. Сделать в крышке отверстие.
499. Увеличится в 1,5 раза; уменьшится в 1,33 раза.
500. 100 кПа.
501. 50 см³.
502. 210.
503. 60 Н; 40 Н.
504. 1020 гПа.
505. 2 мин.
506. $\frac{V+nV_0}{V}p_0$.
507. $\frac{(n-1)h}{2(n+1)}$.
508. 12,3 см.
510. 3,5 кг/м³.
511. 7 л.
512. 93 °С.
513. 1 см.
514. 0,0037 К⁻¹.
515. 27 °С.
516. Обратно пропорциональная.
517. 39 °С.
518. $m=\frac{\rho_0T_0(T_2-T_1)V}{T_2T_1}=5$ кг.
521. 65 кПа.
522. 10%.
523. 210 кПа (сверх атмосферного).
524. 7 °С.
525. 0,0036 К⁻¹.
526. 127 °С.
527. Не зависит; обратно пропорциональная.
528. а) При большем объеме угол наклона графика меньше; б) при большей массе угол наклона графика больше.
529. $\frac{V_2}{V_1}=\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_2}$.
530. Увеличивается.
532. *1—2* остается постоянным; *2—3* увеличивается пропорционально *T*; *3—4* увеличивается; *4—1* уменьшается пропорционально *T*.
533. 37,4 кДж.
534. 12,5 кДж.
535. Гелия больше в 10 раз.
536. Увеличивается; уменьшается; не изменяется.
537. 9 МДж.
538. Уменьшилась в 3 раза.
539. $p=\frac{2U}{3V}=100$ кПа.
540. $U=\frac{3}{2}nVkT$.
541. 200 Дж.
542. 400 кДж.

543. $A=\nu R\cdot\Delta T$.
544. 830 Дж.
545. Водород в 16 раз больше.
546. 1,7 кДж; 5,8 кДж.
547. 3,3 МДж; 6,1 МДж.
548. 200 кДж.
549. 12,5 кДж; 44,2 кДж; 31,7 кДж.
550. $\frac{c_pM}{R}$.
551. $\frac{c_pM}{c_pM-R}=1{,}4$.
552. $\Delta U=\frac{3}{2}\nu R\cdot\Delta T=12{,}4$ кДж;

$A=\nu R\cdot\Delta T=8{,}3$ кДж;

$Q=\frac{5}{2}\nu R\cdot\Delta T=20{,}7$ кДж.

553. 0,6; 0,4.
554. 5,2 кДж/(кг·К).
557. См. рис. 159.

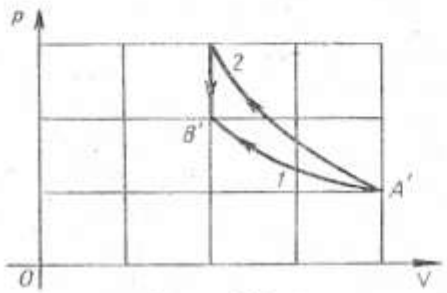

Рис. 159

558. 1290 ТВт·ч, приблизительно 10 лет.
559. 20 мин; 700 л.
560. 300 К, 420 К, 250 Дж/(кг·К); 340 К, 420 К, 500 Дж/(кг·К).
561. 2,2 кДж/(кг·К).
562. Практически одинаково.
563. 80 л и 120 л.
564. 55°С.
565. 92 г, 58 г.
566. 89°С.
567. Около 12 мин; 0,15 г.
568. 3,5 кВт.
569. 33 г.
570. 2,4 МДж/кг.
571. 6,3%.
572. 22 кг.
573. 40 т.
574. 0°С; нет; 66%.
575. 60 кДж/кг.
576. 113 кДж; 11%.
577. 23 г.
578. 420 г; 80 г.
579. 1,6°С.
580. 800 Вт.
581. $\Delta t=\frac{kgh}{100c}$.
582. Первый.
583. 120 К.
584. 8 К.
585. $\Delta t=\frac{kgl\cos\alpha}{100c}$.
586. $\Delta t=\frac{9v^2}{8c}$.
587. 357 м/с.
588. 38%; 32%.
589. Рабочая смесь.
590. 23%; 46 кДж; 14 кВт.
591. 30%; 400 К.
592. 24%; 38%; выше КПД; дешевле топливо; меньше токсичность выхлопных газов.
593. 24%; 42%.
594. 34%.
595. 8,9 кВт.
596. 2 л.
597. 0,1 л.
603. Не изменяется.
604. Пар.
605. 2,2 кПа.
606. Не был.
607. Уровень воды в трубке опустится до ее уровня в сосуде.

12 Заказ 1396

608. В 1,83 раза.
609. 2,6 мг.
610. 21 мг.
611. 0,24 Па.
612. 0,59 кг/м³.
613. При 40°С в 4,34 раза больше.
614. Может, не может.
615. Можно; нельзя.
616. Фарадей.
617. Нет, это туман — мельчайшие капельки воды.
623. 50%.
624. 74%.
625. 59%.
626. Увеличится на 19%.
627. Не выпадет.
628. 75%.
629. 2,1 г.
630. Изохорно охладить до 11°С; изотермически сжать до 27,6 л; уменьшать объем, соответственно понижая температуру.
631. Правильны.
632. 60%; 0,96 кПа; 7,3 г/м³.
633. 7°С; 10°С.
635. Поверхность одной большой капли меньше, чем двух маленьких.
636. 1,6 мДж.
637. 2,4 мН; 48 мкДж.
640. 1,3 мН.
641. 74 мН/м.
642. Уменьшился в 1,2 раза.
643. 73 мН/м; 10 мм.
649. 820 кг/м³.
650. 5,1 мм.
651. Уменьшится.
652. 22 мН/м.
653. 12 мг.
654. 7,3 см.
655. Кристаллов шарообразной формы не бывает.
656. Вследствие анизотропии расширение в разных направлениях может быть различным.
657. Во время роста кристалла у его поверхности наблюдается уменьшение плотности раствора вследствие перехода растворенного вещества на кристалл. С уменьшением плотности эти слои раствора поднимаются вверх.
658. В первом случае кристалл растворяется, во втором — будет расти.
659. а) Сжатие; б) изгиб; в) растяжение; г) кручение; д) кручение и сжатие; е) сдвиг.
660. Сдвиг и кручение.
661. Изгиб и кручение.
663. 32 МПа.
664. В проволоке большего диаметра в 9 раз меньше.
665. 0,002; 1 МПа.
666. 0,0005; 1 мм.
667. 200 МПа.
668. В 1,67 раза.
669. 3 мм; 10^{-3}.
670. 20 ГПа.
671. 50 Н.
672. В 4 раза.
673. Абсолютное удлинение уменьшилось в 4 раза, а относительное — в 2 раза.
674. Уменьшится в 2 раза.
675. 650 МПа.
676. Более 13.
677. 7,4 км.
678. 1 мН.
679. 10 см.
680. Увеличить в 2 раза.
681. В $4{,}2\cdot10^{42}$ раза.
682. а) 4 мН, 3 мН; б) 4 мН; 1 мН.
683. 10^{11}.
684. Увеличилась в 1,8 раза; уменьшилась в 1,25 раза.

685. Указание. Обозначить меньший заряд через q, а больший — через $q+\Delta q$ и сравнить силы взаимодействия.
686. $x=1{,}25$.
687. 2 мН.
688. В точке C в 2,25 раза больше.
689. В 1 см от меньшего и в 3 см от большего заряда.
690. $\dfrac{q^2}{\pi\varepsilon_0 a^2}$.
691. 40 нКл, в 10 см от заряда —10 нКл и в 20 см от заряда 40 нКл; неустойчивое.
692. 24 мкН; 32 мкН.
693. а) Одинаковые; б) угол отклонения второго больше.
694. 100 нКл.
695. 7/8.
696. 200 В/м.
697. 24 мкН.
698. $1{,}76\cdot10^{15}$ м/с².
699. 40 кВ/м; 10 кВ/м.
700. а) 0, 125 кВ/м; б) 200 кВ/м, —75 кВ/м; в) —200 кВ/м, 75 кВ/м; г) 0, —125 кВ/м.
701. а) 576 кВ/м; б) 432 кВ/м.
702. На прямой, соединяющей заряды, на расстоянии $^1/_3a$ от меньшего и $^2/_3a$ от большего; на той же прямой на расстоянии a от меньшего и $2a$ от большего.
703. 70 кВ/м; 10 кВ/м; 50 кВ/м; 50 кВ/м.
704. 3°.
705. $\dfrac{3q}{2\pi\varepsilon_0 a^2}$.
706. Прямолинейное, равноускоренное;
$$y=\frac{mg}{qE}x.$$
708. Положительный.

709. В первом.
710. Время увеличится; скорость уменьшится.
711. Больше в случае разноименных зарядов.
713. Не останется.
714. Уменьшатся, причем во втором случае больше.
715. При заземлении заряд одного знака стекает с гильзы и сила притяжения увеличивается.
717. 1,4 мкКл/м²; 0; 90 кВ/м.
718. $\dfrac{\sigma}{9}$.
719. Увеличится.
720. 20 кВ/м.
721. 30 кВ/м; 0.
722. 20 нКл.
723. Увеличить в 9 раз.
724. Уменьшить в 1,45 раза.
725. 2.
726. 20 см.
727. 1 см.
728. $$\varepsilon=\frac{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\sin^2\frac{\alpha}{2}}{\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}\sin^2\frac{\beta}{2}}=1{,}8.$$
729. 20 нКл.
730. Уменьшилась; не уменьшилась.
731. 10 мкДж; —10 мкДж.
732. —0,5 мкДж; 0,5 мкДж; 20 В.
733. 30 мкДж; —30 мкДж; 6 кВ; —30 мкДж; 30 мкДж; 6 кВ.
734. $1{,}6\cdot10^{-17}$ Дж; $-1{,}6\cdot10^{-17}$ Дж; 5,9 Мм/с.
735. —2,3 кВ.
736. $\Delta\varphi=\dfrac{mv^2}{2q}=4{,}2$ МВ;
$E=\dfrac{mv^2}{2qs}=2{,}1$ МВ/м.
737. 20 кВ/м.
738. а) ±6 кВ; б) 0; в) ±4,2 кВ.

739. 3,5 кВ.
740. 3000; 1800.
741. В 2 раза.
742. Увеличится на 210 мкДж.
743. Увеличится на 4,5 мкДж.
744. Не будет; не будет; будут.
745. Одинаковы.
746. В точке C.
747. См. рис. 160.

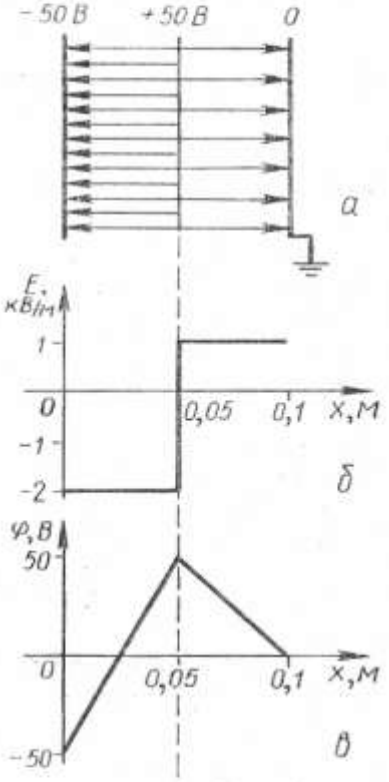

Рис. 160

748. Увеличилась на 1,5 кВ/м; уменьшилась на 0,5 кВ/м; отрицательный.
749. $4 \cdot 10^{-11}$ Ф; $4 \cdot 10^{-5}$ мкФ.
750. На втором в 5000 раз больше.
751. 20 пФ.
752. 2,9 мКл.
753. Нельзя.
754. Увеличится в 1,5 раза.
755. Увеличится в 2,86 раза.
756. 8.
757. а) Сблизить пластины, ввести диэлектрик; б) раздвинуть пластины, уменьшить рабочую площадь пластин.
758. 580 пФ.
759. 1 см.
760. 1,6 мкКл.
761. $C_1 = \frac{C_2 U_2}{U_1 - U_2} = 1$ мкФ.
762. 6.
763. Увеличилась в $\frac{\varepsilon + 1}{2}$ раз; не изменился; уменьшилось в $\frac{\varepsilon + 1}{2}$ раз.
764. 36 Дж; 15 кВт.
765. Увеличится в 16 раз.
766. На конденсатор меньшей емкости надо подать в 3 раза большее напряжение.
767. 800 нДж.
768. 220 мкДж.
769. 93 мДж/м³.
770. а) Уменьшится в 2,5 раза. Энергия расходуется на поляризацию диэлектрика; б) увеличится в 2,5 раза. Энергия пополняется за счет источника тока.
771. а) Не изменится; уменьшится в 2 раза; не изменится; уменьшится в 2 раза; б) заряд; напряженность и энергия увеличатся в 2 раза; напряжение не изменится.
772. Уменьшилась в 2 раза.
773. 12 Кл.
774. 0,1 А.
775. $2 \cdot 10^5$.

776. 200 м.
777. Уменьшится в 4 раза.
778. $\rho = \frac{x^2 R}{4Dn^3}$ (где R — сопротивление реостата, x — длина реостата, D — диаметр цилиндра основания, n — число витков).
779. Алюминиевый в 1,4 раза.
780. $l = \sqrt{\frac{mR}{D\rho}}$, $S = \sqrt{\frac{\rho m}{Dk}}$; где R — сопротивление, m — масса, ρ — удельное сопротивление, D — плотность.
781. а) Нельзя; б) можно.
782. 20 мА.
783. 20 мВ/м.
784. Увеличится, так как уменьшится сопротивление всей спирали и увеличится падение напряжения на незалитой части.
785. В 13 раз.
786. 74 °С.
787. 1 : 2 : 3.
788. 2А; 2 Ом; 8 В; 12 В.
789. 100 м.
790. Второй.
791. 0,48 В.
792. Лампочка не горит, вольтметр показывает примерно 2 В, амперметр показывает нуль.
793. 0,049 Ом; 0,015 Ом.
794. 820 Ом; 2460 Ом.
795. 19,8 кОм; 2,2 Ом.
796. 20 кОм.
797. 0,002 Ом.
798. 2 Ом; увеличится.
799. Увеличится в 2 раза.
801. 400 Ом, 100 Ом, 100 Ом, 40 В, 0,1 А, 0,4 А.
802. $I_1 = I_2 = 10$ А, $U_1 = U_2 = 20$ В, $U_3 = 15$ В, $I_3 = 7{,}5$ А, $U_4 = U_5 = U_6 = 5$ В, $I_4 = I_5 = I_6 = 2{,}5$ А.
803. Лампочки соединить последовательно и параллельно первой из них подключить реостат, установив сопротивление примерно 23 Ом.
804. 800 Ом.
805. 0,0038 К⁻¹.
808. 400 Вт; 200 Вт; 800 Вт.
809. Уменьшается.
810. Чтобы ограничить мощность, не увеличивая габариты прибора.
811. Уменьшится на 11%.
813. Уменьшилась в 4 раза; уменьшится немного меньше, чем в 4 раза.
814. 240 Вт.
815. Мощность первой лампочки в 2,5 раза больше.
816. Увеличится в 1,1 раза.
817. Уменьшится на 19%.
818. 50 А.
819. 50%.
820. 69 м.
821. 53 г.
822. 18 Дж.
823. 2А; 10 В.
824. $\frac{\mathcal{E}}{2}$.
825. 2 Ом.
826. 1 А; 9 кДж; 8,4 кДж; 0,6 кДж.
827. Амперметра — увеличится, вольтметра — уменьшится.
828. 5,5 А.
829. 4,5 В; 1 Ом.
830. 18 В; 2 Ом.
831. 0,2 Ом; 12 В.
832. 4 В; 2 В.
833. 32 В; 30 В; 6 кВт.
834. 20 А; 130 В; 120 В; 2 кВт; 40 Вт; 160 Вт.
835. 15 кг.
836. 6 Ом, 33 %, 67 %.
837. 20 В.
838. Увеличилась в 1,23 раза.

839. Увеличится в 5 раз, уменьшится в 1,8 раза, увеличится в 2,8 раза.
840. 0,25 мм/с.
841. 0,15 мм/с.
842. В алюминиевом в 1,4 раза больше.
843. Увеличится.
844. а), б) Не изменится; в), г), д), е), и) увеличится; ж), з) уменьшится.
845. Одинаково; в ванне *A* больше.
846. 50 мин.
847. 0,3 мг/Кл.
848. Увеличится примерно в 1,1 раза.
849. 0,62 мг/Кл; 0,31 мг/Кл.
850. 2,04 мг/Кл.
851. 12 : 1.
852. Для алюминия в 50 раз больше.
853. 330 кВт·ч.
854. 0,13 МДж.
855. 16,7 мин.
857. 80 нА.
858. Уменьшится.
859. 3 МВ/м, 2300 км/с.
860. 1,8 мм.
861. Не наступит.
862. 2 мм.
865. Внизу больше напряженность поля; за счет конвекции.
866. 1,2 Мм/с.
867. 680 км/с; 340 км/с.
868. 180 В.
869. 4 нс.
870. 1,6 нс.
871. $U=\frac{4ydW_k}{ex^2}=3{,}2$ кВ.
872. $y=\frac{Ex^2}{4U}=0{,}5$ см.
873. $\frac{nM}{\rho N_A}=6{,}7\cdot10^{-10}$.

874. Дырочной, электронной.
875. Фосфор, мышьяк, сурьму.
876. Уменьшилось в 3 раза.
877. График II — к освещенному; применим при постоянном освещении; в 3 раза.
878. В 10 раз.
879. *N* — за плоскость чертежа.
880. а) Оттолкнется; б) притянется; в) повернется правой стороной витка к нам и притянется.
881. Повернется так, чтобы плоскости совпадали, а токи были направлены одинаково.
882. Справа «+».
883. 0,04 Тл.
884. 5 А.
885. 0,1 Н·м.
886. 50 мТл.
887. 2 мВб; 1,4 мВб; 1 мВб.
889. К читателю южный полюс.
890. 40 мТл.
891. 50 мН.
892. 20 мТл.
893. $B=\frac{mg\,\mathrm{tg}\,\alpha}{Il}$.
894. 8 мДж.
895. Вниз.
896. В точке *C* потенциал меньше, чем в точке *D*.
897. 0,32 пН.
898. 5,6 мТл.
899. 96 км/с.
900. $r=\frac{\sqrt{2mW_k}}{eB}=5{,}8$ см.
901. а) Для α-частицы в 2 раза больше; б) одинаковы.
902. $T=\frac{2\pi m}{eB}=8{,}9$ нс.
903. 1000 км/с.
904. $\frac{q}{m}=\frac{2U}{R^2B^2}$.
905. 2000; 1000.

906. Увеличится в 1,75 раза.
907. 8 мВб.
909. а), г) Не будет; б), в), д) будет.
910. а), б) Не будет; в) будет (за исключением случая, когда ось вращения параллельна линиям индукции).
911. Первый и второй — одновременно, третий — позже.
912. Против движения часовой стрелки; по часовой стрелке. По часовой стрелке; против часовой стрелки.
913. Совпадает с направлением вращения магнита.
916. Ускорение больше при меньшем сопротивлении и большей скорости.
917. 400 В.
918. 60 мВб/с.
919. 100.
920. 5 мВ.
921. 5,8 м/с.
922. а) 0,5 А; б) 0,7 А; в) 0,3 А. Влево со скоростью 10 м/с.
923. 10 МГн.
924. 0,2 Вб.
925. 2,5 мГн.
926. 100 В.
927. 2 мТл.
928. 0,1 А.
931. 120 Дж; уменьшится в 4 раза.
932. 2 А.
933. 2,5 Дж.
934. $a_x=-1000x$; 10 м/с².
935. — 80 м/с²; 0; 20 м/с²; — 0,25 см.
936. $a_x=-20x$; — 0,1 м/с²; 0,2 м/с².
937. ±0,2 м/с²; 0.
938. Постоянные: амплитуда, период, частота, циклическая частота.
939. 80 см.

940. 2 с; 0,5 Гц; π с⁻¹.
941. 76 Гц.
942. 6 см; 50 Гц; 20 мс.
943. 1,4 см; — 1,4 см.
944. $\frac{\pi}{3}, \frac{2\pi}{3}, \frac{4\pi}{3}, \frac{5\pi}{3}$ рад.
945. а) 10 см; 0,2 с; 5 Гц; 10π рад/с; б) $x=0{,}1\cos 10\pi t$; в) 0; — 5 см; г) — 10 см; 0.
946. $x=0{,}1\cos\pi t$; $\frac{3\pi}{2}$ рад; 0; 0,25 и 1,75 с.
947. 2 см; — 1,4 см.
948. 1 : 2.
949. $v_x=-\pi\sin 20\pi t$; $a_x=-20\pi^2\cos 20\pi t$; 25 см; — 2,7 м/с; — 100 м/с².
950. $x=0{,}001\cos 1000\pi t$; $v_x=-\pi\sin 1000\pi t$; $a_x=-1000\pi^2\times\cos 1000\pi t$; 3,14 м/с; 9,9 км/с².
951. 3,2 Гц.
952. 4 кг.
953. Уменьшится в $\sqrt{2}$ раза.
954. Уменьшится в 2 раза.
955. $T=2\pi\sqrt{\frac{x}{g}}$.
956. $x=0{,}1\cos 10t$; $F=-10\cos 10t$; 10 Н; —5 Н.
957. 9,7 м/с².
958. 9 : 1.
959. Будут отставать во всех случаях.
960. Увеличится.
961. 18 см; 50 см.
962. $x=0{,}1\cos 2t$.
963. Уменьшится в 2 раза.
964. Увеличится в $\sqrt{1+\frac{qE}{mg}}$ раз.
965. 2,8 Дж; 3,8 м/с.
966. $W_p=2\pi^2m\nu^2x_m^2\cos^2 2\pi\nu t$; $W_k=2\pi^2m\nu^2x^2_m\sin^2 2\pi\nu t$; $W=2\pi^2m\nu^2x^2_m$.
967. Увеличилась в 12 раз.

968. 25 Дж; 75 Дж.
969. 150 мДж; 50 мДж.
970. $\frac{1}{8}T$; $\frac{3}{8}T$; $\frac{5}{8}T$; $\frac{7}{8}T$.
973. Подносить к шару электрометра руку с частотой собственных колебаний стрелки.
975. 2,7 км/ч.
976. Период собственных колебаний у груженой машины больше и скорость, при которой наступит резонанс, меньше.
977. За счет энергии качающегося человека. Можно.
978. 0,25 мкс.
979. От 710 кГц до 71 МГц.
980. 5,1 мкГн.
981. Уменьшится в 1,25 раза.
982. $Q=\frac{3}{8}CU^2=0{,}6$ Дж.
983. 120 мкДж; 40 мкДж.
984. $I_m=U_m\sqrt{\frac{C}{L}}=0{,}1$ А.
985. $i=-0{,}01\pi\sin 10^4\pi t$; 0,2 мс; 5 кГц; 1 мкКл; 31,4 мА.
986. $q=10^{-4}\cos 500t$; $i=-0{,}05\sin 500t$; $u=100\cos 500t$; 50 мА; 100 В.
987. $e=0{,}1\pi\sin 10\pi t$; нормаль к плоскости рамки параллельна линиям индукции; 5 $с^{-1}$; 0,01 Вб; 0,314 В.
988. $\Phi=BS\cos\omega t=0{,}008\cos 50t$; $e=BS\omega\sin\omega t=0{,}4\sin 50t$.
989. 100.
990. Придет в колебание с частотой переменного тока.
991. а) Парабола; б) синусоида.
992. 50 В; 0,4 с; 2,5 Гц; $e=50\cos 5\pi t$.
993. 100 Гц; 10 мс; 5 А; 2,5 А.
994. 100 В; 0; —200 В.
995. 71 В.
996. 610 кВ.
997. $u=310\cos 100\pi t$; $i=6{,}2\cos 100\pi t$.
998. Половину.
999. а) Увеличится; б) увеличится.
1000. 0,8 кОм; 0,1 кОм.
1001. 36 мкФ.
1002. а) Уменьшится; б) увеличится.
1003. 63 Ом; 0,5 кОм.
1004. 0,16 Гн.
1005. $Л_1$ — увеличится; $Л_2$ — уменьшится; $Л_1$ — уменьшится; $Л_2$ — увеличится.
1006. а) Не изменятся; б) увеличатся от 0 до некоторой величины; в) уменьшатся.
1007. Индуктивная.
1008. Когда индуктивное сопротивление становится равным емкостному, в цепи наступает резонанс.
1009. 1,6 мкФ.
1010. 0,5 кГц.
1011. 500 об/мин.
1012. 2 кГц.
1013. Нельзя.
1014. $^1/_3$; 2520; в первичной.
1015. 20 В.
1016. I_2 — увеличится; U_2 — уменьшится; I_1 — увеличится; U_1 — практически не изменится.
1017. $e=314\sin 314t$; 223 В.
1018. 0,5 с; 2 Гц.
1019. 2,4 м/с.
1020. 100 м.
1021. $\frac{\pi}{6}$; π; $\frac{3\pi}{2}$; 2π; $\frac{7\pi}{3}$ рад.
1022. $x=0{,}05\sin 2\pi t$; $x=-0{,}05\cos 2\pi t$.
1023. 15 м/с, 5 м/с.
1024. 79 Гц; 1360 Гц.
1025. 3,8 м; 3,8 см.

1026. Примерно 5 км.
1027. 100 м/с.
1028. 20 м/с.
1029. 10 км.
1033. 0,4 с.
1034. 420 м.
1036. Длина волны увеличится в 4,1 раза.
1037. Усиление; ослабление.
1038. Усиление.
1039. Ослабление.
1040. $(2n+1)340$ Гц (где $n=0, 1, 2, 3, \ldots$).
1041. Можно, система отсчета должна двигаться с такой же скоростью, что и электроны; нельзя.
1044. Увеличивается.
1045. От 60 до 190 м.
1046. $5\cdot 10^4$.
1047. 2 ч 13 мин 20 с.
1048. 30 км.
1049. 73 км.
1050. 5000.
1051. 10 км; 67 мкс; увеличить.
1052. 4000; 37,5 км.
1053. 0,8 м.
1054. $\alpha=\operatorname{arctg}\frac{h}{l}$.
1055. 1,5 м.
1056. 3,9 м.
1057. Параллелограмм, ромб, прямоугольник, квадрат. Когда солнце находится в вертикальной плоскости, перпендикулярной окну, причем угловая высота над горизонтом 59°.
1058. 22 июня $l=h\operatorname{tg}(\varphi-\varepsilon)=0{,}64\,h$; 22 декабря $l=h\operatorname{tg}(\varphi+\varepsilon)=5{,}4h$.
1059. 12,6 лм/Вт; 10,2 лм/Вт.
1060. 8 млм.
1061. 40 лк.
1062. 25 лк.
1063. 1,1—1,4 м.
1064. Станет в 3 раза больше.
1065. Земли больше, в 27 раз.
1066. В 8,8 раза.
1067. 60°.
1068. 47 лк.
1069. 12 лк.
1071. 44 лк.
1072. 35 лк; 14 лк.
1073. Справедливы.
1074. 81°.
1075. 2φ.
1079. Приближаться к берегу.
1080. 37 см.
1081. Не будет.
1083. $h=H\frac{\sin(\beta+\alpha)}{\sin(\beta-\alpha)}$.
1084. Вследствие изменения температуры воздуха изменяется его показатель преломления.
1085. Так как показатель преломления воздуха немного больше единицы.
1086. 19°, 28°.
1087. 49°.
1088. 52°.
1089. При $n=1$ или $\alpha=0$.
1090. 28°.
1091. 74°.
1092. 58°.
1093. 39°.
1095. Будет смещаться вправо параллельно первоначальному положению.
1096. 14 см.
1097. 1,1 м.
1099. 27°; 37°; 57°.
1100. 1,2 см; 1 см.
1101. $a=\frac{d\sin(\alpha-\gamma)}{\cos\gamma}$.
1102. Не может.
1103. *а* — зеркало; *б* — призма.
1105. 39°; 25°.
1106. 2; 39°.

1107. Произойдет.
1108. 39°.
1109. 56°.
1110. а) На 13° вниз; б) на 20° вверх.
1112. 5 дптр; —10 дптр.
1113. 13 см; 7,7 дптр.
1115. $L=\frac{D\pm d}{D}F$.
1116. а) Собирающая; б) рассеивающая.
1117. 50 см; увеличенное в 4 раза.
1118. 25 см; действительное, обратное, увеличенное в 4 раза.
1119. Предмет (буква) расположен между собирающей линзой (каплей) и ее фокусом.
1120. 20 дптр.
1121. $\Gamma=\frac{|F|}{|d-F|}$.
1122. 16 см.
1123. В фокальной плоскости.
1124. —7,5 дптр.
1125. В 3 раза.
1126. $\frac{mF}{m+1}$; в $(m+1)$ раз.
1127. 30 и 60 см от экрана.
1128. 2,4 дптр; 0,5 м.
1130. 4 дптр; 1 : 1 000 000.
1131. Увеличить; размеры изображения уменьшаются и освещенность увеличивается.
1132. «Киев».
1133. Уменьшится освещенность.
1134. 50 см.
1135. 292 м.
1136. 1 мс.
1137. $\frac{h_2-h_1}{d_2h_2-d_1h_1}$.
1139. 12,5 см.
1140. 520 м.
1141. 0,5 см.
1144. 2,5 дптр.
1145. 2 дптр.
1146. 16 дптр.
1147. 8 мин 20 с.
1148. $c=4lN\nu=315\,000$ км/с.
1149. 300 400 км/с.
1150. 230 Мм/с; 190 Мм/с.
1151. 390 ТГц; 750 ТГц.
1152. $2\cdot10^6$.
1153. 220 Мм/с.
1154. Для красных ($\lambda=0{,}76$ мкм).
1155. 0,53 мкм; красный, так как воспринимаемый глазом цвет зависит не от длины волны, а от частоты.
1156. 0,6 мкм.
1157. Красным.
1158. Черными.
1159. Нет.
1160. Верх — фиолетовый, низ — красный.
1161. $\delta=S_1O-S_2O=0$.
1162. Источниками будут точка S и ее мнимое изображение.
1163. 2,4 мм.
1164. 600 нм.
1165. а), б), в) Расстояние между максимумами освещенности увеличивается.
1167. Так как пленка утолщается книзу за счет собственного веса.
1168. Для всех длин волн соблюдается условие максимума освещенности.
1169. Вторая.
1170. Расстояние между максимумами увеличивается.
1171. 580 нм.
1172. 1,5°.
1173. 10 мкм.
1174. 11 см.
1176. Отраженный частично поляризованный свет не пройдет через поляроид и не будет «слепить» глаза.
1177. 500 ТГц; 600 нм.
1178. 600 ТГц.
1179. 1,7 а. е. м.
1180. На 5,2 а. е. м.
1181. 0,97 c.
1182. На 4,2 Мт.
1183. Увеличилась на 10^{-13} кг.
1184. На $5\cdot10^{-17}$ кг.
1185. На $2{,}5\cdot10^{-9}$ кг.
1186. Суммарная масса будет меньше 2 кг, так как уменьшилась потенциальная энергия гравитационного взаимодействия.
1187. $8{,}4\cdot10^{-12}$ кг.
1188. Увеличивается на $3{,}7\times10^{-12}$ кг.
1189. Масса покоя продуктов сгорания на $3{,}2\cdot10^{-10}$ кг меньше.
1190. В $1{,}07\cdot10^7$ раз.
1191. В 2,96 раза.
1192. 0,13 МэВ.
1193. а), в) Тепловому; б), г) люминесцентному.
1194. а), б) Электролюминесценция; в) фотолюминесценция; г) хемилюминесценция.
1195. Фотолюминесценция.
1197. При T_1.
1198. Уменьшается общая лучистая энергия, максимум излучения смещается в сторону длинных волн.
1199. Тепловое действие.
1200. Колбы медицинских ламп должны пропускать ультрафиолетовые лучи.
1201. Меньше поглощение ультрафиолетовой части спектра атмосферой.
1202. Рентгеновский снимок — это тени предметов в излучении практически точечного источника. Поэтому, если предмет не касается вплотную экрана, его изображение получается увеличенным.
1203. Соли бария значительно сильнее поглощают рентгеновские лучи, чем окружающие ткани.
1204. $1{,}6\cdot10^{-14}$ Дж.
1205. 130 Мм/с.
1206. 41 кВ.
1207. $2{,}6\cdot10^{-19}$ Дж; $5\cdot10^{-19}$ Дж.
1208. Рентгеновские; видимые; радиоволны.
1209. 0,3 мкм.
1210. $7{,}3\cdot10^{-39}$ кг; $2{,}2\cdot10^{-30}$ кг·м/с; $7{,}3\cdot10^{-33}$ кг; $2{,}2\cdot10^{-24}$ кг·м/с.
1211. $2{,}4\cdot10^{-12}$ м; $1{,}2\cdot10^{20}$ Гц.
1212. $2\cdot10^{-27}$ кг·м/с.
1213. 0,99 мкм.
1214. 53.
1215. Не изменится.
1216. 41 кВ.
1217. 62 пм.
1218. 0,1 %.
1219. а) Увеличится; б) уменьшится; в) увеличится; г) уменьшится; д) не изменится; е) увеличится.
1220. Освещая пластину, поднести к ней положительно заряженную палочку.
1221. $6{,}9\cdot10^{-19}$ Дж, или 4,3 эВ.
1222. 0,56 мкм.
1223. Не возникнет.
1224. 1,74 эВ.
1225. 1,6 Мм/с.
1226. 94 нм.
1227. $U_з=\frac{hc-A_в\lambda}{e\lambda}=7{,}9$ В.
1228. $h=\frac{e(U_2-U_1)}{\nu_2-\nu_1}=$ $=6{,}7\cdot10^{-34}$ Дж·с.

1229 $U_з = -\frac{A_в}{e} + \frac{h}{e}\nu$; соответствующий графику *II*.

1230. На белую в 2 раза больше.

1231. $3{,}1 \cdot 10^{-14}$ м.

1232. На вторую; первую; третью и выше.

1233. Энергия излученных квантов меньше.

1234. 0,49 мкм.

1235. 0,25 мкм.

1236. $3{,}4 \cdot 10^{15}$ Гц.

1237. Увеличивается в 9 раз; уменьшается в 4 раза.

1238. В 5,4 раза.

1239. $3{,}3 \cdot 10^{15}$ $с^{-1}$.

1240. 0,49 мкм; 0,43 мкм; 0,41 мкм.

1241. От наблюдателя за плоскость чертежа.

1242. Снизу вверх.

1243. Счетчик реагирует на космические лучи.

1244. Чтобы избежать опасного излучения (свинец поглощает заряженные частицы).

1245. Кобальтовая пушка работает без источника тока, менее громоздка, проникающая способность γ-лучей выше, чем рентгеновских.

1246. В верхних слоях атмосферы.

1247. 0,29.

1248. 75%.

1249. 4 дня.

1252. 75% ^{35}Cl и 25% ^{37}Cl.

1253. *Z* и *M* не изменяются, масса уменьшается на массу γ-кванта.

1254. *Z* и *M* уменьшаются на 1; *Z* не изменяется, *M* уменьшается на 1; *Z* уменьшается на 1, *M* не изменяется.

1255. $^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H$.

1256. $^{11}_{5}B + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n$.

1257. $^{10}_{5}B + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{7}_{3}Li$.

1258. $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$;

$^{14}_{6}C \longrightarrow ^{0}_{-1}e + ^{14}_{7}N$.

1259. $^{56}_{26}Fe + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{56}_{25}Mn + ^{1}_{1}H$;

$^{56}_{25}Mn \longrightarrow ^{56}_{26}Fe + ^{0}_{-1}e$.

1260. Нейтрон $^{13}_{7}N \longrightarrow ^{13}_{6}C + ^{0}_{+1}e$.

1261. $^{24}_{11}Na$; $^{0}_{+1}e$; $^{25}_{12}Mg$; $^{1}_{1}H$; $^{1}_{1}H$.

1262. В углероде.

1263. Импульсы по модулю одинаковы; энергия ^{4}He в 5,5 раза больше энергии ^{222}Rn.

1264. Поглощается; выделяется, поглощается.

1265. 2,2 МэВ.

1266. 220 МэВ.

1267. 5,6 МэВ; 8 МэВ.

1268. 105 МэВ.

1269. 17 МэВ.

1270. 2,8 МэВ.

1271. 15 МэВ.

1272. 18 МэВ.

1273. 350 ГДж.

1274. 2,2 МэВ.

1275. 2,4 пм.

1276. 0,4 МэВ.

1277. 23 МВт·ч; 2,8 т.

1278. 53 МВт.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

МЕХАНИКА

Глава I. **Основы кинематики** 5

§ 1. Поступательное движение. Материальная точка. Система отсчета. Путь и перемещение . . . . . —
§ 2. Прямолинейное равномерное движение 8
§ 3. Относительность движения 10
§ 4. Скорость в прямолинейном неравномерном движении . . 13
§ 5. Перемещение при равноускоренном движении 15
§ 6. Линейная и угловая скорости. Ускорение при равномерном движении тела по окружности 18

Глава II. **Основы динамики** 21

§ 7. Первый закон Ньютона. Масса тел. Сила . . . . . —
§ 8. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона 23
§ 9. Силы упругости. Гравитационные силы 26
§ 10. Силы трения. Коэффициент трения. Силы сопротивления среды 28

Глава III. **Применение законов динамики** 29

§ 11. Движение под действием силы тяжести по вертикали . —
§ 12. Движение под действием силы тяжести в случае, когда начальная скорость направлена под углом к горизонту 31
§ 13. Вес тела, движущегося с ускорением. Невесомость. Перегрузки. Движение искусственных спутников и планет 34
§ 14. Движение под действием силы трения 36
§ 15. Движение под действием нескольких сил 37

Глава IV. **Элементы статики** 43

§ 16. Равновесие невращающихся тел . . . . . —
§ 17. Момент силы. Правило моментов. Центр тяжести. Устойчивость тел 46

Глава V. **Законы сохранения** 51

§ 18. Импульс тела. Закон сохранения импульса . . . . . —
§ 19. Механическая работа. Кинетическая и потенциальная энергия 52
§ 20. Закон сохранения энергии. Превращение энергии вследствие работы силы трения 55
§ 21. Мощность. КПД. Движение жидкостей и газов . . . 59

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Глава VI. **Основы молекулярно-кинетической теории** 62

§ 22. Количество вещества. Постоянная Авогадро. Масса и размеры молекул. Броуновское движение. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов . . . —

§ 23. Энергия теплового движения молекул. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры. Скорости молекул газа 65

§ 24. Уравнение состояния идеального газа 68

§ 25. Изопроцессы 69

Глава VII. **Основы термодинамики** 73

§ 26. Внутренняя энергия одноатомного газа. Работа и количество теплоты. Первый закон термодинамики. Адиабатный процесс . . . . . —

§ 27. Изменение внутренней энергии тел в процессе теплопередачи 75

§ 28. Изменение внутренней энергии в процессе совершения работы. Тепловые двигатели 78

Глава VIII. **Свойства паров, жидкостей и твердых тел** 80

§ 29. Свойства паров. Влажность воздуха . . . . . —

§ 30. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления . . . 83

§ 31. Механические свойства твердых тел 86

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Глава IX. **Электрическое поле** 88

§ 32. Закон Кулона. Напряженность поля . . . . . —

§ 33. Проводники в электрическом поле. Поле заряженного шара и пластины. Диэлектрики в электрическом поле 91

§ 34. Энергия заряженного тела в электрическом поле. Разность потенциалов. Связь между напряженностью и напряжением 94

§ 35. Электроемкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля 97

Глава X. **Законы постоянного тока** 99

§ 36. Сила тока. Сопротивление. Закон Ома для участка цепи с последовательным и параллельным соединением проводников . . . . . —

§ 37. Работа и мощность тока 103

§ 38. Электродвижущая сила. Закон Ома для замкнутой цепи 105

Глава XI. **Электрический ток в различных средах** 108

§ 39. Электрический ток в металлах и электролитах . . . . —

§ 40. Электрический ток в газах, вакууме, полупроводниках 110

Глава XII. **Электромагнитные явления** 113

§ 41. Магнитное поле тока. Магнитная индукция. Магнитный поток. Закон Ампера. Сила Лоренца. Магнитные свойства веществ . . . . . —

§ 42. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля тока 117

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Глава XIII. **Механические колебания** 122

§ 43. Кинематика колебательного движения . . . . . —

§ 44. Динамика колебательного движения 124

Глава XIV. **Электрические колебания** 126

§ 45. Колебательный контур . . . . . —

§ 46. Переменный ток 127

Глава XV. **Волны** 131

§ 47. Механические волны. Звук . . . . . —

§ 48. Электромагнитные волны 133

ОПТИКА

Глава XVI. **Лучевая оптика** 135

§ 49. Прямолинейное распространение света. Фотометрия. Законы отражения. Плоское зеркало . . . . . —

§ 50. Законы преломления света. Полное отражение 138

§ 51. Линза. Оптические приборы. Глаз 141

Глава XVII. **Волновая оптика** 145

§ 52 Скорость света. Дисперсия света. Интерференция, дифракция, поляризация света . . . . . —

§ 53. Элементы теории относительности. Излучение и спектры 149

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Глава XVIII. **Квантовая оптика. Строение атома** 152

§ 54. Фотон. Фотоэффект . . . . . —

§ 55. Модель атома Резерфорда — Бора 155

Глава XIX. **Физика атомного ядра** 156

§ 56. Методы регистрации заряженных частиц. Радиоактивность . . . . . —

§ 57. Состав атомных ядер. Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций 157

Приложения 160

Ответы 167