

Государственный университет по
землеустройству
Кафедра высшей математики и физики

СБОРНИК КАЧЕСТВЕННЫХ
ЗАДАЧ И ВОПРОСОВ
ПО ФИЗИКЕ

Москва 2007

УДК 53
ББК 74.58
П 78

Рецензент — заведующий кафедрой физики МГИУ,
д. ф.-м. н., профессор Н.П. Калашников.

Сборник качественных задач и вопросов по физике.
П78 В.В. Максименко, А.В. Мосунов, И.С. Пулькин, И.А. Соловьев
М.: ГУЗ, 2007 — 55с.

Содержание

Кинематика	4
Динамика. Силы. Моменты сил	9
Импульс. Момент импульса	13
Работа. Энергия	17
Гидростатика и гидродинамика	20
Колебания и волны	22
Молекулярно-кинетическая теория и термодинамика	24
Электростатика	31
Электрический ток	34
Магнетизм	39
Геометрическая оптика	43
Волновая и квантовая оптика	48
Атомная и ядерная физика.	
Элементы квантовой механики. СТО.	52

КИНЕМАТИКА

1. Дайте определение основных понятий кинематики: системы отсчета, координаты, траектории, перемещения, пути, скорости, средней скорости, ускорения. Когда путь и перемещение точки одинаковы? Во всех ли точках траектории можно определить скорость? Приведите пример траектории, где скорость не определена ни в одной точке.
2. Две машины А и В идут пересекающимися курсами с заданными скоростями $\mathbf{v}_A$ и $\mathbf{v}_B$ (рис. 1). Определить построением наименьшее расстояние, на которое сближаются машины.
3. Тело, брошенное вертикально вверх, упало обратно. Начертить графики пути, координаты, скорости и ускорения в зависимости от времени. Сопротивлением воздуха пренебречь.
4. Шарик свободно падает на горизонтальную плиту с высоты Н. Считая соударение абсолютно упругим, начертить графики зависимости скорости шарика и его высоты над плитой от времени. Временем удара пренебречь.
5. Частица движется вдоль оси x так, что зависимость ее скорости от времени t дается графиками, изображенными на рис. 2. Привести график зависимости от времени координаты частицы, ее пути и ускорения.
6. Тело движется вдоль оси x так, что зависимость его ускорения от времени t дается графиками, изображенными на рис. 3. Привести график зависимости от времени координаты тела, его пути и скорости.
7. Против течения мы плывем медленнее, чем в стоячей воде; зато по течению - быстрее. Где удастся скорее проплыть одно и то же расстояние "туда и обратно" - в реке или в озере?
8. Рыбак плыл на катере по реке против течения, зацепил шляпой за мост, и она свалилась в воду. Рыбак поплыл дальше и заметил пропажу только через полчаса, после чего повернул за шляпой и догнал ее в 2 км ниже моста. Чему равна скорость течения?

9. Одно тело брошено вертикально вверх, а другое - свободно падает с некоторой высоты. Каково относительное ускорение тел?
10. Капли вертикального дождя оставляют на боковом стекле движущейся со скоростью 60 км/ч электрички след, наклоненный под углом 60° к горизонтали. Какова скорость падения капель?
11. Что такое нормальное и тангенциальное ускорение движущейся точки? Что такое радиус кривизны траектории? Как эти ускорения выражаются через скорость точки?
12. На рис. 4 изображена траектория частицы. Известно, что на участке 1-2 модуль скорости частицы убывал, на участке 2-3 - возрастал, на прямолинейном участке 3-4 - возрастал, на участке 4-5 - оставался постоянным. Показать стрелками на рисунке направление ускорения на каждом из участков.
13. Модуль скорости частицы меняется со временем t по закону $v = bt + c$, где b и c - положительные постоянные. Модуль полного ускорения $a = 3b$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в зависимости от времени.
14. С какой горки - выпуклой (1) или вогнутой (2) тело спустится быстрее (рис. 5)? Трением пренебречь.
15. Начальные скорости тел представлены на рис. 6 а) и 6 б). Какое из тел 1 или 2 полетит дальше?
16. Тело брошено с начальной скоростью v под углом α к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. а) Нарисовать траекторию тела, а также указать направление и модуль ускорения в различных точках траектории. б) Изобразить на рисунке векторы нормального $\mathbf{a}_n$ и тангенциального $\mathbf{a}_\tau$ ускорений в точках траектории, соответствующих началу движения, наивысшей точке подъема, концу движения. Чему равны $\mathbf{a}_n$ и $\mathbf{a}_\tau$ для этих точек? в) Найти $\Delta \mathbf{v}$ и Δv за все время движения и за первую половину времени движения. г) Нарисовать графики зависимостей проекций скорости на вертикальную и горизонтальную оси от времени. д) Определить, чему равны радиусы кривизны начала и вершины траектории.

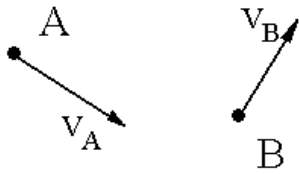


Рис. 1:

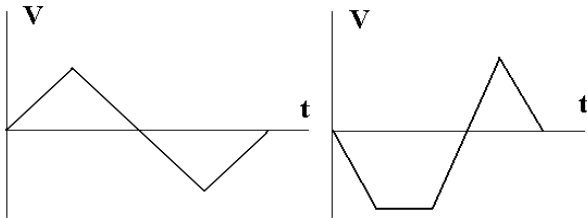


Рис. 2:

17. Тело вращается вокруг оси так, что угол его поворота меняется в зависимости от времени t по закону $\varphi = 2\pi(at - bt^2/2)$, где a и b - положительные постоянные. Найти момент времени τ , в который тело останавливается, а также число оборотов тела N до остановки.
18. Гусеничный трактор идет со скоростью 3 м/сек. С какой скоростью относительно дороги движутся верхняя и нижняя части гусеницы трактора?
19. Все ли точки окружности катящегося колеса имеют одинаковые скорости относительно земли?
20. Во сколько раз угловая скорость часовой стрелки больше угловой

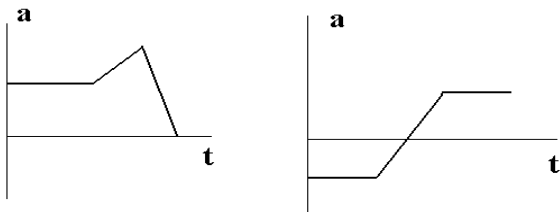


Рис. 3:

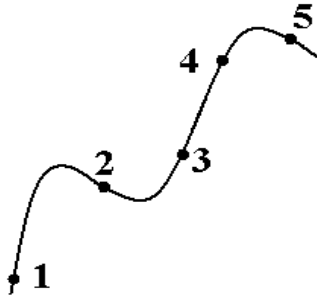


Рис. 4:

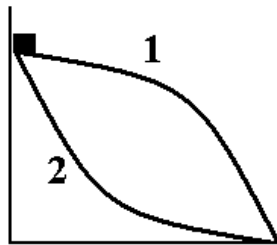


Рис. 5:

скорости суточного вращения Земли?

21. Круг радиусом R катится по кругу радиусом $4R$. Сколько оборотов совершит малый круг по возвращении в первоначальное положение?
22. Мелок пускают по диаметру круга. За время, пока круг делает половину оборота, мелок относительно земли может пройти путь равный диаметру круга. Какой след оставит мелок на круге? Трение пренебрежимо мало.
23. Катушка с намотанной на ней нитью лежит на горизонтальном столе и может катиться по нему без проскальзывания. Внутренний радиус

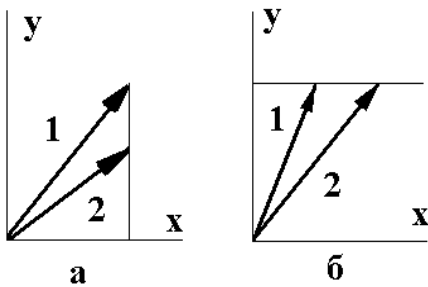


Рис. 6:

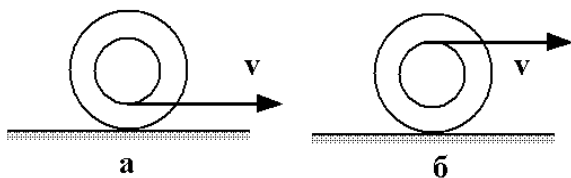


Рис. 7:

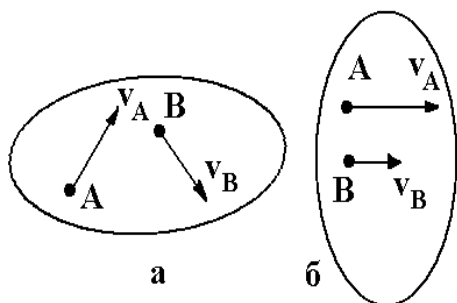


Рис. 8:

катушки r , внешний - R . С какой скоростью u будет перемещаться ось катушки, если конец нити тянуть в горизонтальном направлении со скоростью v ? Рассмотреть два случая, изображенных на рис. 7 а и рис. 7 б .

24. У фигуры, движущейся в плоскости (рис. 8), известны скорости $\mathbf{v}_A$ и $\mathbf{v}_B$ точек А и В. Найти построением положение мгновенного центра скоростей, если: а) скорости точек А и В не параллельны; б) скорости точек А и В параллельны.
25. Система из двух муфт, насаженных на направляющие стержни и скрепленных шарниром, показана на рис. 9. Известны скорость левой муфты v_1 и угол α , который в данный момент шарнир образует с

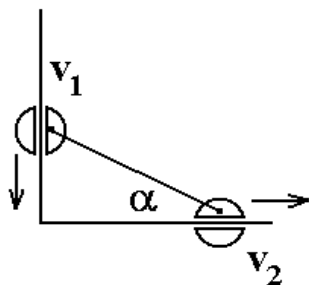


Рис. 9:

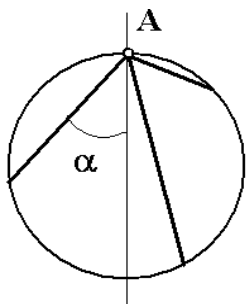


Рис. 10:

горизонтом. Найти скорость правой муфты v_2 в этот момент времени.

26. Из точки А, лежащей на верхнем конце вертикального диаметра некоторой окружности, по желобам, установленным вдоль различных хорд этой окружности (рис. 10), одновременно без трения начинают скользить грузы. Через какое время эти грузы достигнут окружности? Как это время зависит от угла наклона хорды к вертикали?

ДИНАМИКА. СИЛЫ. МОМЕНТЫ СИЛ

1. Сформулируйте три закона Ньютона. Приведите примеры неинерциальных систем отсчета. Приведите примеры, когда Землю нельзя считать инерциальной системой отсчета.
2. Два тела, массы которых m и M , подняты на одинаковую высоту и одновременно отпущены. Одновременно ли они приземлятся, если сила сопротивления воздуха для обоих тел одинакова и постоянна?
3. В чем разница между весом тела и силой тяжести?
4. Как движется тело под действием постоянно убывающей силы?
5. Кабина лифта поднимается с ускорением a . Пассажир, находящийся в ней, роняет книгу. Чему равно ускорение книги относительно лифта, если он движется вверх?
6. Брусок массой m лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между бруском и поверхностью равен μ . Нарисовать график зависимости силы трения, действующей на

брусок в зависимости от внешней силы F , приложенной к бруску в горизонтальном направлении.

7. Найти зависимость силы сухого трения $F_{ТР}$, действующей на тело массой m , помещенное на наклонную плоскость, в зависимости от угла α , который образует плоскость с горизонтом. Коэффициент трения между телом и плоскостью равен μ . Привести качественный график полученной зависимости.
8. На доске лежит кирпич. Один конец доски плавно поднимают. Изменяется ли при этом давление кирпича на доску?
9. Под действием какой силы движется поезд?
10. Автомобиль движется прямолинейно по горизонтальному участку шоссе. Сопротивление воздуха отсутствует. Какие силы действуют на автомобиль, если движение: а) равномерное; б) ускоренное; в) замедленное?
11. На катящееся без проскальзывания по горизонтальной поверхности колесо действует сила трения $F_{ТР}$. Она не равна силе трения скольжения. В учебниках написано, что эта сила $F_{ТР} \leq \mu mg$, где μ - коэффициент трения скольжения, m - масса колеса. Нельзя ли дать более определенный ответ? Рассмотрите следующий конкретный пример. К колесу массой m и радиусом R в верхней его точке параллельно земле приложена горизонтальная сила F . Колесо катится без проскальзывания. Чему равна сила трения?
12. Сила $F = 4mg$ прижимает брусок массой m к вертикальной стенке. Коэффициент трения между бруском и стенкой $\mu = 0,5$. Что происходит с бруском?
13. Тело массой m подвесили к свободному концу пружины жесткости k . Найти удлинение пружины Δl в следующих случаях: а) точка подвеса пружины покоится; б) точка подвеса движется вертикально вверх с ускорением a .
14. В песчаном грунте вырыли траншею прямоугольного профиля. За ночь стенки траншеи осыпались так, что угол наклона стенки с горизонталью оказался равным α . Найти коэффициент трения μ песчинок друг о друга.

15. Аквариум с водой без трения соскальзывает с наклонной плоскости. Как при этом располагается уровень воды в аквариуме?
16. Аквариум с водой движется по горизонтальной плоскости с ускорением a . Каков угол наклона α к горизонту уровня воды в аквариуме?
17. Два одинаковых бруска соскальзывают из одной точки в другую, двигаясь один по выпуклой, а другой - по вогнутой сферическим поверхностям, имеющим одинаковые радиусы. Скорость какого бруска внизу больше? Коэффициенты трения на обеих поверхностях одинаковы.
18. Два человека растягивают веревку в противоположные стороны с одинаковой силой T . Что покажет динамометр, вделанный в веревку?
19. Пружиной какой эквивалентной жесткости k можно заменить две пружины с жесткостями k_1 и k_2 , соединенные: а) последовательно; б) параллельно?
20. Какую наименьшую силу F можно приложить к концу бревна массой m , лежащему на земле, чтобы слегка оторвать его от земли?
21. С каким ускорением a соскальзывает с гладкой наклонной плоскости с углом наклона α оказавшийся на ней кирпич?
22. С каким ускорением a движется искусственный спутник Земли? Как зависит ускорение свободного падения от высоты тела над поверхностью Земли?
23. Кирпич лежит на наклонной плоскости, прилегая к ней всем основанием. Какая половина кирпича - левая или правая - с большей силой давит на наклонную плоскость?
24. К неподвижному блоку на нитке подвешено тело массой 1 кг. К другому концу нити сначала прикладывают силу 20 Н, затем подвешивают другое тело, чья сила тяжести также равна 20 Н. Что можно сказать об ускорении первого тела в обоих случаях?
25. Тело находится на поверхности Земли на ненулевой широте. Нарисовать силы, действующие на тело: а) в инерциальной системе отсчета; б) в системе отсчета, связанной с телом.

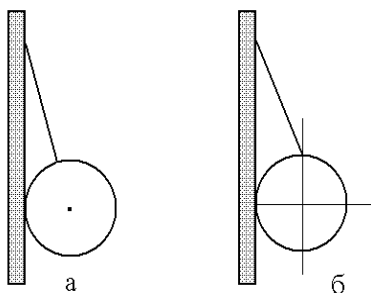


Рис. 11:

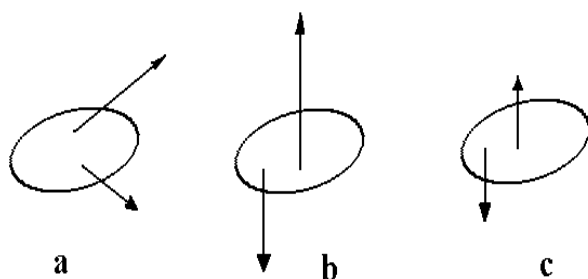


Рис. 12:

26. Почему Луна не падает на Землю?

27. Тело прикреплено ниткой к оси вращающейся карусели. Нарисовать силы, действующие на тело: а) в инерциальной системе отсчета; б) в системе отсчета, связанной с телом.

28. Поезд движется строго на север в северном полушарии вдоль меридиана. Какие силы действуют на поезд с точки зрения машиниста?

29. Снаряд летит вдоль экватора в направлении на восток. Куда направлена кориолисова сила, действующая на снаряд?

30. Расставить силы, действующие на лестницу, стоящую под некоторым

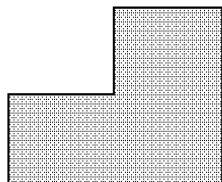


Рис. 13:

углом γ вертикальной стены.

31. К покоящемуся на горизонтальной поверхности телу массой $m = 1$ кг приложили горизонтальную силу $F = 3$ Н. Коэффициент трения $k = 0,4$. Чему равна сила трения, действующая на тело?
32. Записать в столбик известные вам законы динамики поступательного движения и рядом написать соответствующие формулы динамики вращательного движения.
33. Расставить силы, действующие на шар висящий на нитке вблизи гладкой стены (рис. 11 а).
34. Определить коэффициент трения μ между шаром и стенкой в ситуации, изображенной на рис. 11 б.
35. Сложить силы, представленные на рис. 12.
36. Определить построением положение центра тяжести однородной пластинки, показанной на рис. 13.

ИМПУЛЬС. МОМЕНТ ИМПУЛЬСА

1. Будет ли увеличиваться скорость ракеты, если скорость истечения газа относительно ракеты меньше скорости самой ракеты, т.е. если вытекающий из сопла ракеты газ летит вслед за ракетой?
2. Чему равен импульс системы частиц в системе отсчета, связанной с ее центром масс?
3. Мяч, свободно падающий на землю, имеет в момент удара импульс $\mathbf{p}_1$. После удара, который длится в течение времени τ , импульс мяча стал равен $\mathbf{p}_2$. Найти: а) приращение импульса мяча $\Delta \mathbf{p}$ и модуль этого приращения; б) среднюю силу F , с которой мяч действует на землю.
4. Найти импульс однородного диска массой m , катящегося без проскальзывания по горизонтальной поверхности со скоростью v .
5. Тело брошено под углом к горизонту. Сохраняется ли: а) импульс тела; б) проекция импульса на какое-либо направление? Сопротивлением воздуха пренебречь.

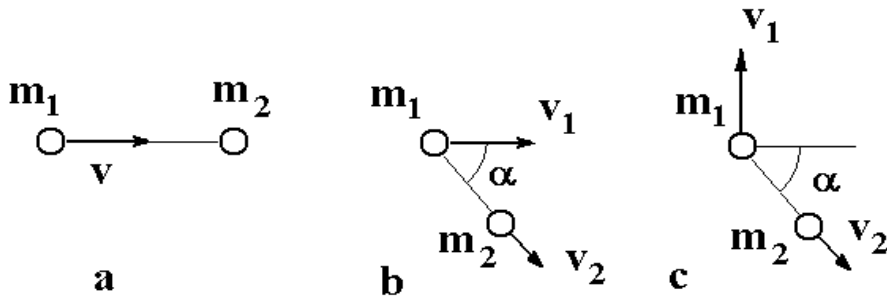


Рис. 14:

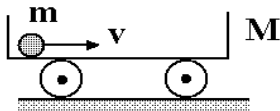


Рис. 15:

6. Шар массой m_2 , имеющий скорость $\mathbf{v}$, налетает на покоящийся шар массой m_1 (рис. 14 а). Могут ли после соударения скорости шаров $\mathbf{v}_1$ и $\mathbf{v}_2$, иметь направления, показанные на рис. 14 б, с?
7. Внутри тележки массой M , находящейся на гладкой горизонтальной поверхности, находится шарик массой m . Шарiku сообщают скорость v (рис. 15). Начинаются упругие столкновения шарика со стенками тележки. Опишите дальнейший характер движения тел системы.
8. Две одинаковые легкие тележки, на которых находятся два одинаковых дворника, катятся по инерции параллельно друг другу с одинаковыми скоростями по очень скользкому льду. Начинает падать снег. Дворник на одной из тележек сбрасывает падающий снег с тележки в стороны, а дворник на второй тележке спит. Какая из тележек быстрее проедет одно и то же расстояние?
9. Что такое момент инерции тела относительно выбранной оси? Вычислите момент инерции системы шаров, закрепленных на невесомом стержне, относительно осей OO и O_1O_1 (рис. 16)
10. Сформулируйте теорему Штейнера. Пустотелый цилиндр с очень тонкими стенками имеет массу m и радиус R . Найти его моменты инерции относительно осей OO и O_1O_1 (рис. 17).

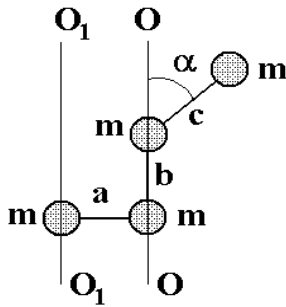


Рис. 16:

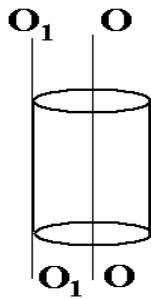


Рис. 17:

11. В какой из показанных на рис. 18 ситуаций угловое ускорение невесомого жесткого стержня, способного вращаться вокруг оси O , с насаженными на него муфтами массой m , наибольшее?
12. Диск насажен на неподвижную ось (рис. 19). Под действием какой из сил диск будет двигаться с большим угловым ускорением?
13. С какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вертикально равномерно со скоростью v ? Масса змеи m , ее длина l . Вначале змея образовывала клубок.
14. Тележка массой M , имеющая люк на дне, без трения движется по

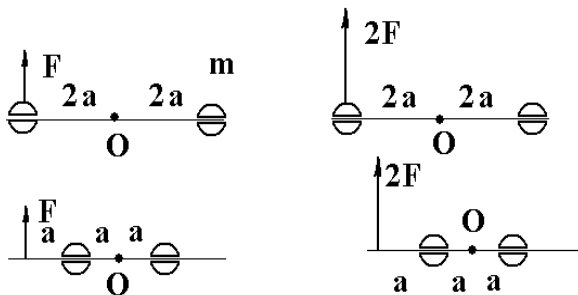


Рис. 18:

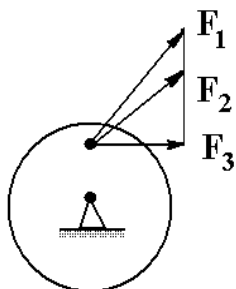


Рис. 19:

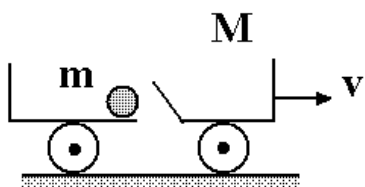


Рис. 20:

горизонтальной поверхности со скоростью v (рис. 20). Вблизи люка на тележке лежит кирпич массой m . Люк открывается и кирпич сваливается с тележки. Как изменится скорость тележки?

15. Что такое момент импульса? Сформулируйте закон сохранения момента импульса. Прижимая руки к телу, совершающий вращение вокруг вертикальной оси фигурист увеличивает угловую скорость. Почему?
16. Что такое гироскопический эффект? Что такое прецессия оси гироскопа под действием момента силы? К оси гироскопа,

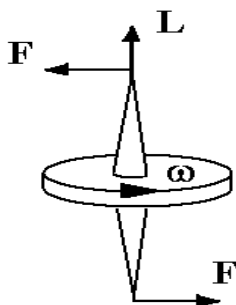


Рис. 21:

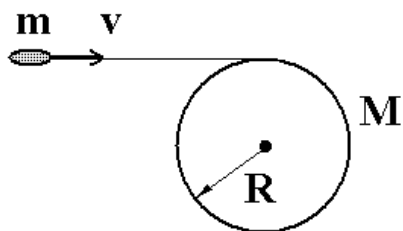


Рис. 22:

вращающегося с угловой скоростью ω , направление момента импульса $\mathbf{L}$ которого показано на рис. 21, приложена пара сил. Куда повернется ось гироскопа?

17. Однородный диск массой M и радиуса R может свободно вращаться вокруг оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости. Пуля массой m , имеющая скорость v , попадает в диск и застревает в нем (рис. 22). Найти угловую скорость ω вращения диска вместе с застрявшей в нем пулей.

РАБОТА. ЭНЕРГИЯ

1. Дайте определение консервативной системы. Сформулируйте закон сохранения механической энергии. Используя закон сохранения механической энергии, вычислите скорость движения тонкостенного обруча массой m и радиусом R , скатившегося с гладкой горки высотой H .
2. Одну и ту же порцию керосина сжигают на уровне моря и в Гималаях. Когда выделяется больше энергии?
3. Найти работу по медленному подъему лестницы массой m и длиной l , лежащей на земле, так, чтобы один ее конец не отрывался от земли.
4. За счет какой энергии поднимается вверх воздушный шар?
5. Тело брошенное вертикально вверх, достигает верхней точки и затем падает вниз. Нарисовать график изменения его кинетической энергии со временем.

6. Тело брошено вертикально вверх. Нарисовать график изменения его потенциальной энергии в зависимости от квадрата скорости.
7. Изменится ли работа, производимая двигателем эскалатора, если пассажир, стоящий на эскалаторе, начнет сам подниматься по нему?
8. Тело свободно падает с некоторой высоты. Одинаковую ли работу совершает сила тяжести за последовательные равные промежутки времени?
9. К двум гвоздям, находящимся на одной высоте, прикреплены концы цепочки длиной l и концы двух шарнирно связанных между собой стержней, общая длина которых тоже равна l . Чей центр тяжести расположен ниже – цепочки или стержней?
10. Тело бросили с начальной скоростью v_0 под некоторым углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти работу силы тяжести над телом и приращение его кинетической энергии: а) до верхней точки траектории; б) за все время полета. Начальная и конечная точки траектории тела находятся на одном уровне.
11. Небольшую шайбу массой m пустили снизу вверх по горке с начальной скоростью v_0 . Добравшись до некоторой высоты, шайба соскальзывает вниз, имея у основания скорость v . Найти работу силы трения над шайбой на всем пути ее движения.
12. Первоначально покоившееся на горке тело массой m после легкого толчка медленно сползает с высоты H на горизонтальную поверхность. Какую работу необходимо совершить сторонней силе, чтобы так же медленно втащить тело на горку на прежнее место?
13. Тело массой m бросили с начальной скоростью v_0 под углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найти мощность $P(t)$, развиваемую силой тяжести, и построить график этой функции.
14. Одинаковую ли скорость получит центр шара у основания наклонной плоскости, если один раз он соскальзывает (без трения), а другой раз скатывается с нее? Сопротивление воздуха не учитывать.
15. Найти кинетическую энергию однородного диска массой m и радиусом R , катящегося по земле без проскальзывания со скоростью v_0 . Чему

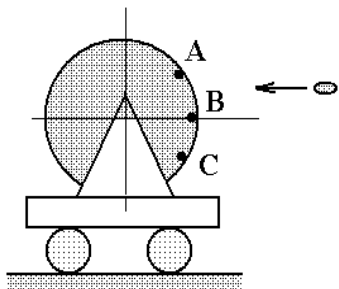


Рис. 23:

равен момент импульса колеса относительно горизонтальной оси, проходящей через его центр.

16. Воздушный шар, удерживаемый веревкой, поднялся на некоторую высоту. Как изменилась потенциальная энергия системы шар-воздух-Земля?
17. Ракета массой M с работающим двигателем неподвижно зависла над Землей. Скорость вытекающих из ракеты газов v . Определить мощность двигателя ракеты.
18. Мощность вентилятора увеличивают в 8 раз. Во сколько раз увеличивается скорость потока воздуха?
19. Трактор мощностью N_1 развивает максимальную скорость v_1 . Трактор мощностью N_2 - скорость v_2 . Какую максимальную скорость v могут развить два трактора, если их сцепить друг с другом?
20. В цилиндр, установленный на тележке, как показано на рис. 23, и свободно вращающийся вокруг своей оси, попадает пуля. В трех разных опытах пуля попала в точки A, B и C. В каком из трех случаев кинетическая энергия системы оказалась большей? Что можно сказать о скоростях тележки в этих трех случаях? Рассмотреть случаи упругого и неупругого удара. Массой пули пренебречь.
21. Два одинаковых железных шарика, один из которых лежит на горизонтальной поверхности, другой – подвешен на нерастяжимой нити, нагревают на одинаковое количество градусов. Одинаковое ли количество теплоты требуется для этого? Теплообменом шаров со средой пренебречь.

22. Человек бросает камень массой m со скоростью v в горизонтальном направлении. В неподвижной системе отсчета работа человека над камнем равна $mv^2/2$, а в системе отсчета, движущейся со скоростью $v/2$ в том же направлении, что и камень, эта работа равна нулю. Получается, что работа зависит от системы отсчета, но ведь она совершается за счет внутренней энергии человека и вовсе не должна зависеть от используемой системы отсчета.

ГИДРОСТАТИКА И ГИДРОДИНАМИКА

1. В сосуде с водой плавает в вертикальном положении брусок. Как изменится уровень воды в сосуде, если брусок перейдет в горизонтальное положение?
2. Что тяжелее – тонна дерева или тонна железа?
3. Стальной шарик плавает в ртути. Изменится ли погружение шарика в ртуть, если сверху долить воды?
4. Справедлив ли в условиях невесомости закон Архимеда?
5. В одном из сосудов плавает кусок льда с пузырьком воздуха, в другом – с вмёрзшим стальным шариком. Изменяются ли уровни воды в сосудах, когда лед растает?
6. В бассейне плавает железный понтон с дыркой в дне. Изменится ли уровень воды в бассейне после того, как понтон утонет?
7. В стакане с водой плавает кусок льда. Изменится ли уровень воды в стакане после того, как лед растает?
8. В стакан с водой, уравновешенный на весах, опускают палец. Нарушится ли равновесие весов?
9. На весах уравновешен сосуд с водой, к крышке которого привязан на нитке железный шарик (рис. 24). Нитку пережигают. Нарушится ли равновесие весов после этого?
10. С какой максимальной глубины можно достать воду, используя вакуумный насос?

11. Может ли быть так, чтобы на тело, погруженное в воду, не действовала сила Архимеда?
12. Лодка из Черного моря переместилась в реку Днепр. В каком случае архимедова сила больше?
13. Закрытый сосуд доверху наполнен водой. У дна сосуда находится пузырек воздуха. Как изменится давление на дно сосуда, когда пузырек всплывет?
14. В бассейне плавает лодка. Изменится ли уровень воды в бассейне, если лежащий на дне лодки камень бросить в воду?
15. Сплошные шары – алюминиевый и железный – уравновешены на рычаге. Нарушится ли равновесие, если оба шара погрузить в воду? Рассмотреть два случая, когда шары имеют: а) одинаковую массу; б) одинаковый объем.
16. В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением a , направленным вверх?
17. Какую работу мы совершаем, медленно поднимая камень массой 1 кг со дна озера глубиной 2 м на высоту 3 м над уровнем воды?
18. Сколько тепла выделится при падении камня массой 1 кг с высоты 3 м над уровнем воды на дно озера глубиной 2 м?
19. Дайте определение идеальной жидкости. Что такое линии тока, трубка тока? Сформулируйте условие неразрывности жидкости вдоль трубки тока. Как вычислить объемный расход жидкости?
20. Запишите уравнение Бернулли и объясните физический смысл, входящих в него слагаемых. Используя уравнение Бернулли, выведите формулу Торричелли истечения жидкости через малое отверстие.
21. С какой скоростью должна двигаться нефть в трубопроводе сечением 100 см^2 , чтобы в течение часа протекало 18 м^3 нефти?
22. Две бочки наполнены до одного уровня: одна раствором соли, другая – раствором спирта. Плотность жидкости в первой в полтора раза больше, чем во второй. Как соотносятся скорости вытекания растворов

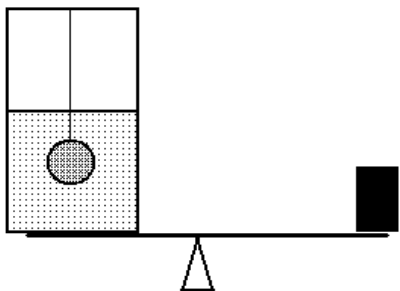


Рис. 24:

после выбивания пробок, находящихся на одинаковой глубине? Обе жидкости считать идеальными.

23. В узкой части трубы скорость течения идеальной жидкости выше, чем в широкой. Какая "сила" разгоняет жидкость в узкой части?
24. Вытекающая из водопроводного крана струя воды при ламинарном течении сужается книзу, а не расширяется. Почему?
25. В чем проявляется вязкость жидкости? Сформулируйте закон Ньютона для силы вязкого трения между слоями движущейся жидкости. Какова размерность коэффициента динамической вязкости? Что такое сила Стокса и закон Стокса?
26. Каков критерий перехода ламинарного течения жидкости в турбулентное? Что такое число Рейнольдса? Что такое пуазейлевское течение вязкой жидкости? Сформулируйте закон Дарси.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

1. Чему равны: а) сила, действующая на частицу, совершающую гармонические колебания, при прохождении ею положения равновесия; б) ее скорость в тот момент, когда она находится в «крайнем» положении?
2. Зависимость от времени t координаты гармонического осциллятора имеет вид $q = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$. Выразить через амплитуду A и начальную фазу α начальную координату и начальную скорость.

3. Энергия гармонического осциллятора имеет вид $E = m\dot{x}^2/2 + kx^2/2$, где m - масса, k - коэффициент упругой силы. Найти амплитуду колебаний и амплитуду скорости.
4. Как изменится частота колебаний пружинного маятника, если: а) увеличить жесткость пружины в 2 раза; б) увеличить его массу в 2 раза; в) перенести его с Земли на Луну?
5. Амплитуда затухающих колебаний уменьшилась в e^2 раз за 50 колебаний. Чему равны логарифмический декремент затухания и добротность системы?
6. Уравнение движения колебательной системы имеет вид $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t$. Чему равен период колебаний T , если: а) нет вынуждающей силы и нет силы трения; б) нет вынуждающей силы; в) система совершает установившиеся вынужденные колебания?
7. Для трех значений коэффициентов затухания $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$ нарисовать на одном чертеже резонансные кривые – зависимости амплитуды от частоты ω .
8. Математический маятник проходит расстояние от положения равновесия до амплитудного отклонения за четверть периода. За какую долю периода математический маятник проходит путь от положения равновесия до половины амплитудного отклонения?
9. Написать выражение для плоской волны (с амплитудой A , частотой ω , длиной λ и начальной фазой $\pi/4$), распространяющейся в непоглощающей среде вдоль оси y . Колебания частиц среды, участвующих в волновом процессе, происходят вдоль оси z .
10. Поперечная волна распространяется вдоль упругого шнура со скоростью $v = 15$ м/с. Период колебаний точек шнура равен 1,2 с, амплитуда $A = 2$ см. Определить: 1) длину волны λ ; 2) фазу колебаний, смещение, скорость и ускорение точки, отстоящей на расстоянии $x = 45$ м от источника волн в момент $t = 4$ с; 3) разность фаз колебаний двух точек, лежащих на шнуре и отстоящих от источника волн на расстояниях $x_1 = 20$ м и $x_2 = 30$ м.
11. Изменится ли период колебаний качелей, если вместо одного человека на качели сядут двое?

12. Если настенные маятниковые часы отстают, то что надо сделать, чтобы восстановить правильность их хода?
13. Чему равен период колебаний математического маятника в лифте, опускающемся с ускорением $a = g$?
14. Тело массой m подвешено на конце пружины, имеющей жесткость k . У пружины отрезали половину и снова подвесили то же тело. Во сколько раз изменилась частота колебаний?
15. Два тела с одинаковыми массами подвешены к двум одинаковым пружинам. Тела оттягивают вниз – одно на 1 см, другое – на 2 см, а затем одновременно отпускают. Какое из тел первым придет в положение равновесия?
16. Что произойдет с собственными колебаниями контура, если его емкость в три раза увеличить, а индуктивность в три раза уменьшить?
17. Известен «мгновенный снимок» смещений $\xi(x)$ частиц среды в плоской волне, распространяющейся со скоростью v_0 . Каким образом по снимку смещений можно восстановить снимок скоростей частиц среды?

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ И ТЕРМОДИНАМИКА

1. Где больше молекул – в одном моле воды или в одном моле водорода?
2. Оценить массу молекулы воды.
3. Как изменится давление идеального газа в закрытом сосуде, если средняя кинетическая энергия движения его молекул увеличится в 2 раза?
4. Как должна измениться концентрация молекул одноатомного идеального газа, чтобы при увеличении средней кинетической энергии его молекул в 3 раза давление увеличилось бы в 2 раза?
5. Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа увеличилась в 2 раза, а концентрация молекул осталась без изменения?

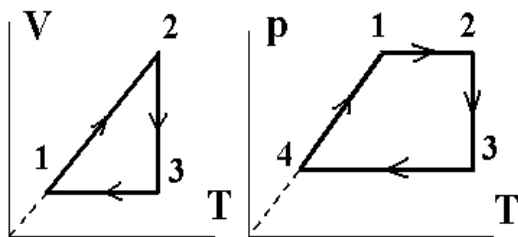


Рис. 25:

6. В результате нагревания давление газа в закрытом сосуде увеличилось в 4 раза. Во сколько раз изменилась средняя квадратичная скорость его молекул?
7. Какой воздух тяжелее – сухой или влажный?
8. Температуру двухатомного идеального газа, находящегося в замкнутом объеме, увеличивают в два раза. При этом газ полностью диссоциирует на атомы. Во сколько раз увеличивается его давление?
9. Масса идеального газа m , масса моля μ . Записать уравнение состояния, используя в качестве параметров p, V, T и: число молей ν , число частиц в газе N , концентрацию молекул n , среднюю энергию $\langle \epsilon \rangle$ поступательного движения молекул.
10. Изобразить на диаграммах (p, V) , (V, T) , (p, T) процессы: изохорический, изобарический, изотермический и адиабатический. Рассматривается идеальный газ, показатель адиабаты известен.
11. Изобразить на диаграмме (p, V) семейство изотерм идеального газа для различных температур $T_1 < T_2 < T_3$.
12. Постройте графики процессов, происходящих с идеальным газом (рис. 25) соответственно в координатах (p, V) и (V, T) . Масса газа постоянна.
13. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (рис. 26) в координатах (p, T) и (V, T) . Масса газа постоянна. Участки гипербол соответствуют изотермическим процессам.
14. У молекул идеального газа число поступательных, вращательных и колебательных степеней свободы равно n_1, n_2, n_3 соответственно.

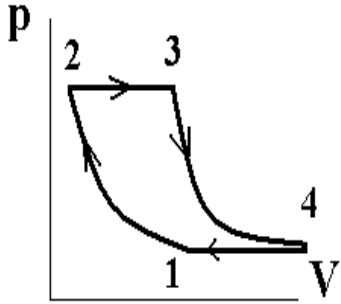


Рис. 26:

Определить по закону равнораспределения среднюю энергию $\langle \varepsilon \rangle$ молекул при термодинамическом равновесии при температуре T .

15. Найти число поступательных, вращательных и колебательных степеней свободы для молекул He , N_2 , CH_4 .
16. Как распределены молекулы идеального газа по скоростям? Что такое максвелловская функция распределения $f(v)$? Нарисуйте семейство максвелловских функций распределения при различных температурах. Как при помощи $f(v)$ определяется средняя скорость, среднеквадратичная скорость и наиболее вероятная скорость молекул? Какого порядка эти скорости? Как они зависят от температуры и массы молекул?
17. Что такое средняя длина свободного пробега молекул газа? Как она зависит от концентрации молекул газа и характерного размера молекул? Как соотносятся между собой средняя длина свободного пробега и среднее расстояние между молекулами в разреженном газе?
18. Что такое диффузия и самодиффузия? Сформулируйте закон Фика. Какими параметрами газа определяется коэффициент диффузии? Что такое термодиффузия?
19. Определить зависимость коэффициента диффузии D от давления при следующих процессах: 1) изотермическом; 2) изохорном. Построить соответствующие графики.
20. Известно, что среднее удаление диффундирующей газовой молекулы от точки старта $\langle x \rangle \sim \sqrt{t}$ (формула Эйнштейна-Смолуховского).

Соответственно, скорость молекулы $\langle v \rangle = \langle \dot{x} \rangle \sim 1/\sqrt{t}$. Получается, что в начальный момент времени ($t = 0$) молекула проходит бесконечно большой путь. Как это объяснить? В качестве подсказки вспомните об особенностях траектории броуновской частицы.

21. Что такое теплопроводность? Сформулируйте закон Фурье. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности газов?
22. Найти зависимость коэффициента теплопроводности от давления при следующих процессах: 1) изотермическом; 2) изохорном. Изобразить эти зависимости на графиках.
23. Сформулируйте первое начало термодинамики. Как выглядит первое начало термодинамики в изохорном, изобарном, изотермическом и адиабатическом процессах?
24. Почему у газов в отличие от твердых и жидких тел две теплоемкости? Как связаны между собой молярные теплоемкости C_p и C_V ? Чему равна теплоемкость идеального газа в изотермическом и адиабатическом процессах?
25. Как объяснить физически тот факт, что $C_p > C_V$?
26. Написать уравнение состояния идеального газа в переменных p , V и T , если известны его C_p и C_V .
27. Известно отношение $\gamma = C_p/C_V$ для некоторого идеального газа. Получить уравнение адиабаты этого газа в переменных (V, T) , (p, V) , (p, T) .
28. Выразить число степеней свободы i , C_p , C_V и внутреннюю энергию молекул идеального газа $\langle \varepsilon \rangle$ через показатель адиабаты γ .
29. Сравнить работы идеального газа при изотермическом и адиабатическом расширениях. Начальные и конечные объемы одинаковы.
30. Идеальный газ, находящийся в цилиндре под невесомым поршнем, расширяется в вакуум. Чему равна работа газа?
31. Воздух в комнате при открытой форточке нагрели от температуры T_1 до температуры T_2 . Определить приращение внутренней энергии воздуха, находящегося в комнате.

32. Как будет меняться температура газа, помещенного в теплонепроницаемый цилиндр, при постепенном увеличении объема цилиндра?
33. Пусть одна половинка теплоизолированного сосуда занята идеальным газом, а другая пуста. В некоторый момент времени перегородка убирается. Что произойдет с температурой газа?
34. Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изобарном сжатии?
35. При изобарном процессе концентрация молекул увеличилась в 2 раза. Как изменилась внутренняя энергия газа? Масса газа постоянна.
36. Одноатомный идеальный газ совершает процесс, в результате которого его давление увеличивается в 2 раза, а объем уменьшается в 3 раза. Как изменилась при этом его внутренняя энергия?
37. Чему равно изменение внутренней энергии идеального газа, если ему передано количество теплоты 300 Дж, а внешние силы совершили над ним работу 500 Дж?
38. Вычислите количество теплоты, полученное газом, если при уменьшении внутренней энергии на 100 Дж газ совершил работу 300 Дж.
39. В каком процессе все переданное идеальному газу количество теплоты идет на изменение его внутренней энергии?
40. Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из газообразного состояния в жидкое при постоянной температуре?
41. Идеальный газ, находящийся в некотором начальном состоянии, характеризуемом объемом V_1 , расширяется до объема V_2 . Процесс расширения происходит: 1) изобарически; 2) изотермически; 3) адиабатически. Начертите графики этих процессов в осях (V, p) и (V, U) (U – внутренняя энергия). На основании этих графиков определите: а) при каком процессе произведенная газом работа наименьшая; б) знак приращения внутренней энергии газа ΔU при каждом процессе.

42. Сформулируйте второе начало термодинамики. Дайте термодинамическое и статистическое определение энтропии. Что такое число микросостояний макроскопической системы?
43. Понизится ли температура в комнате, если открыть дверцу работающего холодильника?
44. Назначение тепловых двигателей. КПД теплового двигателя. Как устроен идеальный тепловой двигатель или цикл Карно? Чему равен КПД цикла Карно?
45. Температура в морозильной камере домашнего холодильника T_M , температура в комнате T_X . Чему равен КПД холодильника (т.н. морозильный коэффициент) в предположении, что его можно считать идеальным тепловым двигателем?
46. В двух одинаковых цилиндрах под поршнем находятся: а) идеальный газ; б) водяной пар. Производят изотермическое сжатие газов. Нарисуйте зависимость давления от объема в обоих случаях.
47. На рис. 27 представлено семейство вандер-ваальсовских изотерм реального газа. Укажите критическую изотерму. Укажите на диаграмме область соответствующую жидкой фазе, газообразной и области расслоения вещества на фазы. Какие кривые внутри колоколообразной области на рисунке соответствуют ван-дер-ваальсовским изотермам и какие реальной зависимости давления от объема? Что такое метастабильное состояние вещества? Укажите на изотермах участки кривых, соответствующие переохлажденному пару и перегретой жидкости.
48. На улице моросит холодный осенний дождь. В кухне развешено выстиранное белье. Быстрее ли высохнет белье, если открыть форточку?
49. В чем разница между кипением и испарением? Чем заполнены пузырьки в кастрюле с кипящей водой? Меняется ли в процессе выкипания температура кипящей воды? Зависит ли температура кипения жидкости от атмосферного давления? Что такое теплота фазового перехода? Почему растения в ночь перед заморозками принято поливать?

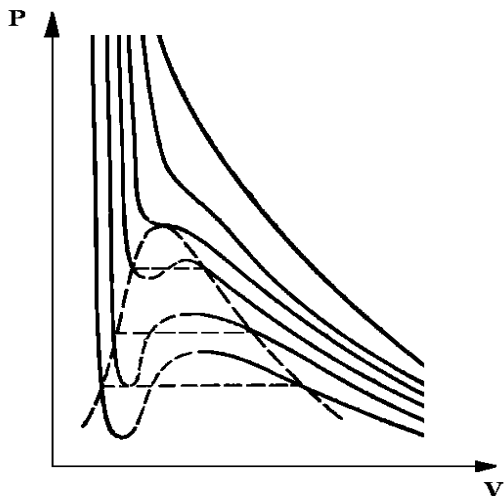


Рис. 27:

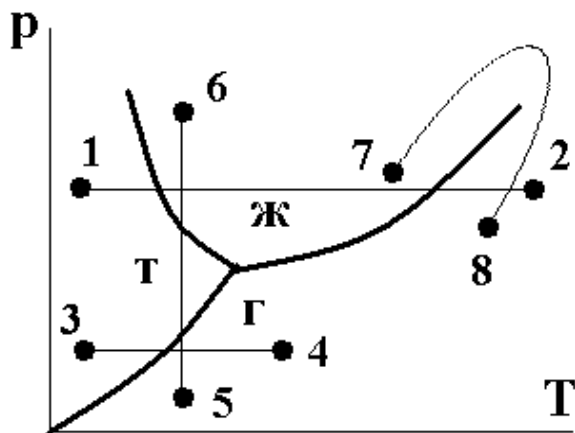


Рис. 28:

50. Почему пар обжигает сильнее воды той же температуры?
51. Изобразить на диаграмме (p, T) кривые испарения, плавления и сублимации. Показать области однофазных состояний вещества.
52. На рис. 28 показана диаграмма состояния некоторого вещества. Описать, что происходит с веществом при процессах 1-2, 3-4, 5-6, 7-8.
53. В чем разница между критической и тройной точками на диаграмме фазового превращения вещества?
54. Если на молекулу, находящуюся на поверхности жидкости, действует со стороны ее соседей направленная вниз сила, то почему эта молекула

не движется с ускорением в глубь жидкости?

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

1. Плоский воздушный конденсатор подключили к источнику напряжения, затем, не отключая его от источника, сдвинули пластины, уменьшив зазор в два раза. Как изменятся: а) энергия, запасенная конденсатором; б) заряд на обкладках конденсатора; в) плотность энергии поля в конденсаторе?
2. Конденсатор подключен к аккумулятору. Как изменится энергия конденсатора при раздвигании его пластин? Как согласуется это изменение с законом сохранения энергии? Каким будет ответ, если заряженный конденсатор отключен от аккумулятора перед раздвиганием пластин?
3. Заряженный конденсатор заполняют диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε . Как изменяется его заряд Q , напряжение на конденсаторе U , напряженность поля в конденсаторе E , запасенная энергия W , если конденсатор подключен к батарее?
4. Ответьте на те же вопросы, в случае, если конденсатор отключен от источника.
5. Пластины заряженного плоского конденсатора начинают раздвигать. Когда это легче сделать – при отключенном или подключенном к источнику конденсаторе?
6. Плоский конденсатор с вертикальными пластинами наполовину погружают в масло с диэлектрической проницаемостью ε . Как изменится его емкость?
7. В плоский конденсатор параллельно обкладкам помещают пластинку из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε . Толщина пластинки в два раза меньше расстояния между обкладками конденсатора. Как при этом изменяется его емкость?
8. Заряженный плоский конденсатор с зарядом Q и емкостью C при помощи ключа K (рис. 29) соединяют с таким же незаряженным.

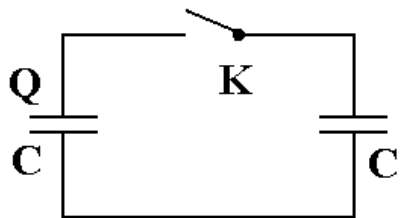


Рис. 29:

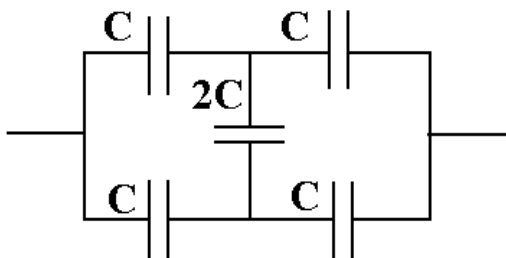


Рис. 30:

Покажите, что энергия поля при этом уменьшается в два раза. Куда исчезает половина энергии?

9. Плоский заряженный конденсатор, отключенный от источника, залит маслом с диэлектрической проницаемостью ε . Масло сливается. Что при этом происходит с энергией конденсатора?
10. Изменится ли разность потенциалов пластин плоского воздушного конденсатора, если одну из них заземлить?
11. Изменится ли емкость плоского конденсатора, если в воздушный зазор между пластинами вдвинуть тонкую незаряженную металлическую пластину?
12. Вычислите суммарную емкость батареи конденсаторов (рис. 30).
13. Два одинаковых конденсатора подключают к батарее. В каком случае они аккумулируют больше энергии: при последовательном или параллельном соединении?
14. К проводящему незаряженному шару радиуса R . Подносят точечный заряд Q , отстоящий от поверхности шара на расстоянии a . Чему равен потенциал шара?

15. В земной атмосфере имеется довольно значительный градиент потенциала. Напряженность электрического поля в атмосфере порядка 100 В/м , причем поверхность Земли заряжена отрицательно. На улице потенциал на уровне нашего носа на 200 В выше, чем на уровне пяток. Почему же тогда нас не ударяет током, как только мы выходим на улицу?
16. Показать графически как спадает напряженность и потенциал поля заряженного металлического шара в зависимости от удаления от его центра. Как изменятся графики если сплошной шар заменить тонкой сферической металлической оболочкой?
17. С какой целью на корпус некоторых радиоламп надевают металлические колпачки?
18. Точечный заряд Q_1 окружен тонкой металлической оболочкой. Действует ли этот заряд на заряд Q_2 , находящийся вне оболочки?
19. Точечный заряд Q_1 находится внутри тонкой металлической оболочки. Испытывает ли он воздействие заряда Q_2 , находящегося вне оболочки?
20. Четыре одинаковых положительных заряда Q помещены в вершинах квадрата со стороной a . Чему равны напряженность и потенциал поля в центре квадрата?
21. Чему равна потенциальная энергия двух точечных зарядов Q_1 и Q_2 , находящихся на расстоянии r друг от друга?
22. На какое минимальное расстояние к неподвижному шарiku с зарядом Q и массой m может приблизиться точно такой же заряженный шарик имеющий на очень большом удалении скорость v ?
23. Плотность энергии электростатического поля в вакууме $w = \varepsilon_0 E^2 / 2$. Напряженность поля точечного заряда Q $E(r) = Q / (4\pi\varepsilon_0 r^2)$. Рассчитайте полную энергию поля точечного заряда. Ну, и чему она равна?
24. Всегда ли при соединении проволочкой двух заряженных проводящих шариков, имеющих неодинаковые одноименные заряды, заряд перетекает от шарика, имеющего больший заряд к шарiku с меньшим зарядом?

25. Имеются два проводника, один из которых имеет заряд меньше, но потенциал выше, чем у другого. Как будут перемещаться электрические заряды при соприкосновении проводников?
26. Двум металлическим шарам разного радиуса сообщили одинаковые заряды. Будут ли переходить заряды с одного шара на другой, если шары соединить проводником?
27. Металлический заряженный шар помещен в центре толстого шарового слоя, изготовленного: а) из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$, б) из металла. Нарисовать картины силовых линий вне и внутри шара. Начертить графики зависимости напряженности поля и потенциала от расстояния до центра шара.
28. Изменится ли емкость конденсатора или уединенного проводника, если увеличить заряд в два раза?
29. Наэлектризованный мыльный пузырь раздувается так, что его радиус возрастает в два раза. Изменяется ли при этом энергия заряда?
30. Пластины конденсатора присоединены к аккумулятору. Как изменится сила взаимодействия пластин, если конденсатор заполнить непроводящей жидкостью с $\varepsilon = 2$?
31. Пластины плоского конденсатора несут заряды q разных знаков и одной величины. Изобразить силовые линии создаваемого пластинами поля. Построить графики зависимости напряженности $E_x(x)$ и потенциала $\phi(x)$ этого поля от координаты x , перпендикулярной пластинам.
32. Две концентрические проводящие сферы радиусами R_1 и R_2 несут заряды $+Q$ и $-Q$. Построить графики зависимости напряженности и потенциала электрического поля от расстояния до центра сфер и найти разность потенциалов сфер.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

1. Определить общее сопротивление цепи, показанной на рис. 31, если сопротивление каждого звена R .

2. Определить общее сопротивление показанной на рис. 32 бесконечной цепочки, если сопротивление каждого ее элемента R .
3. Определить сопротивление цепей, показанных на рис. 33. Сопротивление каждого элемента R .
4. Внутри идеального проводника напряженность электрического поля равна нулю. Что же тогда за поле "гонит" электрический ток вдоль металлического провода, при создании на его концах ненулевой разности потенциалов?
5. Как известно, в случае постоянного электрического тока дрейфовая скорость электронов проводимости v постоянна, поскольку постоянная величина - плотность тока $j \sim v$. Между тем, на электрон в проводе, по которому течет постоянный ток, действует постоянная сила $F = eU/l$, где e - заряд электрона, U - напряжение на концах провода и l - длина провода. Под действием постоянной силы электрон должен двигаться с постоянным ускорением, а никак не равномерно. Получается нестыковка. В чем здесь дело?
6. По прямолинейному проводу течет ток. Поясните, каким образом поступает в провод энергия, необходимая для движения электронов проводимости?
7. Как изменится теплоотдача электроплитки, если укоротить ее спираль?
8. На что расходуется электроэнергия, потребляемая домашним холодильником?
9. Два потребителя подключаются к электрической батарее: один раз последовательно, другой параллельно. В каком случае КПД будет больше?
10. При измерении ЭДС старой батарейки для карманного фонаря вольтметр показал 4,3 В, однако лампочка от этой батарейки не горит. Почему?
11. Дана цепь с источником (рис. 34): ε - ЭДС батареи, R - сопротивление нагрузки, r - внутреннее сопротивление источника. Построить: а) зависимость силы тока в цепи I , напряжения на зажимах источника

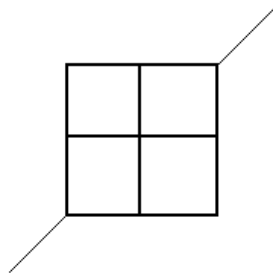


Рис. 31:

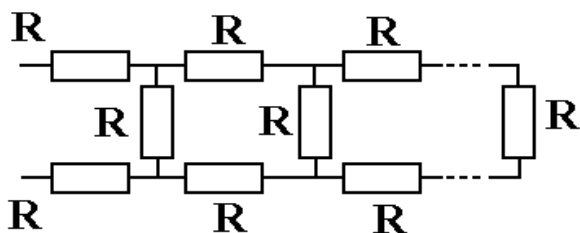


Рис. 32:

U , полной мощности P , полезной мощности P_1 , КПД цепи η от сопротивления нагрузки R ; б) зависимость P, P_1, η от силы тока в цепи I ; в) зависимость P, P_1, η от ЭДС ε ; г) зависимость напряжения на зажимах источника U от силы тока в цепи I .

12. Источник тока с ЭДС ε и внутренним сопротивлением r замкнут на реостат. Построить графики зависимости мощности, выделяемой источником; мощности, выделяемой во внешней цепи, коэффициента полезного действия источника от силы тока в цепи. При какой силе тока мощность, выделяемая во внешней цепи, будет наибольшей?
13. Чему равен КПД разомкнутой цепи и КПД цепи в случае короткого замыкания?
14. Две стандартные замкнутые цепи с источником соединили между собой проводом, имеющим сопротивление R (рис. 35). Чему равен ток в проводе?
15. Зарядка аккумулятора с ЭДС ε осуществляется зарядным устройством, напряжение на клеммах которого U . Внутреннее сопротивление аккумулятора r . Определить полезную мощность,

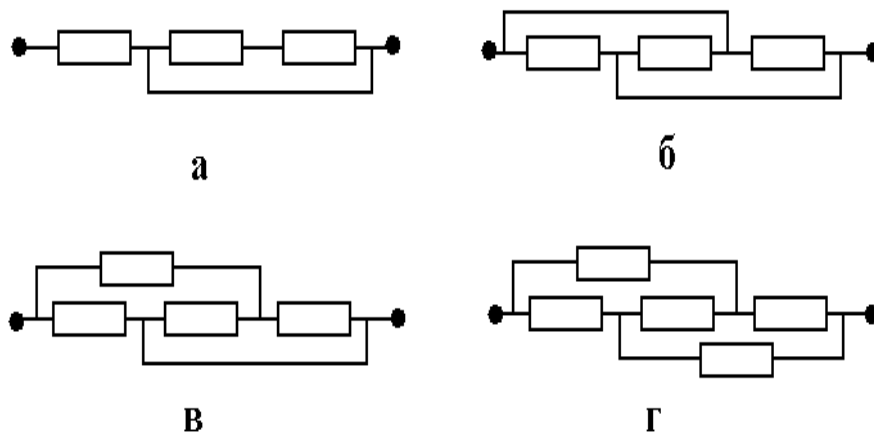


Рис. 33:

расходуемую на зарядку аккумулятора, и бесполезную мощность, идущую на выделение тепла в аккумуляторе. Определить КПД процесса зарядки. Почему на практике U лишь немногим превышает ε ?

16. При каком сопротивлении нагрузки, полезная мощность в цепи, показанной на рис. 34, будет максимальной? Чему она равна?
17. Елочная гирлянда спаяна из лампочек для карманного фонаря. При включении этой гирлянды в сеть на каждую лампочку приходится напряжение в три вольта. Почему же опасно, выкрутив одну из лампочек, сунуть в патрон палец?
18. Для измерения неизвестного сопротивления собраны две схемы (рис. 36). Известны показания вольтметра и амперметра, известны их внутренние сопротивления. Почему в общем случае нельзя для определения сопротивления поделить показания вольтметра на показания амперметра (в соответствии с законом Ома для участка цепи)? Выведите формулу для расчета сопротивления в обоих случаях.
19. Показания какого вольтметра больше (рис. 37)?
20. Почему при одной и той же величине тока тонкая проволока нагревается сильнее толстой?
21. Два проводника одинаковой длины из одного и того же материала, но

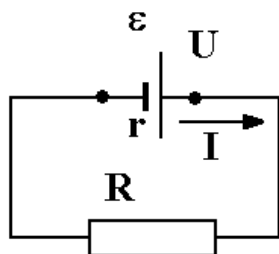


Рис. 34:

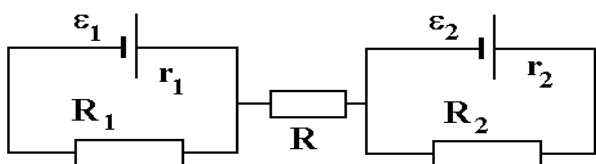


Рис. 35:

разного сечения включены последовательно в цепь. На каком из них выделяется больше теплоты за одно и то же время?

22. Две медные проволоки одной и той же длины, но различного сечения соединены параллельно между собой и включены в цепь. В какой из них будет выделяться большее количество теплоты?
23. Три проводника с одинаковыми сопротивлениями подключают к источнику постоянного напряжения сначала параллельно, затем последовательно. В каком случае потребляется большая мощность и во сколько раз?
24. В цепь включены параллельно медная и стальная проволоки равной длины и сечения. В какой из них выделится большее количество теплоты за одно и то же время?

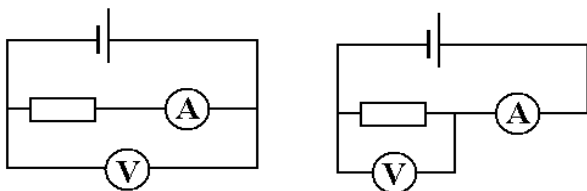


Рис. 36:

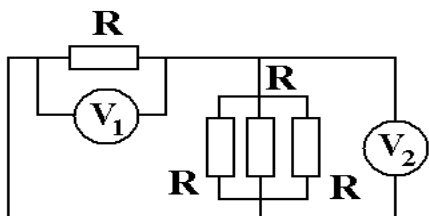


Рис. 37:

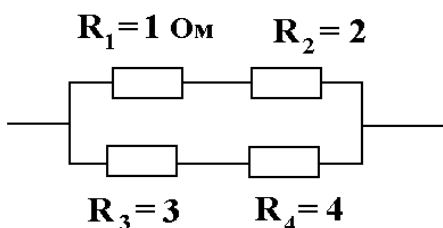


Рис. 38:

25. В каком из резисторов (рис. 38) выделяется наибольшее количество теплоты?
26. Почему электрические лампы чаще перегорают в момент замыкания тока и очень редко в момент размыкания?
27. Как надо соединить обмотки двух нагревателей, опущенных в стакан с водой (последовательно или параллельно), чтобы вода быстрее закипела?
28. Верно ли утверждение, что вольтметр, подключенный к клеммам разомкнутого источника, показывает ЭДС?
29. Для передачи электроэнергии на большие расстояния используются очень высокие напряжения. Каким образом такие напряжения позволяют уменьшить потери в линии электропередачи? Электроэнергия генератора мощности N передается потребителю по проводам, имеющим сопротивление r . Напряжение на клеммах генератора U . Определить КПД линии передачи.

МАГНЕТИЗМ

1. Почему два параллельных проводника, по которым текут токи в одном

направлении, притягиваются, а два параллельных электронных пучка отталкиваются?

2. Намагниченная стальная пластина, опущенная в склянку с соляной кислотой, растворилась. Куда девалась магнитная энергия пластинки?
3. Почему два параллельных пучка катодных лучей одинакового направления отталкиваются, ведь они представляют собой токи одного направления и поэтому должны притягиваться?
4. Как известно дрейфовая скорость электронов проводимости в металлическом проводе, по которому течет ток, невелика. Предлагается перемещать провод в сторону, обратную движению электронов, с дрейфовой скоростью. Будет ли провод с током создавать в этом случае магнитное поле?
5. С точки зрения неподвижного человека провод с током создает магнитное поле. С точки зрения человека, движущегося с дрейфовой скоростью электронов в проводе в направлении их движения, электроны неподвижны, следовательно, никакого тока нет. Значит, нет и магнитного поля, а есть поле неподвижных зарядов или электрическое поле. Как разрешается это противоречие?
6. Что такое сила Лоренца и сила Ампера? Как соотносятся между собой амперовская сила, действующая на провод с током, внесенный в магнитное поле и силы Лоренца, действующие на каждый электрон в проводе?
7. Чему равна работа силы Лоренца?
8. Построить график зависимости индукционного тока в кольце от времени, если индукция магнитного поля зависит от времени, как показано на рис. 39.
9. Сформулируйте правило Ленца. Найдите направление индукционного тока в прямоугольном контуре, удаляемом от прямого проводника с током I (рис. 40).
10. Прямой постоянный магнит падает внутри медной трубы, не касаясь стенок. Будет ли его падение свободным?
11. Почему опасно затормаживать якорь электромотора?

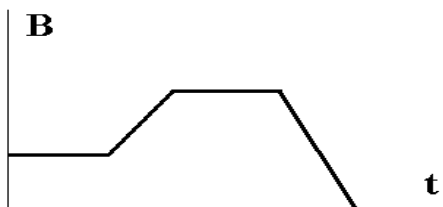


Рис. 39:

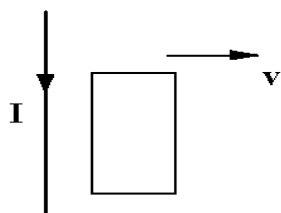


Рис. 40:

12. К клеммам аккумулятора с напряжением U подключен электромотор (рис. 41). Сопротивление подводящих проводов r . Построить график зависимости от силы тока в цепи механической мощности на валу электромотора, полной мощности в цепи, мощности тепловых потерь в цепи и КПД цепи.
13. Если нет перемещения тела, то нет и работы в механическом смысле. На что же расходуется энергия, подводимая к электромагниту, когда он держит груз?
14. Какие из частиц катодных лучей отклоняются на больший угол одним и тем же магнитным полем: более быстрые или более медленные?
15. Почему трансформатор выходит из строя в том случае, если хотя бы один виток обмотки замкнется накоротко?

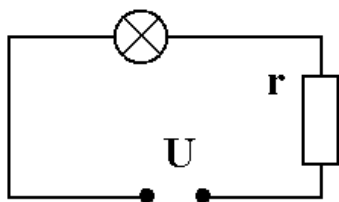


Рис. 41:

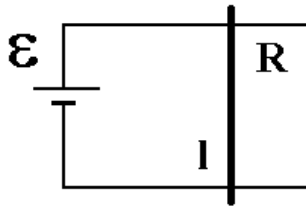


Рис. 42:

16. Как надо двигать в магнитном поле Земли медное кольцо, чтобы в нем возбуждался индукционный ток?
17. Какова физическая причина возникновения разности потенциалов на концах металлического провода при его движении в магнитном поле?
18. На концах крыльев самолета, летящего в магнитном поле Земли, возникает разность потенциалов. Нельзя ли это напряжение использовать, например, для освещения салона самолета?
19. В короткозамкнутую катушку один раз быстро, другой раз медленно вдвигают магнит. Одинаковый ли заряд переносится при этом индукционным током? Одинаковую ли работу против электромагнитных сил совершает сила, вдвигающая магнит?
20. На П-образную конструкцию из сверхпроводника положен металлический стержень с сопротивлением R (рис. 42). ЭДС источника ε , внутреннее сопротивление нулевое. Стержень передвигают вправо (влево) со скоростью v . Длина стержня l . Будет ли сила тока I в цепи определяться законом Ома как $I = \varepsilon/R$? Если нет, то чему равен ток?
21. С какой скоростью и в какую сторону следует двигать стержень, показанный на рис. 42, чтобы в цепи не было тока?
22. Кольцо площади S из сверхпроводника пронизано внешним магнитным полем с индукцией B , перпендикулярной плоскости кольца. Поле отключают. Чему будет равен магнитный поток через кольцо после отключения внешнего поля?
23. Дайте определение магнитного момента контура с током. Чему равен механический момент, действующий на контур с током,

помещенный в магнитное поле? Что такое прецессия магнитного момента кругового тока в магнитном поле. Что является физической причиной диамагнетизма вещества?

24. Дайте классификацию магнетиков, исходя из величины магнитной проницаемости вещества.
25. Что такое собственный магнитный момент электрона? В чем причина пара- и ферромагнетизма? Что такое магнитные домены?

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

1. Что такое световой луч? Вспомните как вводится понятие светового луча, исходя из представления о зонах Френеля.
2. Сформулируйте законы отражения и преломления света.
3. Что такое показатель преломления вещества? Как в зависимости от показателя преломления меняется скорость света и длина световой волны при переходе из среды в среду? Меняется ли при этом частота световой волны?
4. Что такое явление полного внутреннего отражения? Что такое предельный угол полного внутреннего отражения? Как он связан с показателями преломления тех сред, на границе которых наблюдается это явление?
5. Постройте изображение светящейся точки в плоском зеркале.
6. Источник света находится между двумя плоскими зеркалами, образующими прямой угол (рис. 43) Сколько изображений дают эти зеркала и где эти изображения расположены?
7. Человек идет по направлению к плоскому зеркалу со скоростью v . С какой скоростью он приближается к своему изображению?
8. Луч падает на плоское зеркало нормально. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если зеркало повернуть на угол α ?

9. Как изменится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение?
10. Может ли плоское зеркало дать действительное изображение?
11. Что такое гомоцентрический пучок?
12. В чем разница между действительным и мнимым изображением?
13. Что такое параксиальный пучок лучей?
14. Объясните смысл следующих понятий: а) главная и побочная оптические оси; б) главные и побочные фокусы и фокусное расстояние; в) фокальная плоскость; г) оптическая сила линзы.
15. Построить ход трех характерных лучей через собирающую линзу.
16. Построить ход трех характерных лучей через рассеивающую линзу.
17. Написать формулу тонкой линзы в соответствии с правилом знаков. Вывести формулу Ньютона.
18. Можно ли с помощью рассеивающей линзы получить: а) действительное изображение действительного предмета? б) увеличенное изображение предмета?
19. Какая точка, лежащая на главной оптической оси собирающей линзы «переводится» линзой сама в себя?
20. На каком расстоянии надо поместить предмет перед собирающей линзой, чтобы расстояние от предмета до его действительного изображения было наименьшим?
21. Что такое принцип оптической обратимости?
22. Почему, оставляя предмет и экран неподвижными и передвигая между ними линзу, можно получить на экране два отчетливых изображения предмета? Верно ли, что одно из них будет увеличенным, а другое уменьшенным?
23. Выведите формулу увеличения для собирающей и рассеивающей линз.



Рис. 43:

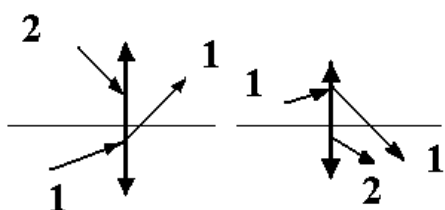


Рис. 44:

24. Как следует расположить две собирающие линзы, чтобы входящий параллельный пучок света после прохождения через них остался параллельным?
25. Как следует взаимно расположить собирающую и рассеивающую линзы, чтобы входящий параллельный пучок света после прохождения через них остался параллельным?
26. На рис. 44 изображен ход луча 1. Как идет луч 2?
27. На рис. 45 показан ход луча 1. Как идет луч 2?

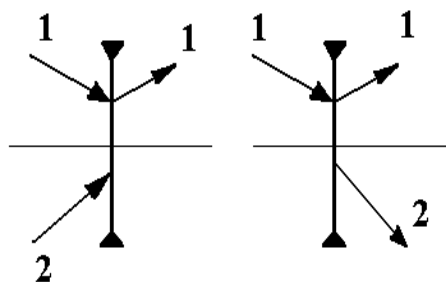


Рис. 45:

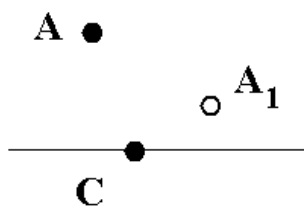


Рис. 46:

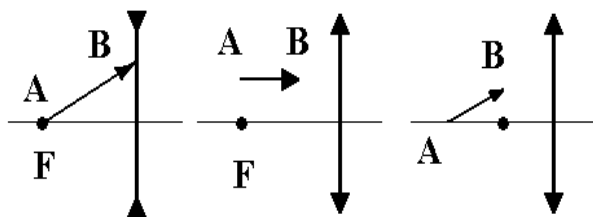


Рис. 47:

28. На рис. 46 показаны главная оптическая ось, светящаяся точка A и ее изображение A_1 . Определите положение линзы и ее фокуса. Постройте изображение точки C .
29. Построить изображение предметов, представленных на рис. 47.
30. Построить изображение светящейся точки S , расположенной на главной оси собирающей линзы, если известен ход луча 1 — 1 (рис. 48)
31. Построить изображение светящейся точки S , расположенной на главной оптической оси рассеивающей линзы, если известен ход луча

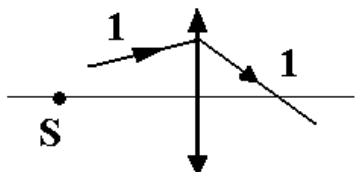


Рис. 48:

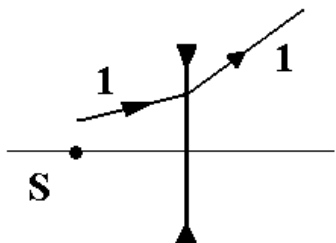


Рис. 49:

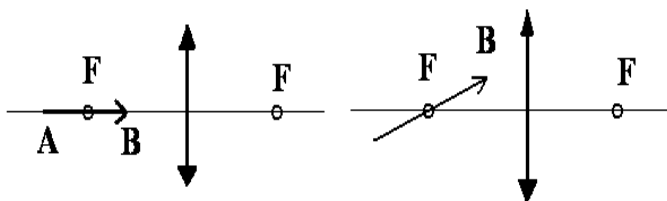


Рис. 50:

1 — 1 (рис. 49).

32. Построить изображение предметов в линзах, показанных на рис. 50.
33. На рис. 51 а, б показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1 . Постройте линзу и изображение точки C .
34. На рис. 52 а, б показано положение предмета AB и его изображения A_1B_1 . Постройте линзу и изображение точки C .
35. На рис. 53 показано положение предмета AB и непрозрачного экрана перед собирающей линзой. Постройте изображение предмета.

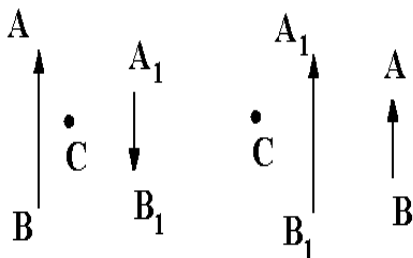


Рис. 51:

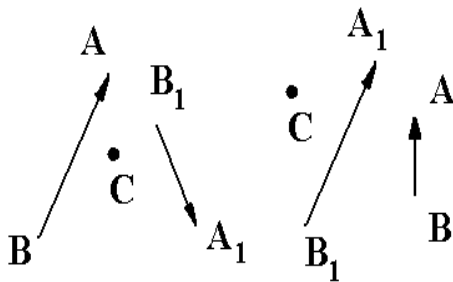


Рис. 52:

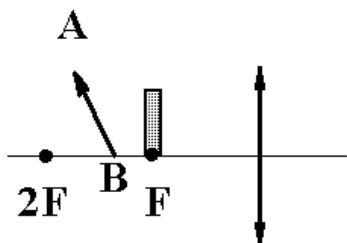


Рис. 53:

36. Как изменится изображение, полученное на экране при помощи собирающей линзы, если закрыть рукой верхнюю половину линзы?

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

1. Что такое интерференция волн? Какие волны называются когерентными? Откуда берется свет? Что такое цуг волн, испускаемый атомом? Что колеблется в световой волне? Запишите условие усиления и ослабления двух волн в результате интерференции.
2. Почему интерференционные полосы хорошо различимы только в тонких пленках и не наблюдаются, например, в случае толстого куска стекла?
3. Какова должна быть наименьшая толщина мыльной пленки с показателем преломления $n = 1,3$, чтобы при освещении ее белым светом, перпендикулярным плоскости пленки, пленка казалась зеленой (длина волны зеленого света $\lambda = 0,5$ мкм). Наблюдение проводится: а) в отраженном свете; б) в проходящем свете?

4. Имеется плоская щель в стекле. Щель освещается солнечным светом, перпендикулярным плоскости щели. Какова должна быть наименьшая толщина щели, чтобы она казалась нам зеленой (длина волны зеленого света $\lambda = 0,5$ мкм). Наблюдение проводится: а) в отраженном свете; б) в проходящем свете?
5. Почему при наблюдении колец Ньютона в отраженном свете в центре интерференционной картинки мы видим темное, а в проходящем свете - светлое пятно?
6. Сформулировать принцип Гюйгенса–Френеля. Используя его объяснить «затекание» света в область геометрической тени при падении плоской электромагнитной волны на щель в непрозрачном экране. Используя понятие вторичных волн, объяснить качественно причину возникновения главных дифракционных максимумов и минимумов при дифракции плоской электромагнитной волны на дифракционной решетке.
7. При дифракции плоской электромагнитной волны на щели в центре дифракционной картинки на экране всегда наблюдается максимум света. При дифракции сферической волны на круглом отверстии в центре дифракционной картинки можно наблюдать как светлое, так и темное пятно. С чем это связано?
8. При падении света (огромного числа фотонов) на дифракционную решетку на поставленном за решеткой экране мы наблюдаем всем известную дифракционную картинку. Заменяем экран светочувствительной фотографической пластинкой и будем посылать на решетку то же самое количество фотонов, но не сразу, а один за другим, с некоторым интервалом. Увидим ли мы знакомую картинку после проявления пластинки?
9. Что такое плоскость поляризации световой волны? Чем плоскополяризованный свет отличается от естественного? Расскажите о способах получения поляризованного света. Поляризован ли лунный свет? Что такое угол Брюстера? Всегда ли падающий на слабопоглощающую плоскую поверхность свет отражается? Сформулируйте закон Малюса.

10. Что такое частично поляризованный свет? Суперпозицией каких волн может быть представлен частично поляризованный свет? После пропускания частично поляризованного света через поляризатор было найдено, что максимальная и минимальная интенсивности прошедшего света равны соответственно I_{max} и I_{min} . Как определяется степень поляризации P света, падающего на поляризатор?
11. Естественный свет интенсивности I_e проходит через два поляризатора, плоскости которых повернуты на угол ϕ друг относительно друга.
а) Как поляризован свет на выходе из системы? б) Чему равна интенсивность света и степень поляризации за первым и вторым поляризаторами?
12. Два скрещенных поляризатора P_1 и P_2 расположены на пути естественного света интенсивности I_e . Между ними помещают третий поляризатор P_3 . Как должна быть ориентирована его плоскость, чтобы интенсивность света, прошедшего через всю систему, была максимальной? Чему она равна?
13. Естественный свет падает под углом Брюстера на границу вакуум-диэлектрик. Под каким углом распространяются отраженная и преломленная волны? Как они поляризованы?
14. Будет ли наблюдаться интерференция двух когерентных световых волн взаимно ортогональной поляризации?
15. Дать определение энергетической светимости тела, какова ее размерность? Что такое спектральная плотность энергетической светимости или излучательная способность? Что такое поглощательная способность? Излучательная способность некоторого тела определяется выражением $r_\omega = r_0 \exp(-\alpha t)$, где r_0 и α - некоторые постоянные. Определить энергетическую светимость тела.
16. Нарисовать на одном и том же графике зависимость от частоты (длины волны) излучательной способности абсолютно черного тела при двух различных температурах. Сформулировать два закона Вина.
17. Как будет выглядеть белая надпись на красном фоне, если ее осветить зеленым светом?

18. Чем объяснить белый цвет снега, черный цвет сажи, красный цвет флага, зеленый цвет листьев?
19. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?
20. Верно ли, что в том месте, где дуга радуги упирается в землю находится глиняный горшок с золотыми монетами?
21. Частота ω и длина волны λ фотона связаны соотношением $\omega = 2\pi c/\lambda$, где c - скорость света в вакууме. При переходе света из воздуха в воду длина волны света уменьшается в n раз (n - показатель преломления воды). Частота света при этом не меняется. Как быть?
22. Как известно, показатель преломления среды n связан с ее диэлектрической и магнитной проницаемостями и соотношением $n = \sqrt{\epsilon\mu}$. Для воды $\epsilon = 81$, $\mu = 1$. Получается, что $n = 9$. Между тем, в таблицах указано, что $n = 1,33$. В чем тут дело?
23. Что такое рэлеевские частицы? Сформулируйте закон Рэля для рассеяния света малыми частицами. Какова угловая зависимость интенсивности рассеянного рэлеевской частицей света? Как она чувствительна к типу поляризации света? Почему небо голубого цвета, а солнце на закате красное? Почему светофильтры в фотоаппаратах желтые или оранжевые?
24. Как с помощью вольт-амперной характеристики фотоэлемента определить число электронов, выбиваемых светом с поверхности катода в единицу времени?
25. При освещении катода фотоэлемента монохроматической световой волной в его цепи течет ток насыщения I_H . Изобразить зависимость этого тока от концентрации n фотонов. От какого параметра зависит угловой коэффициент графика?
26. Изобразить зависимость максимальной кинетической энергии T_{max} фотоэлектронов от частоты ω света. Работа выхода электрона из металла равна A .
27. Считая, что средняя длина волны излучения лампочки накаливания $\lambda = 1200$ нм, найти число фотонов N , испускаемых ею в единицу времени. Мощность лампочки $P = 100$ Вт.

28. Показать, исходя из законов сохранения, что процесс, при котором покоящийся свободный электрон поглощает падающий на него фотон, невозможен.

АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ.СТО

1. Выразить дебройлевскую длину волны λ релятивистской частицы массой m через ее: а) скорость v ; б) кинетическую энергию T .
2. Используя соотношение неопределенностей Гейзенберга, оценить минимальную кинетическую энергию E_{min} электрона, локализованного в области пространства с линейными размерами порядка: а) $a \sim 10^{-10}$ м (атом); б) $a \sim 10^{-15}$ м (атомное ядро).
3. Изобразить в масштабе схему уровней атома водорода. Указать на ней переходы, соответствующие серии Лаймана, Бальмера, Пашена. Для серии Лаймана указать переход, соответствующий наибольшей длине волны излучаемого атомом света. Показать на данной схеме энергию ионизации атома? Что такое электрон-вольт? В связи с чем энергия электрона в атоме водорода отрицательная?
4. Записать нестационарное уравнение Шредингера для частицы массой m , движущейся вдоль оси x во внешнем поле с потенциалом $U(x)$. В каком случае это уравнение переходит в стационарное уравнение Шредингера? Запишите его. Каков физический смысл волновой функции?
5. Состояние атома водорода в сферической системе координат задано пси-функцией $\psi(r, \theta, \phi)$. Записать выражение для элементарной вероятности обнаружить электрон на расстоянии от r до $r + dr$ в интервале азимутального угла от θ до $\theta + d\theta$ и полярного угла от ϕ до $\phi + d\phi$.
6. Что такое квантовые числа электрона в атоме водорода? Какие характеристики электрона описываются главным квантовым числом, орбитальным и магнитным квантовыми числами? Какие значения могут принимать эти числа?

7. Что такое квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса микроскопической частицы на заданную ось? Квантуется ли координата и импульс такой частицы?
8. Как определяется момент импульса частицы в классической механике и как записывается момент импульса микроскопической частицы через орбитальное квантовое число l ? Ответьте на тот же вопрос, касающийся проекции момента импульса на заданную ось.
9. Какую величину характеризует спиновое квантовое число электрона? Что такое спиновый момент импульса электрона? Как спиновый момент импульса и его проекция на заданную ось выражаются через спиновое квантовое число электрона s ? Чему равно s для электрона?
10. Что такое орбитальный магнитный момент электрона? Как он связан с механическим моментом? Что такое гиромагнитное отношение? Что такое спиновый магнитный момент электрона? Как спиновый магнитный момент и его проекция на заданную ось выражаются через спиновое квантовое число?
11. Используя представление о квантовых числах электрона, сформулируйте принцип Паули.
12. Сравните квантовые числа электрона в атоме водорода и квантовые числа электрона в металле. Как устроены энергетические уровни электрона в массивном металле? Какого порядка расстояния между энергетическими уровнями электрона в металле? Как идет заполнение этих уровней? Что такое уровень Ферми?
13. Атомное ядро принято обозначать символом A_ZX . Сколько в таком ядре протонов и сколько в нем нейтронов? Как называются верхний и нижний индексы в символе химического элемента X ?
14. Что такое дефект масс атомного ядра и что такое энергия связи?
15. Запишите основной закон радиоактивного распада. Что такое постоянная радиоактивного распада λ ? Что такое период полураспада $T_{1/2}$ и как период полураспада связан с постоянной распада λ ? Что такое активность радиоактивного образца? В чем она измеряется?

16. Определить периметр квадрата со стороной a , движущегося со скоростью $c/2$ вдоль одной из своих сторон.
17. Чему равна плотность стального кубика с точки зрения наблюдателя, движущегося вдоль одного из его ребер со скоростью $c/2$?
18. Известны импульс и энергия релятивистской частицы. Найти ее скорость и массу.
19. Найти относительную скорость двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростями $c/2$.
20. Диэлектрический куб движется вдоль одного из своих ребер с околосветовой скоростью. Согласно СТО, происходит лоренцево сокращение размера куба вдоль этого направления, в то время как в перпендикулярных направлениях размеры куба остаются прежними. "Рассыпят" ли куб в порошок, возникающие при этом механические напряжения? Разрушатся ли под действием аналогичных напряжений периферийные области вращающегося с огромной скоростью жесткого диска?
21. Вытекающий из СТО парадокс близнецов заключается в следующем. Один из братьев близнецов остается на Земле, а другой отправляется в космическое путешествие, развивая при этом околосветовую скорость. Возвратившийся астронавт обнаруживает, своего брата значительно более постаревшим, чем он сам. Это не удивляет - мы знаем, что с точки зрения оставшегося на Земле человека время на движущемся космическом корабле течет медленнее, чем время на Земле (кстати, объясните "на пальцах" почему). Однако, в системе отсчета улетевшего астронавта именно он неподвижен, а оставшийся на Земле его брат-близнец движется. Получается, что постареть-то должен совсем не тот брат. Как объяснить парадокс парадокса близнецов?

Сборник качественных задач и вопросов по физике

Максименко Владимир Викторович
Мосунов Александр Викторович
Пулькин Игорь Сергеевич
Соловьёв Игорь Алексеевич

Оригинал-макет подготовлен в пакете L^AT_EX 2_ε
Книга издаётся в авторской редакции

Редакционно-издательский отдел ГУЗа
Лицензия № 020484 от 02.02.1998 г.
Подписано в печать 10.09.2007 г. Сдано в производство 14.09.2007 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,1. Уч.-изд. л. 1,1.
Тираж 300 экз. Заказ № .

Участок оперативной полиграфии ГУЗа.
Москва, ул. Казакова, 15.