

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П.Астафьева»

Институт математики, физики и информатики  
(наименование института/факультета)  
Кафедра-разработчик физики, технологии и методики обучения  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
Протокол № 10 от «07»мая 2025  
Латынцев Сергей Васильевич

ОДОБРЕНО

На заседании научно-методического  
совета специальности (направления  
подготовки)  
Протокол № 8 от 14 мая 2025

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации обучающихся

по дисциплине «Физический практикум в обучении на профильном уровне»

Для профилей по направлениям подготовки: 44.04.01 Педагогическое образование,  
направленность (профиль) образовательной программы Физическое и технологическое  
образование в новой образовательной практике

Квалификация: магистр

Составитель: Латынцев Сергей Васильевич, доцент  
(ФИО, должность)

## Задачи для самостоятельного решения

### Прямолинейное движение

1.1. Две прямые дороги пересекаются под углом  $\alpha=60^\circ$ . От перекрестка по ним удаляются машины: одна со скоростью  $v_1=60$  км/ч, другая со скоростью  $v_2=80$  км/ч. Определить скорости  $v'$  и  $v''$ , с которыми одна машина удаляется от другой. Перекресток машины прошли одновременно.

1.2. Точка двигалась в течение  $t_1=15$  с со скоростью  $v_1=5$  м/с, в течение  $t_2=10$  с со скоростью  $v_2=8$  м/с и в течение  $t_3=6$  с со скоростью  $v_3=20$  м/с. Определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  точки.

1.3. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью  $v_1=60$  км/ч, остальную часть пути — со скоростью  $v_2=80$  км/ч. Какова средняя путевая скорость  $\langle v \rangle$  автомобиля?

1.4. Первую половину пути тело двигалось со скоростью  $v_1=2$  м/с, вторую — со скоростью  $v_2=8$  м/с. Определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$ .

1.6. Зависимость скорости от времени для движения некоторого тела представлена на рис. 1.4. Определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  за время  $t=14$  с.

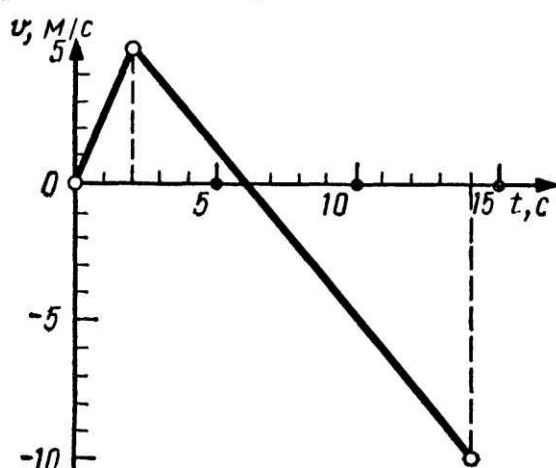


Рис. 1.4

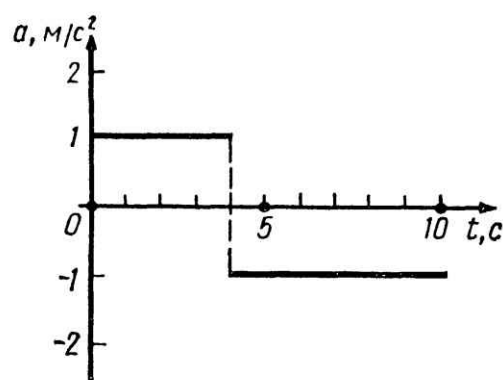


Рис. 1.5

1.7. Зависимость ускорения от времени при некотором движении тела представлена на рис. 1.5. Определить среднюю путевую скорость  $\langle v \rangle$  за время  $t=8$  с. Начальная скорость  $v_0=0$ .

1.8. Уравнение прямолинейного движения имеет вид  $x=At+Bt^2$ , где  $A=3$  м/с,  $B=-0,25$  м/с<sup>2</sup>. Построить графики зависимости координаты и пути от времени для заданного движения.

1.9. На рис. 1.5 дан график зависимости ускорения от времени для некоторого движения тела. Построить графики зависимости скорости и пути от времени для этого движения, если в начальный момент тело покоилось.

1.15. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями:

$$x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2, \quad x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2,$$

где  $A_1 = 20$  м,  $A_2 = 2$  м,  $B_2 = B_1 = 2$  м/с,  $C_1 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2 = 0,5$  м/с<sup>2</sup>.

В какой момент времени  $t$  скорости этих точек будут одинаковыми? Определить скорости  $v_1$  и  $v_2$  и ускорения  $a_1$  и  $a_2$  точек в этот момент:

1.16. Две материальные точки движутся согласно уравнениям:

$$x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3, \quad x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3,$$

где  $A_1 = 4$  м/с,  $B_1 = 8$  м/с<sup>2</sup>,  $C_1 = -16$  м/с<sup>3</sup>,  $A_2 = 2$  м/с,  $B_2 = -4$  м/с<sup>2</sup>,  $C_2 = 1$  м/с<sup>3</sup>.

В какой момент времени  $t$  ускорения этих точек будут одинаковыми? Найти скорости  $v_1$  и  $v_2$  точек в этот момент.

### Криволинейное движение

1.26. Материальная точка движется по плоскости согласно уравнению  $\mathbf{r}(t) = \mathbf{i}At^3 + \mathbf{j}Bt^2$ . Написать зависимости: 1)  $\mathbf{v}(t)$ ; 2)  $\mathbf{a}(t)$ .

1.27. Движение материальной точки задано уравнением  $\mathbf{r}(t) = A(\mathbf{i} \cos \omega t + \mathbf{j} \sin \omega t)$ , где  $A = 0,5$  м,  $\omega = 5$  рад/с. Начертить траекторию точки. Определить модуль скорости  $|\mathbf{v}|$  и модуль нормального ускорения  $|\mathbf{a}_n|$ .

1.28. Движение материальной точки задано уравнением  $\mathbf{r}(t) = \mathbf{i}(A + Bt^2) + \mathbf{j}Ct$ , где  $A = 10$  м,  $B = -5$  м/с<sup>2</sup>,  $C = 10$  м/с. Начертить траекторию точки. Найти выражения  $\mathbf{v}(t)$  и  $\mathbf{a}(t)$ . Для момента времени  $t = 1$  с вычислить: 1) модуль скорости  $|\mathbf{v}|$ ; 2) модуль ускорения  $|\mathbf{a}|$ ; 3) модуль тангенциального ускорения  $|\mathbf{a}_\tau|$ ; 4) модуль нормального ускорения  $|\mathbf{a}_n|$ .

1.29. Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau = 0,5$  м/с<sup>2</sup>. Определить полное ускорение  $a$  точки на участке кривой с радиусом кривизны  $R = 3$  м, если точка движется на этом участке со скоростью  $v = 2$  м/с.

1.44. Тело брошено под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту. Найти этот угол, если горизонтальная дальность  $s$  полета тела в четыре раза больше максимальной высоты  $H$  траектории.

1.45. Миномет установлен под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту на крыше здания, высота которого  $h = 40$  м. Начальная скорость  $v_0$  мины равна 50 м/с. Требуется: 1) написать кинематические уравнения движения и уравнения траектории и начертить эту траекторию с соблюдением масштаба; 2) определить время  $\tau$  полета мины, максимальную высоту  $H$  ее подъема, горизонтальную дальность  $s$  полета, скорость  $v$  в момент падения мины на землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

*Указание.* Начало координат поместить на поверхности земли так, чтобы оно находилось на одной вертикали с минометом и чтобы вектор скорости  $\mathbf{v}$  лежал в плоскости  $xOy$ .

1.53. На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время  $t=3$  с опустился на  $h=1,5$  м. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  цилиндра, если его радиус  $r=4$  см.

1.54. Диск радиусом  $r=10$  см, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon=0,5$  рад/с<sup>2</sup>. Найти тангенциальное  $a_t$ , нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.

### *Второй закон Ньютона*

2.1. На гладком столе лежит брусок массой  $m=4$  кг. К бруску привязан шнур, ко второму концу которого приложена сила  $F=10$  Н, направленная параллельно поверхности стола. Найти ускорение  $a$  бруска.

2.2. На столе стоит тележка массой  $m_1=4$  кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением  $a$  будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирю массой  $m_2=1$  кг?

2.7. Материальная точка массой  $m=2$  кг движется под действием некоторой силы  $F$  согласно уравнению  $x=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ , где  $C=1$  м/с<sup>2</sup>,  $D=-0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти значения этой силы в моменты времени  $t_1=2$  с и  $t_2=5$  с. В какой момент времени сила равна нулю?

2.8. Молот массой  $m=1$  т падает с высоты  $h=2$  м на наковальню. Длительность удара  $t=0,01$  с. Определить среднее значение силы  $\langle F \rangle$  удара.

2.9. Шайба, пущенная по поверхности льда с начальной скоростью  $v_0=20$  м/с, остановилась через  $t=40$  с. Найти коэффициент трения  $f$  шайбы о лед.

2.11. Тело массой  $m=5$  кг брошено под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0=20$  м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти: 1) импульс силы  $F$ , действующей на тело, за время его полета; 2) изменение  $\Delta p$  импульса тела за время полета.

2.12. Шарик массой  $m=100$  г упал с высоты  $h=2,5$  м на горизонтальную плиту, масса которой много больше массы шарика, и отскочил от нее вверх. Считая удар абсолютно упругим, определить импульс  $p$ , полученный плитой.

2.19. На горизонтальной поверхности находится брусок массой  $m_1=2$  кг. Коэффициент трения  $f_1$  бруска о поверхность равен 0,2. На бруске находится другой брусок массой  $m_2=8$  кг. Коэффициент трения  $f_2$  верхнего бруска о нижний равен 0,3. К верхнему бруску приложена сила  $F$ . Определить: 1) значение силы  $F_1$ , при котором начнется совместное скольжение брусков по поверхности; 2) значение силы  $F_2$ , при котором верхний брусок начнет проскальзывать относительно нижнего.

2.31. Катер массой  $m=2$  т трогается с места и в течение времени  $\tau=10$  с развивает при движении по спокойной воде скорость  $v=4$  м/с. Определить силу тяги  $F$  мотора, считая ее постоянной. Принять силу сопротивления  $F_c$  движению пропорциональной скорости; коэффициент сопротивления  $k=100$  кг/с.

## Законы сохранения в механике

**2.34.** Шар массой  $m_1=10$  кг, движущийся со скоростью  $v_1=4$  м/с, сталкивается с шаром массой  $m_2=4$  кг, скорость  $v_2$  которого равна 12 м/с. Считая удар прямым, неупругим, найти скорость  $u$  шаров после удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.

**2.35.** В лодке массой  $m_1=240$  кг стоит человек массой  $m_2=60$  кг. Лодка плывет со скоростью  $v_1=2$  м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью  $v=4$  м/с (относительно лодки). Найти скорость  $u$  движения лодки после прыжка человека в двух случаях: 1) человек прыгает вперед по движению лодки и 2) в сторону, противоположную движению лодки.

**2.41.** Два конькобежца массами  $m_1=80$  кг и  $m_2=50$  кг, держась за концы длинного натянутого шнура, неподвижно стоят на льду один против другого. Один из них начинает укорачивать шнур, выбирая его со скоростью  $v=1$  м/с. С какими скоростями  $u_1$  и  $u_2$  будут двигаться по льду конькобежцы? Трением пренебречь.

**2.45.** Самолет описывает петлю Нестерова радиусом  $R=200$  м. Во сколько раз сила  $F$ , с которой летчик давит на сиденье в нижней точке, больше силы тяжести  $P$  летчика, если скорость самолета  $v=100$  м/с?

**2.46.** Грузик, привязанный к шнуру длиной  $l=50$  см, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Какой угол  $\varphi$  образует шнур с вертикалью, если частота вращения  $n=1$  с<sup>-1</sup>?

**2.55.** Вал вращается с частотой  $n=2400$  мин<sup>-1</sup>. К валу перпендикулярно его длине прикреплен стержень очень малой массы, несущий на концах грузы массой  $m=1$  кг каждый, находящиеся на расстоянии  $r=0,2$  м от оси вала. Найти: 1) силу  $F$ , растягивающую стержень при вращении вала; 2) момент  $M$  силы, которая действовала бы на вал, если бы стержень был наклонен под углом  $\varphi=89^\circ$  к оси вала.

## Работа и энергия

**2.57.** Под действием постоянной силы  $F$  вагонетка прошла путь  $s=5$  м и приобрела скорость  $v=2$  м/с. Определить работу  $A$  силы, если масса  $m$  вагонетки равна 400 кг и коэффициент трения  $f=0,01$ .

**2.58.** Вычислить работу  $A$ , совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой  $m=100$  кг на высоту  $h=4$  м за время  $t=2$  с.

**2.59.** Найти работу  $A$  подъема груза по наклонной плоскости длиной  $l=2$  м, если масса  $m$  груза равна 100 кг, угол наклона  $\varphi=30^\circ$ , коэффициент трения  $f=0,1$  и груз движется с ускорением  $a=1$  м/с<sup>2</sup>.

**2.70.** Мотоциклист едет по горизонтальной дороге. Какую наименьшую скорость  $v$  он должен развить, чтобы, выключив мотор, проехать по треку, имеющему форму «мертвой петли» радиусом  $R=4$  м? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

**2.71.** При выстреле из орудия снаряд массой  $m_1=10$  кг получает кинетическую энергию  $T_1=1,8$  МДж. Определить кинетическую энергию  $T_2$  ствола орудия вследствие отдачи, если масса  $m_2$  ствола орудия равна 600 кг.

**2.81.** Шар массой  $m_1=2$  кг налетает на покоящийся шар массой  $m_2=8$  кг. Импульс  $p_1$  движущегося шара равен  $10$  кг·м/с. Удар шаров прямой, упругий. Определить непосредственно после удара: 1) импульсы  $p'_1$  первого шара и  $p'_2$  второго шара; 2) изменение  $\Delta p_1$  импульса первого шара; 3) кинетические энергии  $T'_1$  первого шара и  $T'_2$  второго шара; 4) изменение  $\Delta T_1$  кинетической энергии первого шара; 5) долю  $\omega$  кинетической энергии, переданной первым шаром второму.

**2.83.** Молот массой  $m_1=5$  кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса  $m_2$  наковальни равна 100 кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Определить КПД  $\eta$  удара молота при данных условиях.

**2.84.** Боек свайного молота массой  $m_1=500$  кг падает с некоторой высоты на сваю массой  $m_2=100$  кг. Найти КПД  $\eta$  удара бойка, считая удар неупругим. Изменением потенциальной энергии сваи при углублении ее пренебречь.

**2.91.** На покоящийся шар налетает со скоростью  $v_1=2$  м/с другой шар одинаковой с ним массы. В результате столкновения этот шар изменил направление движения на угол  $\alpha=30^\circ$ . Определить: 1) скорости  $u_1$  и  $u_2$  шаров после удара; 2) угол  $\beta$  между вектором скорости второго шара и первоначальным направлением движения первого шара. Удар считать упругим.

**2.92.** Частица массой  $m_1=10^{-24}$  г имеет кинетическую энергию  $T_1=9$  нДж. В результате упругого столкновения с покоящейся частицей массой  $m_2=4 \cdot 10^{-24}$  г она сообщает ей кинетическую энергию  $T_2=5$  нДж. Определить угол  $\alpha$ , на который отклонится частица от своего первоначального направления.

3.34. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой  $m_1=60$  кг. На какой угол  $\varphi$  повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя его, вернется в исходную точку на платформе? Масса  $m_2$  платформы равна 240 кг. Момент инерции  $J$  человека рассчитывать как для материальной точки.

3.35. Платформа в виде диска радиусом  $R=1$  м вращается по инерции с частотой  $n_1=6$  мин<sup>-1</sup>. На краю платформы стоит человек, масса  $m$  которого равна 80 кг. С какой частотой  $n$  будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции  $J$  платформы равен 120 кг·м<sup>2</sup>. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

### *Силы тяготения. Гравитационное поле*

4.1. Центры масс двух одинаковых однородных шаров находятся на расстоянии  $r = 1$  м друг от друга. Масса  $m$  каждого шара равна 1 кг. Определить силу  $F$  гравитационного взаимодействия шаров.

4.2. Как велика сила  $F$  взаимного притяжения двух космических кораблей массой  $m = 10$  т каждый, если они сблизятся до расстояния  $r = 100$  м?

4.3. Определить силу  $F$  взаимного притяжения двух соприкасающихся железных шаров диаметром  $d = 20$  см каждый.

4.4. На какой высоте  $h$  над поверхностью Земли напряженность  $g_h$  гравитационного поля равна 1 Н/кг? Радиус  $R$  Земли считать известным.

4.9. Масса Земли в  $n=81,6$  раза больше массы Луны. Расстояние  $l$  между центрами масс Земли и Луны равно  $60,3R$  ( $R$  — радиус Земли). На каком расстоянии  $r$  (в единицах  $R$ ) от центра Земли находится точка, в которой суммарная напряженность гравитационного поля Земли и Луны равна нулю?

4.15. Зная среднюю скорость  $v_1$  движения Земли вокруг Солнца (30 км/с), определить, с какой средней скоростью  $v_2$  движется малая планета, радиус орбиты которой в  $n=4$  раза больше радиуса орбиты Земли.

### *Молекулярная физика*



### Молекулярное строение вещества

8.1. Определить относительную молекулярную массу  $M_r$ : 1) воды; 2) углекислого газа  $\text{CO}_2$ ; 3) поваренной соли  $\text{NaCl}$ .

8.2. Найти молярную массу  $M$  серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

8.3. Определить массу  $m_1$  молекулы: 1) углекислого газа; 2) поваренной соли.

8.4. В сосуде вместимостью  $V=2$  л находится кислород, количество вещества  $\nu$  которого равно  $0,2$  моль. Определить плотность  $\rho$  газа.

8.5. Определить количество вещества  $\nu$  и число  $N$  молекул азота массой  $m=0,2$  кг.

8.6. В баллоне вместимостью  $V=3$  л находится кислород массой  $m=4$  г. Определить количество вещества  $\nu$  и число  $N$  молекул газа.

8.7. Кислород при нормальных условиях заполняет сосуд вместимостью  $V=11,2$  л. Определить количество вещества  $\nu$  газа и его массу  $m$ .

8.13. Рассматривая молекулы жидкости как шарики, соприкасающиеся друг с другом, оценить порядок размера диаметра молекулы сероуглерода  $\text{CS}_2$ . При тех же предположениях оценить порядок размера диаметра атомов ртути. Плотности жидкостей считать известными.

8.14. Определить среднее расстояние  $\langle l \rangle$  между центрами молекул водяных паров при нормальных условиях и сравнить его с диаметром  $d$  самих молекул ( $d=0,311$  нм).

### Уравнение газового состояния

8.16. В цилиндр длиной  $l=1,6$  м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении  $p_0$ , начали медленно вдвигать поршень площадью  $S=200$  см<sup>2</sup>. Определить силу  $F$ , которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии  $l_1=10$  см от дна цилиндра.

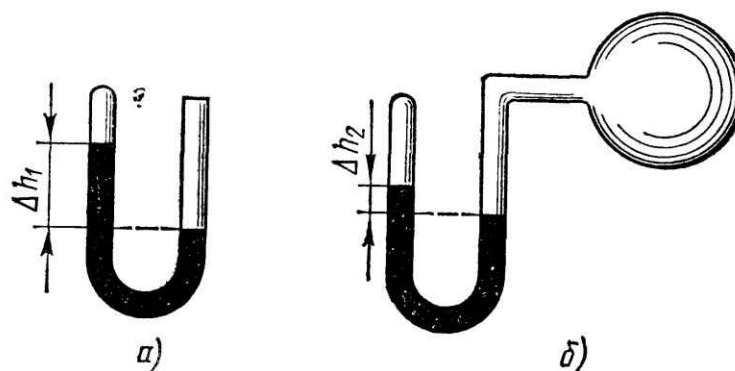


Рис. 8.1

**8.19.** Манометр в виде стеклянной U-образной трубки с внутренним диаметром  $d=5$  мм (рис. 8.1, а) наполнен ртутью так, что оставшийся в закрытом колене трубки воздух занимает при нормальном атмосферном давлении объем  $V_1=10$  мм<sup>3</sup>. При этом разность уровней  $\Delta h_1$  ртути в обоих коленах трубки равна 10 см. При соединении

открытого конца трубки с большим сосудом (рис. 8.1, б) разность  $\Delta h_2$  уровней ртути уменьшилась до 1 см. Определить давление  $p$  в сосуде.

**8.27.** Баллон вместимостью  $V=12$  л содержит углекислый газ. Давление  $p$  газа равно 1 МПа, температура  $T=300$  К. Определить массу  $m$  газа в баллоне.

**8.28.** Какой объем  $V$  занимает идеальный газ, содержащий количество вещества  $\nu=1$  кмоль при давлении  $p=1$  МПа и температуре  $T=400$  К?

**8.29.** Котел вместимостью  $V=2$  м<sup>3</sup> содержит перегретый водяной пар массой  $m=10$  кг при температуре  $T=500$  К. Определить давление  $p$  пара в котле.

**8.36.** Какой объем  $V$  занимает смесь газов — азота массой  $m_1=1$  кг и гелия массой  $m_2=1$  кг — при нормальных условиях?

**8.37.** В баллонах вместимостью  $V_1=20$  л и  $V_2=44$  л содержится газ. Давление в первом баллоне  $p_1=2,4$  МПа, во втором —  $p_2=1,6$  МПа. Определить общее давление  $p$  и парциальные  $p'_1$  и  $p'_2$  после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.

### Концентрация молекул

**9.1.** В сосуде вместимостью  $V=12$  л находится газ, число  $N$  молекул которого равно  $1,44 \cdot 10^{18}$ . Определить концентрацию  $n$  молекул газа.

9.2. Определить вместимость  $V$  сосуда, в котором находится газ, если концентрация молекул  $n=1,25 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ , а общее их число  $N=2,5 \cdot 10^{23}$ .

9.3. В сосуде вместимостью  $V=20$  л находится газ количеством вещества  $\nu=1,5$  кмоль. Определить концентрацию  $n$  молекул в сосуде.

9.4. Идеальный газ находится при нормальных условиях в закрытом сосуде. Определить концентрацию  $n$  молекул газа.

9.5. В сосуде вместимостью  $V=5$  л находится кислород, концентрация  $n$  молекул которого равна  $9,41 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ . Определить массу  $m$  газа.

9.19. Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения и среднее значение  $\langle \epsilon \rangle$  полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре  $T=600 \text{ К}$ . Найти также кинетическую энергию  $W$  поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества  $\nu=1$  кмоль.

9.20. Определить среднее значение  $\langle \epsilon \rangle$  полной кинетической энергии одной молекулы гелия, кислорода и водяного пара при температуре  $T=400 \text{ К}$ .

9.21. Определить кинетическую энергию  $\langle \epsilon_1 \rangle$ , приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы азота, при температуре  $T=1 \text{ кК}$ , а также среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$  поступательного движения,  $\langle \epsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения и среднее значение полной кинетической энергии  $\langle \epsilon \rangle$  молекулы.

9.25. Найти среднюю квадратичную  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ , среднюю арифметическую  $\langle v \rangle$  и наиболее вероятную  $v_{\text{в}}$  скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для трех значений температуры: 1)  $T=20 \text{ К}$ ; 2)  $T=300 \text{ К}$ ; 3)  $T=5 \text{ кК}$ .

9.26. При какой температуре  $T$  средняя квадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости  $v_2=11,2 \text{ км/с}$ ?

9.27. При какой температуре  $T$  молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ , как молекулы водорода при температуре  $T_1=100 \text{ К}$ ?

## Распределение Больцмана

**10.1.** Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу  $m=10^{-18}$  г. Во сколько раз уменьшится их концентрация  $n$  при увеличении высоты на  $\Delta h=10$  м? Температура воздуха  $T=300$  К.

**10.2.** Одинаковые частицы массой  $m=10^{-12}$  г каждая распределены в однородном гравитационном поле напряженностью  $G=0,2$  мкН/кг. Определить отношение  $n_1/n_2$  концентраций частиц, находящихся на эквипотенциальных уровнях, отстоящих друг от друга на  $\Delta z=10$  м. Температура  $T$  во всех слоях считается одинаковой и равной 290 К.

**10.3.** Масса  $m$  каждой из пылинок, взвешенных в воздухе, равна 1 аг. Отношение концентрации  $n_1$  пылинок на высоте  $h_1=1$  м к концентрации  $n_0$  их на высоте  $h_0=0$  равно 0,787. Температура воздуха  $T=300$  К. Найти по этим данным значение постоянной Авогадро  $N_A$ .

**10.14.** Ротор ультрацентрифуги радиусом  $a=0,2$  м заполнен атомарным хлором при температуре  $T=3$  кК. Хлор состоит из двух изотопов:  $^{37}\text{Cl}$  и  $^{35}\text{Cl}$ . Доля  $\omega_1$  атомов изотопа  $^{37}\text{Cl}$  составляет 0,25. Определить доли  $\omega'_1$  и  $\omega'_2$  атомов того и другого изотопов вблизи стенок ротора, если ротору сообщить угловую скорость вращения  $\omega$ , равную  $10^4$  рад/с.

## Распределение молекул по скоростям и импульсам

**10.15.** Зная функцию распределения молекул по скоростям, вывести формулу наиболее вероятной скорости  $v_B$ .

**10.16.** Используя функцию распределения молекул по скоростям, получить функцию, выражающую распределение молекул по относительным скоростям  $u$  ( $u=v/v_B$ ).

**10.22.** По функции распределения молекул по скоростям определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ .

**10.23.** Определить, какая из двух средних величин,  $\langle 1/v \rangle$  или  $1/\langle v \rangle$ , больше, и найти их отношение  $k$ .

**10.24.** Распределение молекул по скоростям в молекулярных пучках при эффузионном истечении \* отличается от максвелловского и имеет вид  $f(v)dv=Cv^3e^{-mv^2/(2kT)}v^3dv$ . Определить из условия нормировки коэффициент  $C$ .

**10.25.** Зная функцию распределения молекул по скоростям в некотором молекулярном пучке  $f(v)=\frac{m^2}{2k^2T^2}e^{-mv^2/(2kT)}v^3$ , найти выражения для: 1) наиболее вероятной скорости  $v_B$ ; 2) средней арифметической скорости  $\langle v \rangle$ .

*Явления переноса: диффузия, вязкость,  
теплопроводность*

**10.60.** Средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм. Определить диффузию  $D$  гелия.

**10.61.** Диффузия  $D$  кислорода при температуре  $t=0^\circ\text{C}$  равна  $0,19\text{ см}^2/\text{с}$ . Определить среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул кислорода.

**10.62.** Вычислить диффузию  $D$  азота: 1) при нормальных условиях; 2) при давлении  $p=100\text{ Па}$  и температуре  $T=300\text{ К}$ .

**10.63.** Определить, во сколько раз отличается диффузия  $D_1$  газообразного водорода от диффузии  $D_2$  газообразного кислорода, если оба газа находятся при одинаковых условиях.

**10.64.** Определить зависимость диффузии  $D$  от температуры  $T$  при следующих процессах: 1) изобарном; 2) изохорном.

**10.74.** Вычислить теплопроводность  $\lambda$  гелия при нормальных условиях.

**10.75.** В приближенной теории явлений переноса получается соотношение  $\lambda/\eta=c_V$ . Более строгая теория приводит к значению  $\lambda/\eta=Kc_V$ , где  $K$  — безразмерный коэффициент, равный  $(9\gamma-5)/4$  ( $\gamma$  — показатель адиабаты). Найти значения  $K$ , вычисленные по приведенной формуле и по экспериментальным данным, приведенным в табл. 12, для следующих газов: 1) аргона; 2) водорода; 3) кислорода; 4) паров воды.

*Теплоемкость идеального газа*

**11.1.** Вычислить удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$  газов: 1) гелия; 2) водорода; 3) углекислого газа.

**11.2.** Разность удельных теплоемкостей  $c_p-c_V$  некоторого двухатомного газа равна  $260\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Найти молярную массу  $M$  газа и его удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$ .

**11.3.** Каковы удельные теплоемкости  $c_V$  и  $c_p$  смеси газов, содержащей кислород массой  $m_1=10\text{ г}$  и азот массой  $m_2=20\text{ г}$ ?

**11.4.** Определить удельную теплоемкость  $c_V$  смеси газов, содержащей  $V_1=5\text{ л}$  водорода и  $V_2=3\text{ л}$  гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.

**11.7.** Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объемах. Определить удельную теплоемкость  $c_p$  смеси.

**11.17.** При адиабатном сжатии газа его объем уменьшился в  $n=10$  раз, а давление увеличилось в  $k=21,4$  раза. Определить отношение  $C_p/C_V$  теплоемкостей газов.

## Первое начало термодинамики

**11.25.** Азот массой  $m=5$  кг, нагретый на  $\Delta T=150$  К, сохранил неизменный объем  $V$ . Найти: 1) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу; 2) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии; 3) совершенную газом работу  $A$ .

**11.26.** Водород занимает объем  $V_1=10$  м<sup>3</sup> при давлении  $p_1=100$  кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления  $p_2=300$  кПа. Определить: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) работу  $A$ , совершенную газом; 3) количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

**11.27.** При изохорном нагревании кислорода объемом  $V=50$  л давление газа изменилось на  $\Delta p=0,5$  МПа. Найти количество теплоты  $Q$ , сообщенное газу.

**11.34.** Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу  $A$  расширения, если пару передано количество теплоты  $Q=4$  кДж.

**11.35.** Азот массой  $m=200$  г расширяется изотермически при температуре  $T=280$  К, причем объем газа увеличивается в два раза. Найти: 1) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа; 2) совершенную при расширении газа работу  $A$ ; 3) количество теплоты  $Q$ , полученное газом.

### Задачи

#### Уравнение Ван-дер-Ваальса

**12.1.** В сосуде вместимостью  $V=10$  л находится азот массой  $m=0,25$  кг. Определить: 1) внутреннее давление  $p'$  газа; 2) собственный объем  $V'$  молекул.

**12.2.** Определить давление  $p$ , которое будет производить кислород, содержащий количество вещества  $\nu=1$  моль, если он занимает объем  $V=0,5$  л при температуре  $T=300$  К. Сравнить полученный результат с давлением, вычисленным по уравнению Менделеева — Клапейрона.

**12.3.** В сосуде вместимостью  $V=0,3$  л находится углекислый газ, содержащий количество вещества  $\nu=1$  моль при температуре  $T=300$  К. Определить давление  $p$  газа: 1) по уравнению Менделеева — Клапейрона; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса.

#### Критическое состояние

**12.8.** Вычислить постоянные  $a$  и  $b$  в уравнении Ван-дер-Ваальса для азота, если известны критические температуры  $T_{кр}=126$  К и давление  $p_{кр}=3,39$  МПа.

**12.9.** Вычислить критические температуру  $T_{кр}$  и давление  $p_{кр}$ : 1) кислорода; 2) воды.

**12.10.** Критическая температура  $T_{кр}$  аргона равна 151 К и критическое давление  $p_{кр}=4,86$  МПа. Определить по этим данным критический молярный объем  $V_{мкр}$  аргона.

*Взаимодействие точечных зарядов*

**13.1.** Определить силу взаимодействия двух точечных зарядов  $Q_1=Q_2=1$  Кл, находящихся в вакууме на расстоянии  $r=1$  м друг от друга.

**13.3.** Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол  $\alpha$ . Шарика погружаются в масло плотностью  $\rho_0=8 \cdot 10^2$  кг/м<sup>3</sup>. Определить диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным. Плотность материала шариков  $\rho=1,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

**13.8.** Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии  $r=60$  см. Сила отталкивания  $F_1$  шаров равна 70 мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной  $F_2=160$  мкН. Вычислить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

**13.14.** Тонкий стержень длиной  $l=10$  см равномерно заряжен. Линейная плотность  $\tau$  заряда равна 1 мкКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии  $a=20$  см от ближайшего его конца находится точечный заряд  $Q=100$  нКл. Определить силу  $F$  взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

**13.15.** Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью  $\tau$  заряда, равной 10 мкКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии  $a=20$  см от его конца находится точечный заряд  $Q=10$  нКл. Определить силу  $F$  взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

**14.3.** Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1=10$  нКл и  $Q_2=-20$  нКл, находящимися на расстоянии  $d=20$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1=30$  см и от второго на  $r_2=50$  см.

**14.4.** Расстояние  $d$  между двумя точечными положительными зарядами  $Q_1=9Q$  и  $Q_2=Q$  равно 8 см. На каком расстоянии  $r$  от первого заряда находится точка, в которой напряженность  $E$  поля зарядов равна нулю? Где находилась бы эта точка, если бы второй заряд был отрицательным?

**14.5.** Два точечных заряда  $Q_1=2Q$  и  $Q_2=-Q$  находятся на расстоянии  $d$  друг от друга. Найти положение точки на прямой, проходящей через эти заряды, напряженность  $E$  поля в которой равна нулю.

### *Напряженность поля заряженной линии*

**14.11.** Очень длинная тонкая прямая проволока несет заряд, равномерно распределенный по всей ее длине. Вычислить линейную плотность  $\tau$  заряда, если напряженность  $E$  поля на расстоянии  $a=0,5$  м от проволоки против ее середины равна 200 В/м.

**14.12.** Расстояние  $d$  между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу, равно 16 см. Проволоки равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью  $|\tau|=150$  мкКл/м. Какова напряженность  $E$  поля в точке, удаленной на  $r=10$  см как от первой, так и от второй проволоки?

### *Напряженность поля заряженной плоскости*

**14.21.** Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределенный по площади заряд ( $\sigma=1$  нКл/м<sup>2</sup>). Определить напряженность  $E$  поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

**14.22.** Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями  $\sigma_1=1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=3$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность  $E$  поля: 1) между пластинами; 2) вне пластин. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

### *Напряженность поля заряда, распределенного по объему*

**14.27.** Эбонитовый сплошной шар радиусом  $R=5$  см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью  $\rho=10$  нКл/м<sup>3</sup>. Определить напряженность  $E$  и смещение  $D$  электрического поля в точках: 1) на расстоянии  $r_1=3$  см от центра сферы; 2) на поверхности сферы; 3) на расстоянии  $r_2=10$  см от центра сферы. Построить графики зависимостей  $E(r)$  и  $D(r)$ .



*Сила, действующая на заряд в электрическом поле*

**14.36.** Тонкая нить несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью  $\tau=2$  мкКл/м. Вблизи средней части нити на расстоянии  $r=1$  см, малом по сравнению с ее длиной, находится точечный заряд  $Q=0,1$  мкКл. Определить силу  $F$ , действующую на заряд.

**14.40.** Параллельно бесконечной пластине, несущей заряд, равномерно распределенный по площади с поверхностной плотностью  $\sigma=20$  нКл/м<sup>2</sup>, расположена тонкая нить с равномерно распределенным по длине зарядом ( $\tau=0,4$  нКл/м). Определить силу  $F$ , действующую на отрезок нити длиной  $l=1$  м.

**14.41.** Две одинаковые круглые пластины площадью по  $S=100$  см<sup>2</sup> каждая расположены параллельно друг другу. Заряд  $Q_1$  одной пластины равен  $+100$  нКл, другой  $Q_2=-100$  нКл. Определить силу  $F$  взаимного притяжения пластин в двух случаях, когда расстояние между ними: 1)  $r_1=2$  см; 2)  $r_2=10$  м.

*Потенциальная энергия и потенциал  
поля точечных зарядов*

**15.1.** Точечный заряд  $Q=10$  нКл, находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией  $\Pi=10$  мкДж. Найти потенциал  $\varphi$  этой точки поля.

**15.52.** Какая ускоряющая разность потенциалов  $U$  требуется для того, чтобы сообщить скорость  $v=30$  Мм/с: 1) электрону; 2) протону?

**15.53.** Разность потенциалов  $U$  между катодом и анодом электронной лампы равна 90 В, расстояние  $r=1$  мм. С каким ускорением  $a$  движется электрон от катода к аноду? Какова скорость  $v$  электрона в момент удара об анод? За какое время  $t$  электрон пролетает расстояние от катода до анода? Поле считать однородным.

**15.59.** Вдоль силовой линии однородного электрического поля движется протон. В точке поля с потенциалом  $\varphi_1$  протон имел скорость  $v_1=0,1$  Мм/с. Определить потенциал  $\varphi_2$  точки поля, в которой скорость протона возрастает в  $n=2$  раза. Отношение заряда протона к его массе  $e/m=96$  МКл/кг.

## Поляризация диэлектриков

**16.20.** Указать, какими типами поляризации (электронной —  $e$ , атомной —  $a$ , ориентационной —  $o$ ) обладают следующие атомы и молекулы: 1) H; 2) He; 3) O<sub>2</sub>; 4) HCl; 5) H<sub>2</sub>O; 6) CO; 7) CO<sub>2</sub>; 8) CH<sub>3</sub>; 9) CCl<sub>4</sub>.

**16.21.** Молекула HF обладает электрическим моментом  $p = 6,4 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. Межъядерное расстояние  $d = 92$  пм. Найти заряд  $Q$  такого диполя и объяснить, почему найденное значение  $Q$  существенно отличается от значения элементарного заряда  $|e|$ .

### Электрическое поле в диэлектрике

**16.25.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком, молекулы которого можно рассматривать как жесткие диполи с электрическим моментом  $\mu_m = 2 \cdot 10^{-30}$  Кл·м.

Концентрация  $n$  диполей равна  $10^{26}$  м<sup>-3</sup>. Определить напряженность  $E$  среднего макроскопического поля в таком диэлектрике, если при отсутствии диэлектрика напряженность  $E_0$  поля между пластинами конденсатора была равна 100 МВ/м. Дезориентирующим действием теплового движения молекул пренебречь.

**16.28.** При какой максимальной диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  погрешность при замене напряженности  $E_{\text{лок}}$  локального поля напряженностью  $E_0$  внешнего поля не превысит 1%?

**16.37.** Определить поляризуемость  $\alpha$  молекул азота, если диэлектрическая проницаемость  $\epsilon$  жидкого азота равна 1,445 и его плотность  $\rho = 804$  кг/м<sup>3</sup>.

**16.38.** Поляризуемость  $\alpha$  молекулы водорода можно принять равной  $1,0 \cdot 10^{-29}$  м<sup>3</sup>. Определить диэлектрическую восприимчивость  $\chi$  водорода для двух состояний: 1) газообразного при нормальных условиях; 2) жидкого, плотность  $\rho$  которого равна 70,8 кг/м<sup>3</sup>.

**17.1.** Найти емкость  $C$  уединенного металлического шара радиусом  $R = 1$  см.

**17.2.** Определить емкость  $C$  металлической сферы радиусом  $R = 2$  см, погруженной в воду.

**17.3.** Определить емкость  $C$  Земли, принимая ее за шар радиусом  $R = 6400$  км.

**17.4.** Два металлических шара радиусами  $R_1 = 2$  см и  $R_2 = 6$  см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд  $Q = 1$  нКл. Найти поверхностную плотность  $\sigma$  зарядов на шарах.

**17.5.** Шар радиусом  $R = 6$  см соединен с потенциалом  $\varphi = 200$  В

17.11. Ёмкость  $C$  плоского конденсатора равна  $1,5 \text{ мкФ}$ . Расстояние  $d$  между пластинами равно  $5 \text{ мм}$ . Какова будет ёмкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d_1=3 \text{ мм}$ ?

17.12. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U_1=100 \text{ В}$ . Какова будет разность потенциалов  $U_2$ , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

17.20. Конденсаторы соединены так, как это показано на рис. 17.1. Ёмкости конденсаторов:  $C_1=0,2 \text{ мкФ}$ ,  $C_2=0,1 \text{ мкФ}$ ,  $C_3=0,3 \text{ мкФ}$ ,  $C_4=0,4 \text{ мкФ}$ . Определить ёмкость  $C$  батареи конденсаторов.

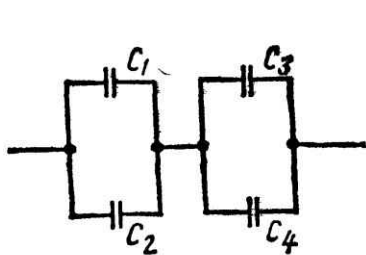


Рис. 17.1

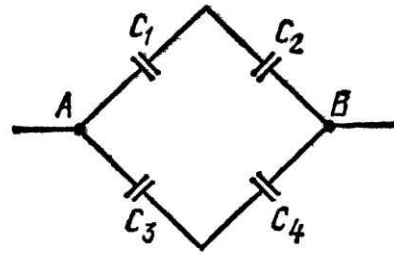


Рис. 17.2

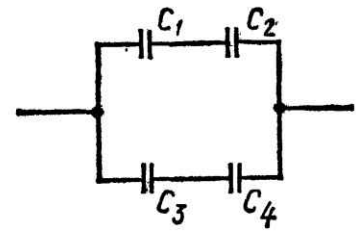


Рис. 17.3

17.21. Конденсаторы ёмкостями  $C_1=0,2 \text{ мкФ}$ ,  $C_2=0,6 \text{ мкФ}$ ,  $C_3=0,3 \text{ мкФ}$ ,  $C_4=0,5 \text{ мкФ}$  соединены так, как это указано на рис. 17.2. Разность потенциалов  $U$  между точками  $A$  и  $B$  равна  $320 \text{ В}$ . Определить разность потенциалов  $U_i$  и заряд  $Q_i$  на пластинах каждого конденсатора ( $i=1, 2, 3, 4$ ).

17.22. Конденсаторы ёмкостями  $C_1=10 \text{ нФ}$ ,  $C_2=40 \text{ нФ}$ ,  $C_3=2 \text{ нФ}$  и  $C_4=30 \text{ нФ}$  соединены так, как это показано на рис. 17.3. Определить ёмкость  $C$  соединения конденсаторов.

### Закон Ома для участка цепи

19.1. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0=0$  до  $I=3 \text{ А}$  в течение времени  $t=10 \text{ с}$ . Определить заряд  $Q$ , прошедший в проводнике.

19.2. Определить плотность тока  $j$  в железном проводнике длиной  $l=10 \text{ м}$ , если провод находится под напряжением  $U=6 \text{ В}$ .

19.3. Напряжение  $U$  на шинах электростанции равно  $6,6 \text{ кВ}$ . Потребитель находится на расстоянии  $l=10 \text{ км}$ . Определить площадь  $S$  сечения медного провода, который следует взять для устройства двухпроводной линии передачи, если сила тока  $I$  в линии равна  $20 \text{ А}$  и потери напряжения в проводах не должны превышать  $3 \%$ .

**19.9.** Катушка и амперметр соединены последовательно и присоединены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением  $R_v=1$  кОм. Показания амперметра  $I=0,5$  А, вольтметра  $U=100$  В. Определить сопротивление  $R$  катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составит погрешность, если не учитывать сопротивления вольтметра?

*Закон Ома для всей цепи*

**19.12.** Внутреннее сопротивление  $r$  батареи аккумуляторов равно 3 Ом. Сколько процентов от точного значения ЭДС составляет погрешность, если, измеряя разность потенциалов на зажимах батареи вольтметром с сопротивлением  $R_v=200$  Ом, принять ее равной ЭДС?

**19.13.** К источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}=1,5$  В присоединили катушку с сопротивлением  $R=0,1$  Ом. Амперметр показал силу тока, равную  $I_1=0,5$  А. Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока  $I$  в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определить внутренние сопротивления  $r_1$  и  $r_2$  первого и второго источников тока.

*Правила Кирхгофа*

**19.19.** Две батареи аккумуляторов ( $\mathcal{E}_1=10$  В,  $r_1=1$  Ом;  $\mathcal{E}_2=8$  В,  $r_2=2$  Ом) и реостат ( $R=6$  Ом) соединены, как показано на рис. 19.7. Найти силу тока в батареях и реостате.

**19.20.** Два источника тока ( $\mathcal{E}_1=8$  В,  $r_1=2$  Ом;  $\mathcal{E}_2=6$  В,  $r_2=1,5$  Ом) и реостат ( $R=10$  Ом) соединены, как показано на рис. 19.8. Вычислить силу тока  $I$ , текущего через реостат.

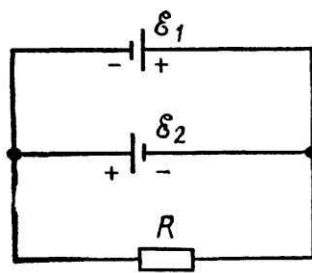


Рис. 19.7

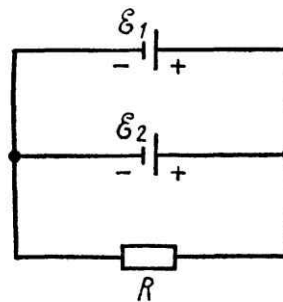


Рис. 19.8

## Работа и мощность тока

**19.25.** Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение  $U$  на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление  $R$  реостата равно 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность  $P=120$  Вт. Найти силу тока  $I$  в цепи.

**19.26.** ЭДС батареи аккумуляторов  $\mathcal{E}=12$  В, сила тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

**19.35.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R=15$  Ом равномерно возрастает от  $I_0=0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $\tau=5$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q=10$  кДж. Найти среднюю силу тока  $\langle I \rangle$  в проводнике за этот промежуток времени.

**19.36.** Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от  $I_0=0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $\tau=10$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q=1$  кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление  $R$  его равно 3 Ом.

## Ток в металлах

**20.1.** Сила тока  $I$  в металлическом проводнике равна 0,8 А, сечение  $S$  проводника 4 мм<sup>2</sup>. Принимая, что в каждом кубическом сантиметре металла содержится  $n=2,5 \cdot 10^{22}$  свободных электронов, определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  их упорядоченного движения.

**20.2.** Определить среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока  $I=10$  А и сечении  $S$  проводника, равном 1 мм<sup>2</sup>. Принять, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости.

**20.3.** Плотность тока  $j$  в алюминиевом проводе равна 1 А/мм<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость  $\langle v \rangle$  упорядоченного движения электронов, предполагая, что число свободных электронов в 1 см<sup>3</sup> алюминия равно числу атомов.

**20.11.** Исходя из модели свободных электронов, определить число  $z$  соударений, которые испытывает электрон за время  $t=1$  с, находясь в металле, если концентрация  $n$  свободных электронов равна  $10^{29}$  м<sup>-3</sup>. Удельную проводимость  $\gamma$  металла принять равной 10 МСм/м.

**20.12.** Исходя из классической теории электропроводности металлов, определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon \rangle$  электронов в металле, если отношение  $\lambda/\gamma$  теплопроводности к удельной проводимости равно  $6,7 \cdot 10^{-6}$  В<sup>2</sup>/К.

*Связь между напряженностью и индукцией  
магнитного поля в вакууме*

21.1. Напряженность  $H$  магнитного поля равна 79,6 кА/м. Определить магнитную индукцию  $B_0$  этого поля в вакууме.

21.2. Магнитная индукция  $B$  поля в вакууме равна 10 мТл. Найти напряженность  $H$  магнитного поля.

21.3. Вычислить напряженность  $H$  магнитного поля, если его индукция в вакууме  $B_0=0,05$  Тл.

21.11. Обмотка катушки диаметром  $d=10$  см состоит из плотно прилегающих друг к другу витков тонкой проволоки. Определить минимальную длину  $l_{\min}$  катушки, при которой магнитная индукция в середине ее отличается от магнитной индукции бесконечного соленоида, содержащего такое же количество витков на единицу длины, не более чем на 0,5 %. Сила тока, протекающего по обмотке, в обоих случаях одинакова.

*Поле прямого тока*

21.14. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I=50$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на расстояние  $r=5$  см от проводника.

21.15. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r=5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I=10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=2$  см от одного и  $r_2=3$  см от другого провода.

*Сила Ампера*

22.1. Прямой провод, по которому течет ток  $I=1$  кА, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. С какой силой  $F$  действует поле на отрезок провода длиной  $l=1$  м, если магнитная индукция  $B$  равна 1 Тл?

22.4. Тонкий провод в виде дуги, составляющей треть кольца радиусом  $R=15$  см, находится в однородном магнитном поле ( $B=20$  мТл). По проводу течет ток  $I=30$  А. Плоскость, в которой лежит дуга, перпендикулярна линиям магнитной индукции, и подводящие провода находятся вне поля. Определить силу  $F$ , действующую на провод.

22.5. По тонкому проводу в виде кольца радиусом  $R=20$  см течет ток  $I=100$  А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией  $B=20$  мТл. Найти силу  $F$ , растягивающую кольцо.

**23.8.** Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом  $R_1=2$  см, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным  $R_2=1$  см. Определить относительное изменение энергии частицы.

**23.9.** Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов  $U=600$  В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,3$  Тл и начал двигаться по окружности. Вычислить ее радиус  $R$ .

**23.31.** Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью  $v=0,8c$  ( $c$  — скорость света в вакууме). Магнитная индукция  $B$  поля равна  $0,01$  Тл. Определить радиус окружности в двух случаях: 1) не учитывая увеличение массы со скоростью; 2) учитывая это увеличение.

**23.32.** Электрон движется в магнитном поле по окружности радиусом  $R=2$  см. Магнитная индукция  $B$  поля равна  $0,1$  Тл. Определить кинетическую энергию  $T$  электрона \*.

#### *Магнитный поток*

**24.5.** Найти магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый соленоидом сечением  $S=10$  см<sup>2</sup>, если он имеет  $n=10$  витков на каждый сантиметр его длины при силе тока  $I=20$  А.

**24.6.** Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,04$  Тл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\beta=30^\circ$  с линиями индукции.

**24.7.** При двукратном обходе магнитного полюса вокруг проводника с током  $I=100$  А была совершена работа  $A=1$  мДж. Найти магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый полюсом.

#### *Оптика и физика атома*

#### *Отражение и преломление света*

**28.1.** Два плоских прямоугольных зеркала образуют двугранный угол  $\varphi=179^\circ$ . На расстоянии  $l=10$  см от линии соприкосновения зеркал и на одинаковом расстоянии от каждого зеркала находится точечный источник света. Определить расстояние  $d$  между мнимыми изображениями источника в зеркалах.

**28.2.** На сферическое зеркало падает луч света. Найти построением ход луча после отражения в двух случаях: а) от вогнутого зеркала (рис. 28.4, а); б) от выпуклого зеркала (рис. 28.4, б). На рисунке:  $P$  — полюс зеркала;  $O$  — оптический центр.

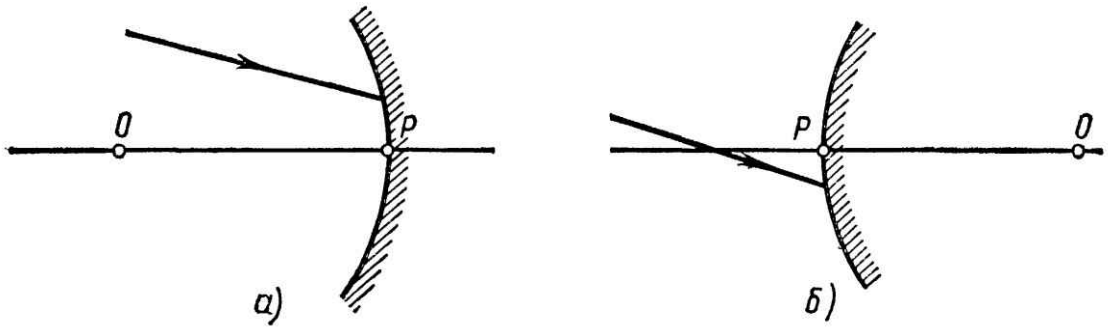


Рис. 28.4

28.4. Фокусное расстояние  $f$  вогнутого зеркала равно 15 см. Зеркало дает действительное изображение предмета, уменьшенное в три раза. Определить расстояние  $a$  от предмета до зеркала.

28.6. Вогнутое зеркало дает на экране изображение Солнца в виде кружка диаметром  $d=28$  мм. Диаметр Солнца на небе в угловой мере  $\beta=32'$ . Определить радиус  $R$  кривизны зеркала.

28.7. Радиус  $R$  кривизны выпуклого зеркала равен 50 см. Предмет высотой  $h=15$  см находится на расстоянии  $a$ , равном 1 м, от зеркала. Определить расстояние  $b$  от зеркала до изображения и его высоту  $H$ .

28.14. На стеклянную призму с преломляющим углом  $\theta=60^\circ$  падает луч света. Определить показатель преломления  $n$  стекла, если при симметричном ходе луча в призме угол отклонения  $\sigma=40^\circ$ .

### Оптические системы

28.20. На тонкую линзу падает луч света. Найти построением ход луча после преломления его линзой: а) собирающей (рис. 28.7, а); б) рассеивающей (рис. 28,7 б). На рисунке:  $O$  — оптический центр линзы;  $F$  — главный фокус.

28.21. На рис. 28.8, а, б, указаны положения главной оптической оси  $MN$  линзы и ход луча 1. Построить \* ход луча 2 после преломления его линзой.

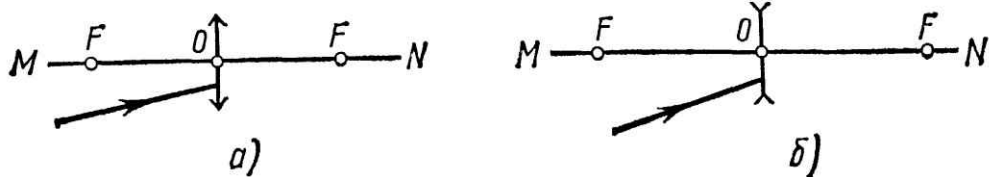


Рис. 28.7

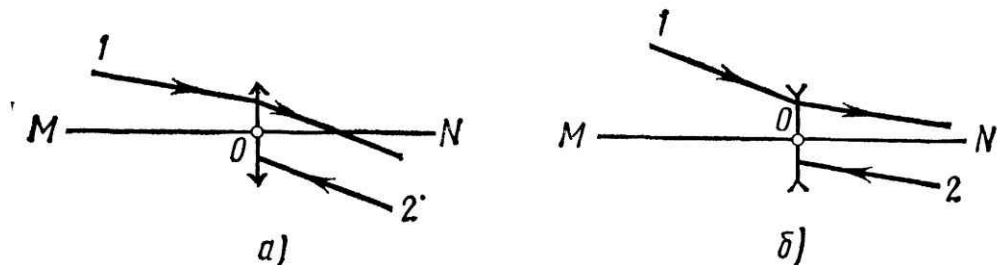


Рис. 28.8



28.29. Отношение  $k$  радиусов кривизны поверхностей линзы равно 2. При каком радиусе кривизны  $R$  выпуклой поверхности оптическая сила  $\Phi$  линзы равна 10 дптр?

28.30. Определить радиус  $R$  кривизны выпуклой поверхности линзы, если при отношении  $k$  радиусов кривизны поверхностей линзы, равном 3, ее оптическая сила  $\Phi = -8$  дптр.

### *Световой поток и сила света*

29.1. Определить силу света  $I$  точечного источника, полный световой поток  $\Phi$  которого равен 1 лм.

29.2. Лампочка, потребляющая мощность  $P = 75$  Вт, создает на расстоянии  $r = 3$  м при нормальном падении лучей освещенность  $E = 8$  лк. Определить удельную мощность  $p$  лампочки (в ваттах на канделу) и световую отдачу  $\eta$  лампочки (в люменах на ватт).

29.3. В вершине кругового конуса находится точечный источник света, посылающий внутри конуса световой поток  $\Phi = 76$  лм. Сила света  $I$  источника равна 120 кд. Определить телесный угол  $\omega$  и угол раствора  $2\vartheta$  конуса.

29.4. Какую силу тока  $I$  покажет гальванометр, присоединенный к селеновому фотоэлементу, если на расстоянии  $r = 75$  см от него поместить лампочку, полный световой поток  $\Phi_0$  которой равен 1,2 клм? Площадь рабочей поверхности фотоэлемента равна  $10 \text{ см}^2$ , чувствительность  $i = 300$  мкА/лм.

### *Яркость и светимость*

29.12. Отверстие в корпусе фонаря закрыто плоским молочным стеклом размером  $10 \times 15$  см. Сила света  $I$  фонаря в направлении, составляющем угол  $\varphi = 60^\circ$  с нормалью, равна 15 кд. Определить яркость  $L$  стекла.

29.13. Вычислить и сравнить между собой силы света раскаленного металлического шарика яркостью  $L_1 = 3$  Мкд/м<sup>2</sup> и шарового светильника яркостью  $L_2 = 5$  ккд/м<sup>2</sup>, если их диаметры  $d_1$  и  $d_2$  соответственно равны 2 мм и 20 см.

29.15. Солнце, находясь вблизи зенита, создает на горизонтальной поверхности освещенность  $E = 0,1$  Млк. Диаметр Солнца виден под углом  $\alpha = 32'$ . Определить видимую яркость  $L$  Солнца.

29.16. Длина  $l$  раскаленной добела металлической нити равна 30 см, диаметр  $d = 0,2$  мм. Сила света  $I$  нити в перпендикулярном ей направлении равна 24 кд. Определить яркость  $L$  нити.

### Интерференция волн от двух когерентных источников

**30.1.** Сколько длин волн монохроматического света с частотой колебаний  $\nu = 5 \cdot 10^{14}$  Гц уложится на пути длиной  $l = 1,2$  мм: 1) в вакууме; 2) в стекле?

**30.2.** Определить длину  $l_1$  отрезка, на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке  $l_2 = 3$  мм в воде.

**30.3.** Какой длины  $l_1$  путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь длиной  $l_2 = 1$  м в воде?

**30.4.** На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной  $h = 1$  мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку: 1) нормально; 2) под углом  $\varepsilon = 30^\circ$ ?

**30.22.** Две плоскопараллельные стеклянные пластинки приложены одна к другой так, что между ними образовался воздушный клин с углом  $\theta$ , равным  $30''$ . На одну из пластинок падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,6$  мкм). На каких расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от линии соприкосновения пластинок будут наблюдаться в отраженном свете первая и вторая светлые полосы (интерференционные максимумы)?

**30.23.** Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом  $\theta = 30''$ . Пространство между пластинками заполнено глицерином. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Какое число  $N$  темных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина?

**30.33.** На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света с длиной волны  $\lambda = 480$  нм. Когда на пути одного из пучков поместили тонкую пластинку из плавленого кварца с показателем преломления  $n = 1,46$ , то интерференционная картина сместилась на  $m = 69$  полос. Определить толщину  $d$  кварцевой пластинки.

**30.36.** Определить перемещение зеркала в интерферометре Майкельсона, если интерференционная картина сместилась на  $m = 100$  полос. Опыт проводился со светом с длиной волны  $\lambda = 546$  нм.

**30.37.** Для измерения показателя преломления аргона в одно из плеч интерферометра Майкельсона поместили пустую стеклянную трубку длиной  $l = 12$  см с плоскопараллельными торцовыми поверхностями. При заполнении трубки аргоном (при нормальных условиях) интерференционная картина сместилась на  $m = 106$  полос. Определить показатель преломления  $n$  аргона, если длина волны  $\lambda$  света равна 639 нм.

## *Зоны Френеля*

**31.1.** Зная формулу радиуса  $k$ -й зоны Френеля для сферической волны ( $\rho_k = \sqrt{abk\lambda/(a+b)}$ ), вывести соответствующую формулу для плоской волны.

**31.3.** Радиус  $\rho_4$  четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм. Определить радиус  $\rho_6$  шестой зоны Френеля.

**31.4.** На диафрагму с круглым отверстием диаметром  $d=4$  мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ( $\lambda=0,5$  мкм). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии  $b=1$  м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдений поместить экран?

**31.5.** Плоская световая волна ( $\lambda=0,5$  мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром  $d=1$  см. На каком расстоянии  $b$  от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы отверстие открывало: 1) одну зону Френеля? 2) две зоны Френеля?

### *Дифракция на щели. Дифракционная решетка*

**31.10.** На щель шириной  $a=0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Определить угол  $\varphi$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

**31.26.** На дифракционную решетку, содержащую  $n=500$  штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda=700$  нм. За решеткой помещена собирающая линза с главным фокусным расстоянием  $f=50$  см. В фокальной плоскости линзы расположен экран. Определить линейную дисперсию  $D_l$  такой системы для максимума третьего порядка. Ответ выразить в миллиметрах на нанометр.

### *Дифракция на кристаллической решетке*

**31.29.** На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ( $\lambda=147$  пм). Определить расстояние  $d$  между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом  $\vartheta=31^\circ 30'$  к поверхности кристалла.

### *Закон Брюстера. Закон Малюса*

**32.1.** Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом  $\varepsilon_1 = 54^\circ$ . Определить угол преломления  $\varepsilon_2'$  пучка, если отраженный пучок полностью поляризован.

**32.2.** На какой угловой высоте  $\varphi$  над горизонтом должно находиться Солнце, чтобы солнечный свет, отраженный от поверхности воды, был полностью поляризован?

**32.3.** Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения  $\varepsilon_B$  отраженный свет полностью поляризован?

**32.4.** Угол Брюстера  $\varepsilon_B$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

### *Закон Стефана—Больцмана*

**34.1.** Определить температуру  $T$ , при которой энергетическая светимость  $M_e$  черного тела равна  $10 \text{ кВт/м}^2$ .

**34.2.** Поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен  $34 \text{ Вт}$ . Определить температуру  $T$  печи, если площадь отверстия  $S = 6 \text{ см}^2$ .

**34.3.** Определить энергию  $W$ , излучаемую за время  $t = 1$  мин из смотрового окошка площадью  $S = 8 \text{ см}^2$  плавильной печи, если ее температура  $T = 1,2 \text{ кК}$ .

**34.4.** Температура  $T$  верхних слоев звезды Сириус равна  $10 \text{ кК}$ . Определить поток энергии  $\Phi_e$ , излучаемый с поверхности площадью  $S = 1 \text{ км}^2$  этой звезды.

### *Закон Вина. Формула Планка*

**34.14.** На какую длину волны  $\lambda_m$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\max}$  черного тела при температуре  $t = 0^\circ \text{С}$ ?

**34.15.** Температура верхних слоев Солнца равна  $5,3 \text{ кК}$ . Считая Солнце черным телом, определить длину волны  $\lambda_m$ , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\max}$  Солнца.

**34.16.** Определить температуру  $T$  черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\max}$  приходится на красную границу видимого спектра ( $\lambda_1 = 750 \text{ нм}$ ); на фиолетовую ( $\lambda_2 = 380 \text{ нм}$ ).

**34.17.** Максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\max}$  яркой звезды Арктур приходится на длину волны  $\lambda_m = 580 \text{ нм}$ . Принимая, что звезда излучает как черное тело, определить температуру  $T$  поверхности звезды.

35.1. Определить работу выхода  $A$  электронов из натрия, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 500$  нм.

35.2. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовое излучение с длиной волны  $\lambda = 300$  нм?

35.6. На цинковую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 220$  нм. Определить максимальную скорость  $v_{\max}$  фотоэлектронов.

35.7. Определить длину волны  $\lambda$  ультрафиолетового излучения, падающего на поверхность некоторого металла, при максимальной скорости фотоэлектронов, равной  $10$  Мм/с. Работой выхода электронов из металла пренебречь.

38.1. Вычислить радиусы  $r_2$  и  $r_3$  второй и третьей орбит в атоме водорода.

38.2. Определить скорость  $v$  электрона на второй орбите атома водорода.

38.3. Определить частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.

38.4. Определить потенциальную  $\Pi$ , кинетическую  $T$  и полную  $E$  энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.

38.5. Определить длину волны  $\lambda$ , соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

38.6. Найти наибольшую  $\lambda_{\max}$  и наименьшую  $\lambda_{\min}$  длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

38.7. Вычислить энергию  $\varepsilon$  фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

38.8. Вычислить радиус атома.

38.11. Вычислить длину волны  $\lambda$ , которую испускает ион гелия  $\text{He}^+$  при переходе со второго энергетического уровня на первый. Сделать такой же подсчет для иона лития  $\text{Li}^{++}$ .

38.12. Найти энергию  $E_i$  и потенциал  $U_i$  ионизации ионов  $\text{He}^+$  и  $\text{Li}^{++}$ .

38.13. Вычислить частоты  $f_1$  и  $f_2$  вращения электрона в атоме водорода на второй и третьей орбитах. Сравнить эти частоты с частотой  $\nu$  излучения при переходе электрона с третьей на вторую орбиту.

38.14. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda = 121,5$  нм. Определить радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

## Контрольные задания (примеры контрольных заданий)

**1.12.** Проектор  $O$  (рис. 1.7) установлен на расстоянии  $l=100$  м от стены  $AB$  и бросает светлое пятно на эту стену. Проектор вращается вокруг вертикальной оси, делая один оборот за время  $T=20$  с. Найти: 1) уравнение движения светлого пятна по стене в течение первой четверти оборота; 2) скорость  $v$ , с которой светлое пятно движется по стене, в момент времени  $t=2$  с. За начало отсчета принять момент, когда направление луча совпадает с  $OC$ .

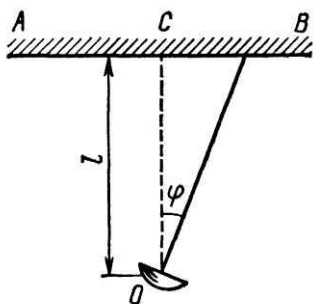


Рис. 1.7

**1.31.** По окружности радиусом  $R=5$  м равномерно движется материальная точка со скоростью  $v=5$  м/с. Построить графики зависимости длины пути  $s$  и модуля перемещения  $|\Delta \mathbf{r}|$  от времени  $t$ . В момент времени, принятый за начальный ( $t=0$ ),  $s(0)$  и  $|\Delta \mathbf{r}(0)|$  считать равными нулю.

**1.41.** Тело, брошенное с башни в горизонтальном направлении со скоростью  $v=20$  м/с, упало на землю на расстоянии  $s$  (от основания башни), вдвое большем высоты  $h$  башни. Найти высоту башни.

**2.7.** Материальная точка массой  $m=2$  кг движется под действием некоторой силы  $F$  согласно уравнению  $x=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ , где  $C=1$  м/с<sup>2</sup>,  $D=-0,2$  м/с<sup>3</sup>. Найти значения этой силы в моменты времени  $t_1=2$  с и  $t_2=5$  с. В какой момент времени сила равна нулю?

**2.19.** На горизонтальной поверхности находится брусок массой  $m_1=2$  кг. Коэффициент трения  $f_1$  бруска о поверхность равен 0,2. На бруске находится другой брусок массой  $m_2=8$  кг. Коэффициент трения  $f_2$  верхнего бруска о нижний равен 0,3. К верхнему бруску приложена сила  $F$ . Определить: 1) значение силы  $F_1$ , при котором начнется совместное скольжение брусков по поверхности; 2) значение силы  $F_2$ , при котором верхний брусок начнет проскальзывать относительно нижнего.

**2.38.** На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $M=15$  т. Орудие стреляет вверх под углом  $\varphi=60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью  $v_1$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m=20$  кг и он вылетает со скоростью  $v_2=600$  м/с?

8.14. Определить среднее расстояние  $\langle l \rangle$  между центрами молекул водяных паров при нормальных условиях и сравнить его с диаметром  $d$  самих молекул ( $d=0,311$  нм).

8.20. В баллоне содержится газ при температуре  $t_1=100$  °С. До какой температуры  $t_2$  нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза?

8.41. Сухой воздух состоит в основном из кислорода и азота. Если пренебречь остальными составными частями воздуха, то можно считать, что массовые доли кислорода и азота соответственно  $\omega_1=0,232$ ,  $\omega_2=0,768$ . Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  воздуха.

9.16. В колбе вместимостью  $V=100$  см<sup>3</sup> содержится некоторый газ при температуре  $T=300$  К. На сколько понизится давление  $p$  газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдут  $N=10^{20}$  молекул?

10.55. Найти среднюю продолжительность  $\langle \tau \rangle$  свободного пробега молекул кислорода при температуре  $T=250$  К и давлении  $p=100$  Па.

13.13. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды  $Q=0,3$  нКл каждый. Какой отрицательный заряд  $Q_1$  нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

14.12. Расстояние  $d$  между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу, равно 16 см. Проволоки равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью  $|\tau|=150$  мкКл/м. Какова напряженность  $E$  поля в точке, удаленной на  $r=10$  см как от первой, так и от второй проволоки?

14.42. Плоский конденсатор состоит из двух пластин, разделенных стеклом. Какое давление  $p$  производят пластины на стекло перед пробоем, если напряженность  $E$  электрического поля перед пробоем равна 30 МВ/м?

17.19. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость  $C$  такой батареи конденсаторов равна 89 пФ. Площадь  $S$  каждой пластины равна 100 см<sup>2</sup>. Диэлектрик — стекло. Какова толщина  $d$  стекла?

19.18. Два элемента ( $\mathcal{E}_1=1,2$  В,  $r_1=0,1$  Ом;  $\mathcal{E}_2=0,9$  В,  $r_2=0,3$  Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление  $R$  соединительных проводов равно 0,2 Ом. Определить силу тока  $I$  в цепи.

28.14. На стеклянную призму с преломляющим углом  $\theta=60^\circ$  падает луч света. Определить показатель преломления  $n$  стекла, если при симметричном ходе луча в призме угол отклонения  $\sigma=40^\circ$ .

28.25. Каково наименьшее возможное расстояние  $l$  между предметом и его действительным изображением, создаваемым собирающей линзой с главным фокусным расстоянием  $f=12$  см?

30.11. В опыте Юнга расстояние  $d$  между щелями равно 0,8 мм. На каком расстоянии  $l$  от щелей следует расположить экран, чтобы ширина  $b$  интерференционной полосы оказалась равной 2 мм?

31.8. Точечный источник  $S$  света ( $\lambda=0,5$  мкм), плоская диафрагма с круглым отверстием радиусом  $r=1$  мм и экран расположены, как это указано на рис. 31.4 ( $a=1$  м). Определить расстояние  $b$  от экрана до диафрагмы, при котором отверстие открывало бы для точки  $P$  три зоны Френеля.

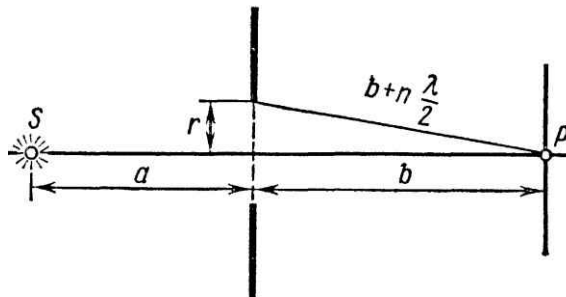


Рис. 31.4

34.9. Принимая коэффициент теплового излучения  $\epsilon$  угля при температуре  $T=600$  К равным 0,8, определить: 1) энергетическую светимость  $M_e$  угля; 2) энергию  $W$ , излучаемую с поверхности угля с площадью  $S=5$  см<sup>2</sup> за время  $t=10$  мин.

34.17. Максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\max}$  яркой звезды Арктур приходится на длину волны  $\lambda_m=580$  нм. Принимая, что звезда излучает как черное тело, определить температуру  $T$  поверхности звезды.



## Вопросы к зачету

1. Кинематика прямолинейного движения,
2. Кинематика криволинейного движения,
3. Динамика поступательного и вращательного движения,
4. Законы сохранения в механике.
5. Основы молекулярно-кинетических представлений.
6. Уравнения состояния идеального газа,
7. Первое начало термодинамики,
8. Процессы переноса,
9. Фазовые переходы,
10. Закон Кулона, границы применимости,
11. Напряженность электрического поля, потенциал,
12. Проводники и диэлектрики в электрическом поле,
13. Законы постоянного тока,
  14. Магнитное поле, магнитостатика,
15. Элементы геометрической оптики,
16. Оптические системы,
17. Волновые явления в оптике,
18. Планетарная модель атома,
19. Законы излучения атома,
  20. Законы излучения