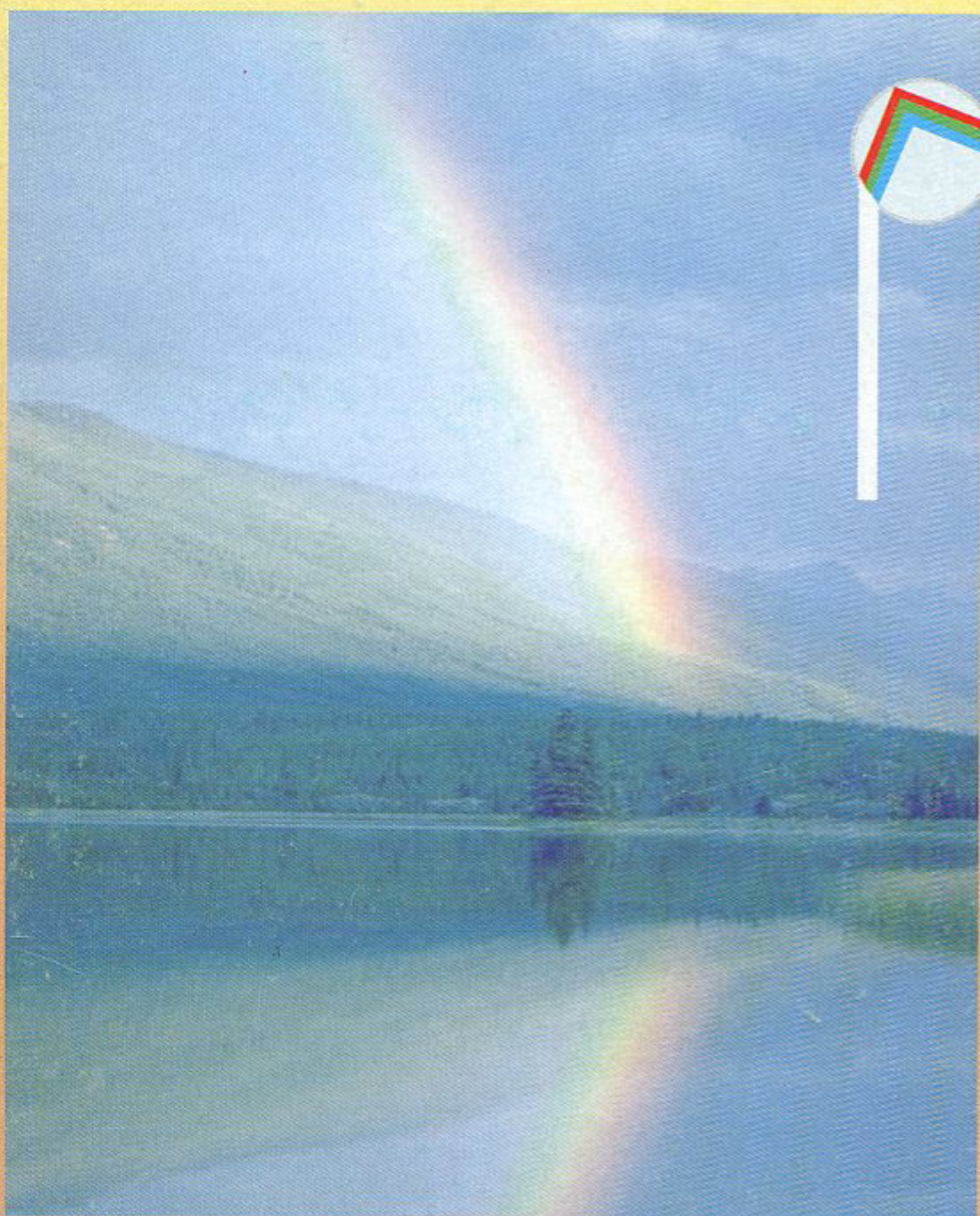


И. М. Гельфгат, И. Ю. Ненашев

ФИЗИКА

11

СБОРНИК ЗАДАЧ



ББК 22.2 я 72.3

Г32

Рецензенти:

І.М. Колупасв — кандидат фізико-математичних наук

Т.В. Лободюк — заслужений учитель України

Гельфгат І.М., Ненашев І.Ю.

Г32 Фізика-11. Збірник задач. — Харків: Гімназія, 2004 — 96 с.

Рос. мовою.

ISBN 966-689-054-2

Книга адресована учащимся общеобразовательных школ, а также гимназий и лицеев. Книга содержит задачи по физике для 11 класса, дифференцированные по сложности в соответствии с принятой в Украине 12-балльной системой оценивания учебных достижений учащихся. В каждом разделе выделены ключевые задачи, к которым приведены решения. Выделены также качественные задачи и вопросы.

ББК 22.2 я 72.3

ISBN 966-689-054-2

© Гельфгат І.М., Ненашев І.Ю.



СОДЕРЖАНИЕ

К читателю	4
1. Механические колебания	5
2. Механические волны. Звук	9
3. Электромагнитная индукция	12
4. Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. Переменный ток	17
5. Закон Ома для цепи переменного тока. Мощность в цепи переменного тока	23
6. Электромагнитные волны. Физические основы радиотехники	27
7. Волновые свойства света. Цвет	33
8. Скорость света. Отражение, преломление, дисперсия света	37
9. Элементы теории относительности	43
10. Световые кванты	45
11. Физика атома	49
12. Физика атомного ядра. Элементарные частицы	51

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

13. Механика	57
14. Молекулярная физика	63
15. Электрические и магнитные явления	67
Ответы, указания, решения	73
Приложение	89

К ЧИТАТЕЛЮ

- Книга адресована учащимся общеобразовательных школ, а также гимназий и лицеев.
- Книга полностью соответствует действующей программе по физике, утвержденной Министерством образования и науки Украины.
- Книга содержит задачи по физике для 11 класса, дифференцированные по сложности на три уровня в соответствии с принятой в Украине 12-балльной системой оценивания учебных достижений учащихся. Для достижения достаточного уровня необходимо проработать задачи среднего и достаточного уровней, для достижения высокого уровня необходимо проработать задачи среднего, достаточного и высокого уровней.
- В каждом разделе выделены ключевые задачи, к которым даны полные решения (такие задачи отмечены знаком ) , а также качественные задачи и вопросы (они отмечены знаком ).
- Разделы «Механика», «Молекулярная физика», «Электрические и магнитные явления» предназначены для итогового повторения школьного курса физики.
- Разделы «Закон Ома для цепи переменного тока. Мощность в цепи переменного тока» и «Скорость света. Отражение, преломление, дисперсия света» предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.
- Справочный материал, необходимый для решения задач, помещен в Приложении.
- Ответы к задачам округлены согласно правилам приближенных вычислений.



Авторы признательны рецензентам Т.В. Лободюк и И.Н. Колупаеву за полезные замечания. Большую помощь в работе над книгой оказала администрация Физико-математического лицея № 27 г. Харькова.

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Пример решения задачи

Каково ускорение a свободного падения на планете, если за $t = 20$ с гаечный ключ, опущенный на нити длиной $l = 2$ м из люка «приземлившегося» космического корабля, совершил $n = 5$ полных колебаний?

Дано:

$$t = 20 \text{ с}$$

$$l = 2 \text{ м}$$

$$n = 5$$

$$a = ?$$

Решение.

Гаечный ключ на длинной нити можно считать мате-

матическим маятником, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$.

С другой стороны, $T = \frac{t}{n}$.

Отсюда получаем $a = \frac{4\pi^2 n^2 l}{t^2}$.

$$[a] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, \quad a = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 5^2 \cdot 2}{20^2} \approx 4,9 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

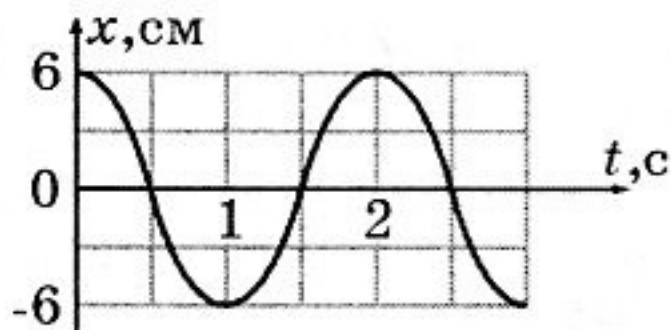
Ответ. 4,9 м/с².

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

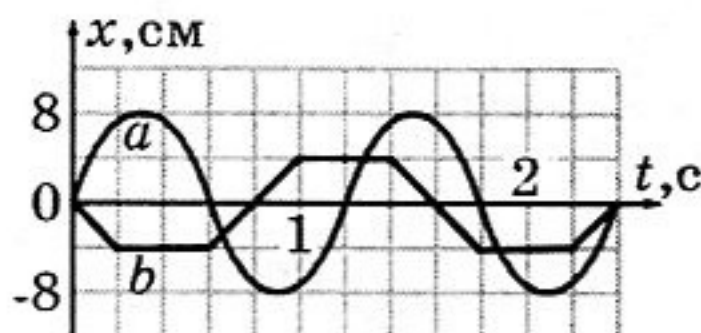
- 1.1. Колеблющаяся от ветра ветка каждые две секунды ударяет в оконное стекло. Найдите период и частоту колебаний ветки.
- 1.2. Каковы период и частота колебаний прицепа массой 110 кг на рессорах с общей жесткостью 12 кН/м?
- 1.3. ? Как изменится период колебаний пружинного маятника, если амплитуду колебаний увеличить в два раза?
- 1.4. Колебание описывается формулой $x = 0,12 \sin 20\pi t$. Найдите амплитуду, частоту и период колебания.
- 1.5. ? Когда в цехе установили новый станок, стала ощущаться сильная вибрация пола. Как можно устранить или намного уменьшить эту вибрацию?

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 1.6. Частота колебаний струны равна 1,2 кГц. Сколько колебаний совершает точка струны за 0,5 мин? Какой путь проходит за это время точка струны, амплитуда колебаний которой равна 2 мм?
- 1.7. На рисунке приведен график гармонического колебания. Найдите амплитуду, частоту и период колебания. Запишите формулу зависимости $x(t)$.



К задаче 1.7



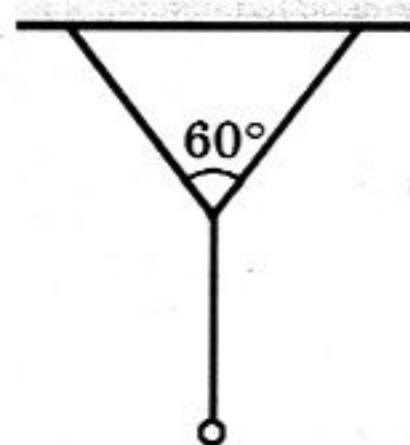
К задаче 1.8

- 1.8. На рисунке приведены графики двух колебаний. Найдите период, частоту и амплитуду каждого из колебаний. Для случая a запишите формулу зависимости $x(t)$.
- 1.9. ? Если ночью сфотографировать раскачивающуюся лампочку, то при длительной экспозиции на фотографии будет видна светлая полоса. Почему края этой полосы светлее, чем середина?
- 1.10. В каюте пассажирского судна установлены часы с маятником. Сколько колебаний совершает маятник во время перехода длиной 800 км, если средняя путевая скорость судна равна 20 км/ч, а частота колебаний маятника равна 1 Гц?
- 1.11. Найдите жесткость пружины, если подвешенный на ней груз массой 700 г совершает 18 колебаний за 21 с.
- 1.12. Во сколько раз изменится период колебаний банки с песком, если в результате высыпания песка полная масса банки уменьшится в 2 раза? Банка подвешена: а) на длинной нити; б) на пружине (колебания вертикальные).
- 1.13. ? Как изменится период колебаний железного шарика на нити, если немного ниже положения равновесия шарика поместить включенный электромагнит?
- 1.14. ? Куда надо передвинуть чечевицу маятника (груз на стержне), если часы спешат?
- 1.15. ? Космонавт взял с собой на Луну наручные механические часы и маятниковые часы. Какие из них идут на Луне так же, как на Земле?

- 1.16. ? Как изменится ход маятниковых часов, если их вынести зимой на балкон?
- 1.17. ? Как изменился ход маятниковых часов, привезенных из Киева на научную станцию в Антарктиде?
- 1.18. Пружинный маятник совершил за некоторое время 16 колебаний. Когда массу груза увеличили на 200 г, маятник совершил за такое же время 15 колебаний. Какова была начальная масса груза?
- 1.19. Каково отношение длин двух математических маятников, если один из них совершает 31 колебание за то же время, за которое второй совершает 20 колебаний?
- 1.20. Ученик изготовил два пружинных маятника, используя для этого одинаковые пружины и грузы одинаковых размеров. Он обнаружил, что алюминиевый груз совершает 45 колебаний за то же время, за которое второй груз совершает 22 колебания. Из какого материала может быть изготовлен второй груз?
- 1.21. Когда к пружине подвесили груз, она растянулась на 20 см. Груз отвели вниз и отпустили. Каков период T возникших колебаний?
- 1.22. ? Грузу массой $m = 900$ г, висющему на пружине жесткостью $k = 360$ Н/м, сообщили толчком вертикальную скорость $v = 10$ см/с. Какова амплитуда A возникших колебаний?
- 1.23. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине жесткостью 160 Н/м. Амплитуда колебаний равна 5 см. Найдите наибольшую скорость груза.
- 1.24. В вагоне поезда подвешен маятник длиной 1 м. При движении поезда маятник раскачивается от толчков на стыках рельсов. При какой скорости поезда маятник раскачивается особенно сильно, если длина рельсов 25 м?
- 1.25. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине жесткостью 160 Н/м. Амплитуда колебаний равна 5 см. Найдите скорость груза в тот момент, когда он находится на расстоянии 3 см от положения равновесия.
- 1.26. Шарик на нити совершает за некоторое время 26 колебаний. Если длину нити изменить на 5 см, шарик совершит за то же самое время 24 колебания. Какова длина нити?
- 1.27. Лифт движется с ускорением 1 м/с². Найдите период колебаний маятника длиной 1 м, находящегося в лифте. Рассмотрите два случая: а) ускорение лифта направлено вверх; б) ускорение лифта направлено вниз.

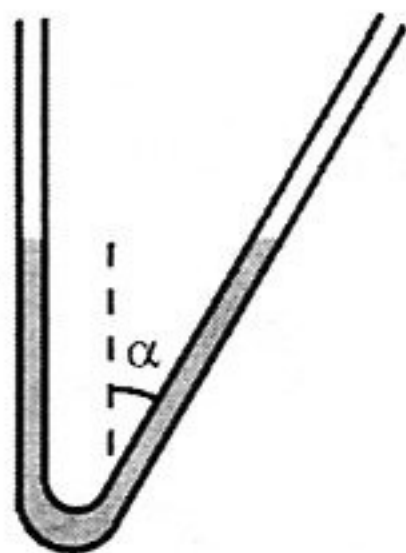
ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 1.28. ? Стрелок целится в быстро вибрирующую круглую мишень, амплитуда колебаний которой чуть меньше радиуса R . Куда следует целиться, чтобы: а) наверняка поразить мишень; б) иметь наибольшие шансы попасть в центр мишени? Считайте, что стрелок попадает всегда именно в ту точку, в которую целится.
- 1.29. Период колебаний груза, подвешенного на резиновом жгуте, равен 1 с. Каким станет период колебаний, если жгут сложить пополам?
- 1.30. На рисунке показан т. н. бифилярный маятник. Каков период колебаний, происходящих: а) в плоскости рисунка; б) перпендикулярно плоскости рисунка? Длина каждой из нитей равна l .
- 1.31. Грузу, висющему на нити длиной 1,5 м, сообщили толчком горизонтальную скорость 10 см/с. Какова амплитуда возникших колебаний?
- 1.32. Шарик на нити длиной 1 м совершает колебания с амплитудой 6 см. Какова максимальная скорость шарика? В какой точке она достигается?
- 1.33. К пружине поочередно подвешивают два груза. В первом случае период колебаний пружинного маятника 0,5 с, а во втором случае 1,2 с. Каким будет период колебаний, если к той же пружине подвесить оба груза?
- 1.34. Груз поочередно подвешивают к двум пружинам. В первом случае период колебаний груза равен T_1 , а во втором случае T_2 . Каким будет период колебаний, если тот же груз подвесить к обеим пружинам, соединенным: а) параллельно; б) последовательно?
- 1.35. 🗝 Капитан корабля, отправляясь на отдых в горы, взял с собой маятниковые часы, которые много лет шли в его каюте точно. На какой высоте над уровнем моря поселился капитан, если в его комнате часы каждые сутки отстают на 30 с?
- 1.36. Маятник часов представляет собой легкий стержень, на котором укреплен массивный небольшой груз. Когда расстояние от груза до точки подвеса маятника равно 1 м, часы отстают за сутки на 10 мин. Куда и на сколько следует переместить груз, чтобы часы шли правильно?
- 1.37. Маятниковые часы в горах на высоте 5 км идут точно. Как будут идти эти часы на уровне моря?
- 1.38. Мальчик прыгнул на плавающую в реке льдину площадью 3 м^2 и толщиной 30 см. Найдите период вертикальных колебаний льдины, если масса мальчика равна 50 кг.




К задаче 1.30

1.39. В тонкой стеклянной трубке находится вода (см. рисунок). Высота уровня воды равна h , радиус изгиба можно считать малым. Найдите период колебаний уровня воды.



К задаче 1.39

1.40. Горизонтальная поверхность совершает вертикальные колебания с постепенно увеличивающейся амплитудой. Частота колебаний равна 20 Гц. При какой амплитуде колебаний лежащие на поверхности песчинки отрываются от нее?

1.41.  Два одинаковых шарика с массами m , находящиеся на гладкой горизонтальной поверхности, соединены легкой пружиной. Пружину растянули и отпустили. Каков период T возникших колебаний, если жесткость пружины k ?

1.42. На нити висит шарик массой m , к которому с помощью пружины жесткостью k подвешен шарик массой $2m$. Нить пережигают. Каков период колебаний, происходящих при падении?


2. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ. ЗВУК

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

2.1. Какова скорость морских волн, если они поднимают плавучий буй каждые 1,5 с, а расстояние между гребнями соседних волн равно 6 м?

2.2. Наблюдатель услышал звук артиллерийского выстрела через 6 с после того, как увидел вспышку. На каком расстоянии от него находилось орудие?

2.3.  В большинстве голливудских фантастических фильмов космические сражения сопровождаются страшным грохотом. Может ли он возникать на самом деле?

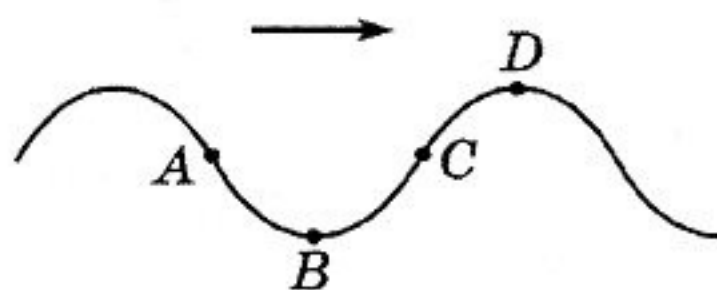
2.4. На каком расстоянии от отвесной скалы находится человек, если, хлопнув в ладоши, он через 1 с услышал эхо хлопка?

2.5. Камертон является источником звуковых волн с частотой 440 Гц. Какова длина этих звуковых волн в воздухе? В стекле?

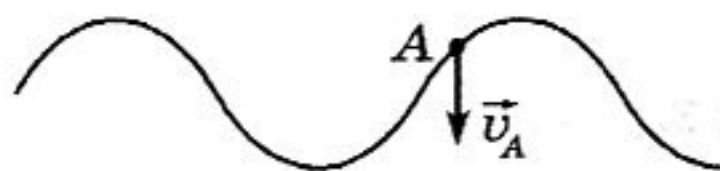
2.6. Длина звуковых волн, излучаемых скрипкой, может изменяться от 23 мм до 1,3 м. Каков диапазон частот скрипки?

2.7. Какова скорость звука в материале, в котором звуковые волны с частотой 900 Гц имеют длину волны 5 м?

- 2.8. Подводная лодка всплыла на расстоянии 100 м от берега, вызвав волны на поверхности воды. Волны дошли до берега за 20 с, причем за последующие 15 с было 30 всплесков волн о берег. Каково расстояние между гребнями соседних волн?
- 2.9. ? У одного из космонавтов, находящихся в скафандрах на поверхности Луны, вышло из строя радиопереговорное устройство. Может ли этот космонавт переговариваться со стоящими рядом товарищами? Если может, то как именно?
- 2.10. ? Продольные или поперечные волны возникают: а) в струнах при игре на гитаре; б) в воздушном столбе внутри духовой трубы, когда музыкант дует в трубу; в) на поверхности воды, если ударить по воде ладонью?
- 2.11. ? Почему раскаты грома намного продолжительнее вспышки молнии?
- 2.12. ? Самолет летит со сверхзвуковой скоростью. Слышен ли в кабине пилота звук работы двигателя, находящегося позади кабины?
- 2.13. ? Для чего басовые струны гитар оплетают проволокой?
- 2.14. ? Стекло проводит звуковые волны значительно лучше, чем воздух. Почему же, закрывая окно, мы намного ослабляем попадающий в комнату уличный шум?
- 2.15. ? Обязательно ли более громкому звуку соответствует большая амплитуда звуковой волны?
- 2.16. ? Если ударить молотком по одному концу длинной стальной трубы, то у другого конца будет слышен *двойной* удар. Почему?
- 2.17. ? Как изменяются частота и длина волны звука при переходе из воздуха в воду?
- 2.18. Летучая мышь с помощью своего «звуколокатора» измеряет в темноте расстояние до предметов с точностью до 5 мм. С какой точностью она «измеряет» время между излучением и приемом ультразвукового сигнала?
- 2.19. ? На рисунке показана бегущая по натянутой нити поперечная волна. Как направлены скорости точек A , B , C , D ?



К задаче 2.19



К задаче 2.20

- 2.20. ? В какую сторону движется показанная на рисунке волна?
- 2.21. ? Кто чаще взмахивает крыльями в полете: шмель или комар?

2.22. ? Почему музыка и голоса певцов по-разному звучат в пустом зале и в зале, заполненном публикой?

2.23. ? Почему такие материалы, как кирпич и вата, обладают хорошими звукоизоляционными и теплоизоляционными свойствами?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

2.24. Сирена пожарной машины включается каждые две секунды. С какой скоростью мчится эта машина, если наблюдатель, к которому она приближается, слышит звуки сирены с интервалом 1,8 с?

2.25. Сверхскоростной поезд движется со скоростью, в 3 раза меньшей скорости звука в воздухе. Чтобы отпугнуть птиц, на крыше локомотива установлен мощный громкоговоритель, излучающий звук с частотой 4 кГц. Звук какой частоты услышит хомячок, сидящий на железнодорожном полотне: а) впереди поезда; б) позади поезда?

2.26. Самолет летит горизонтально с постоянной скоростью, превышающей скорость звука в воздухе в n раз. Где должен находиться наблюдатель, чтобы слышать звук самолета?

2.27. Самолет летит горизонтально с постоянной скоростью. Когда наблюдатель слышит, что самолет находится над ним, он видит самолет под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Какова скорость самолета?

2.28. Артиллерист услышал звук разрыва снаряда, выпущенного под углом 45° к горизонту, через 2 мин 30 с после выстрела. Какова была начальная скорость снаряда?

2.29. В океане на небольшой глубине произведен взрыв. Гидроакустики корабля, находящегося на расстоянии 2,25 км от места взрыва, зафиксировали два звуковых сигнала, второй через 1 с после первого. Какова глубина океана в этом районе?

2.30. Вода движется со скоростью v по длинной горизонтальной трубе. Трубу быстро перекрывают жесткой заслонкой. Найдите силу F , с которой вода давит на заслонку, если площадь поперечного сечения трубы равна S .

2.31^{*)}. С какими частотами может колебаться воздушный столб в закрытой с обоих концов трубе длиной 1,7 м?

2.32^{*)}. Над цилиндрическим сосудом высотой 1,6 м звучит камертон с частотой колебаний 340 Гц. В сосуд медленно наливают воду. При каких положениях уровня воды в сосуде звучание камертона значительно усиливается?

2.33^{*)}. При какой глубине озера в нем могут возникать инфразвуковые колебания с частотой 7,5 Гц?

^{*)} Задачи 2.31 — 2.33 предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

$$\Phi = BS \cos \alpha, \mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, W_M = \frac{LI^2}{2}$$

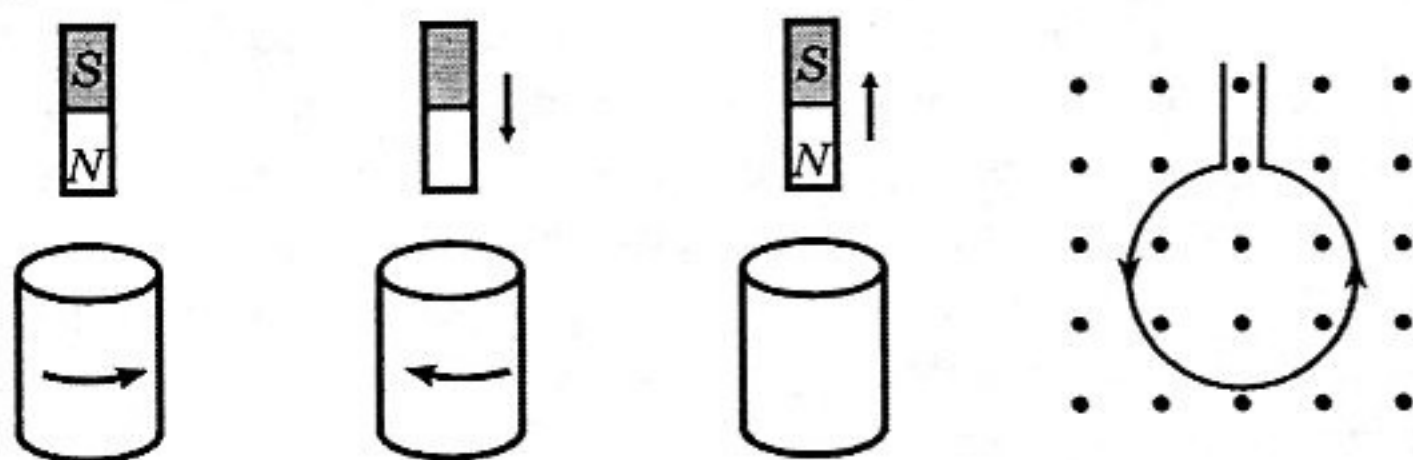
СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 3.1. ?** Как надо ориентировать проволочную рамку в однородном магнитном поле, чтобы магнитный поток через рамку был равен нулю? Был максимальным?
- 3.2.** Магнитный поток через квадратную проволочную рамку со стороной 5 см, плоскость которой перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля, равен 0,1 мВб. Каков модуль вектора магнитной индукции поля?
- 3.3.** Линии магнитной индукции однородного магнитного поля образуют угол 30° с вертикалью. Модуль вектора магнитной индукции равен 0,2 Тл. Какой магнитный поток пронизывает горизонтальное проволочное кольцо радиусом 10 см?
- 3.4.** Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, равномерно возрастает с 2 мВб до 14 мВб за 6 мс. Какова ЭДС индукции в контуре?
- 3.5.** Вертикальный металлический стержень длиной 50 см движется горизонтально со скоростью 3 м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. Линии магнитной индукции поля направлены горизонтально под прямым углом к направлению вектора скорости стержня. Какова ЭДС индукции в стержне?
- 3.6.** Горизонтальный стальной стержень длиной 40 см движется вертикально вниз со скоростью 2 м/с в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 10 мТл. Какова ЭДС индукции в стержне? Вектор магнитной индукции поля направлен под прямым углом к стержню и образует угол 60° с вертикалью.
- 3.7.** Самолет с размахом крыльев 20 м летит горизонтально со скоростью 720 км/ч вдоль магнитного меридиана. Какова разность потенциалов между концами крыльев? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли равна 50 мкТл.
- 3.8.** Какова индуктивность контура, если при силе тока 6 А его пронизывает магнитный поток 0,3 мВб?
- 3.9.** Какая ЭДС самоиндукции возникает в катушке с индуктивностью 20 мГн при равномерном изменении силы тока на 15 А за 1 с?
- 3.10.** Какова должна быть скорость изменения силы тока, чтобы в катушке с индуктивностью 50 мГн возникла ЭДС самоиндукции 30 В?

- 3.11. Какова индуктивность контура, если при равномерном изменении силы тока на 5 А за 50 мс в этом контуре создается ЭДС 10 В?
- 3.12. В катушке индуктивностью 0,4 Гн сила тока равна 5 А. Какова энергия магнитного поля катушки?
- 3.13. Энергия магнитного поля катушки индуктивностью 0,5 Гн равна 0,25 Дж. Какова сила тока в катушке?
- 3.14. Какова индуктивность катушки, если при силе тока 3 А энергия магнитного поля катушки равна 1,8 Дж?

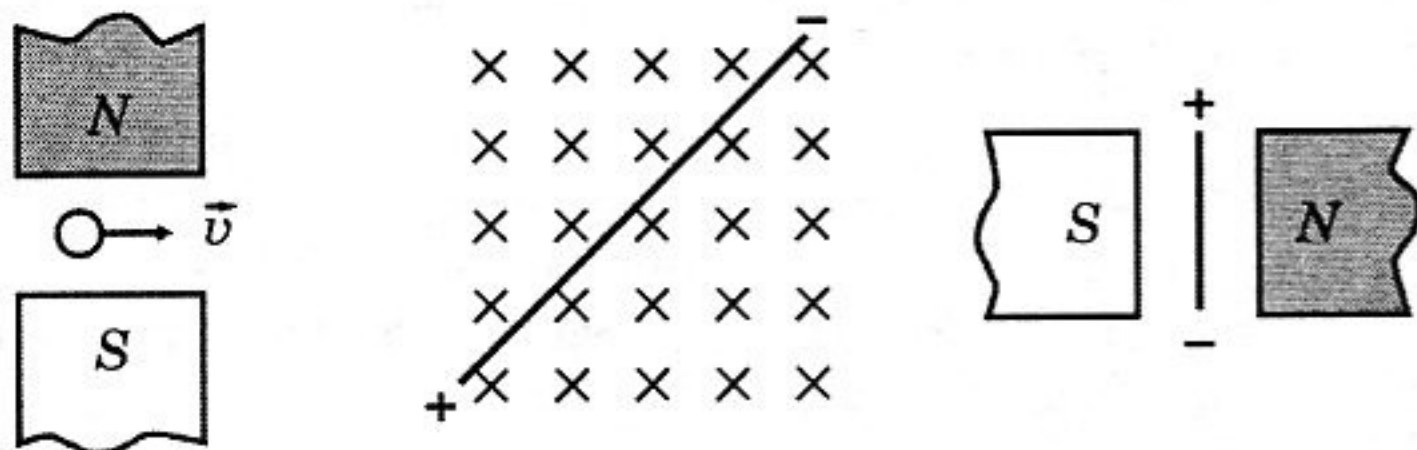
ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 3.15. ? Полосовой магнит падает сквозь проволочную катушку. Сравните время падения в случаях, когда катушка замкнута и разомкнута.
- 3.16. ? Почему при размыкании цепи питания трансформатора или электродвигателя может возникнуть сильная искра?
- 3.17. ? На рисунке показаны различные ситуации, в которых наблюдается явление электромагнитной индукции. Сформулируйте и решите задачу для каждого случая.



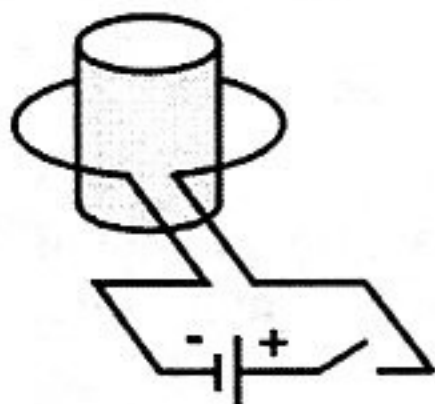
К задаче 3.17

- 3.18. ? На рисунке показаны различные ситуации, в которых наблюдается явление электромагнитной индукции. Сформулируйте и решите задачу для каждого случая.

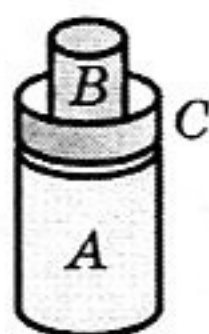


К задаче 3.18

- 3.19. ? Если резко встряхнуть компас, стрелка начинает колебаться. Как изменится время затухания этих колебаний, если пластмассовый корпус компаса заменить на алюминиевый?
- 3.20. ? Клеммы электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы при транспортировке замыкают проводящей перемычкой. Зачем?
- 3.21. ? Полосовой магнит резко выдергивают из полого цилиндра. В каком случае совершаемая работа больше: если цилиндр картонный или если он медный?
- 3.22. ? Короткозамкнутую катушку охватывает проволочный виток (см. рисунок). Определите направление индукционного тока в катушке: а) при замыкании ключа; б) при размыкании ключа.



К задаче 3.22



К задаче 3.23

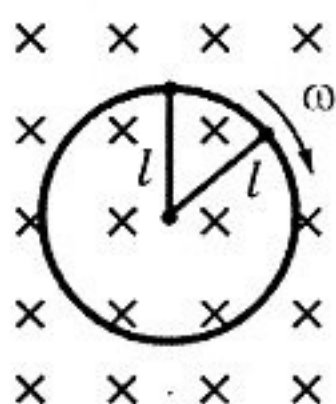
- 3.23. ? На вставленный в катушку *A* вертикальный сердечник *B* надето медное кольцо *C* (см. рисунок). При подключении катушки к источнику тока кольцо подпрыгивает. Объясните это явление.
- 3.24. ? ? Магнит падает в длинной вертикальной медной трубе, воздух из которой откачан. Магнит с трубой не соприкасается. Опишите характер падения.
- 3.25. ? Маятник представляет собой маленький магнит, подвешенный на длинной нити. Изменится ли характер колебаний маятника, если к нему снизу поднести медный лист?
- 3.26. В катушке из 200 витков возбуждается постоянная ЭДС индукции 160 В. На сколько изменился в течение 5 мс магнитный поток через каждый из витков?
- 3.27. Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется со скоростью 20 Тл за секунду. При этом в катушке с площадью поперечного сечения 6 см^2 возбуждается ЭДС индукции 12 В. Сколько витков в катушке? Ось катушки параллельна линиям магнитной индукции.
- 3.28. Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется со скоростью 20 Тл за секунду. При этом в катушке с площадью поперечного сечения 6 см^2 , содержащей 1000 витков, возбужда-

ется ЭДС индукции 6 В. Какой угол образует ось катушки с линиями магнитной индукции поля?

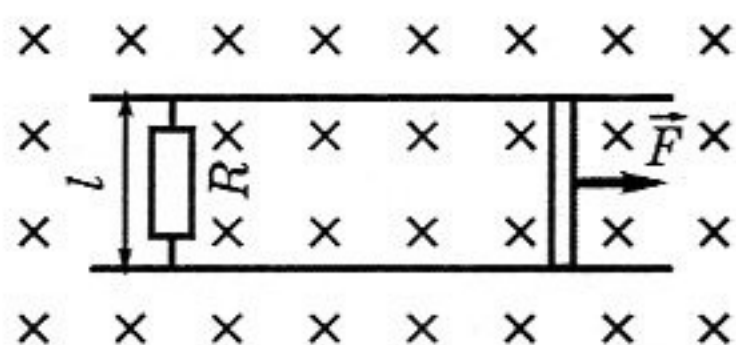
- 3.29.** Автомобильная катушка зажигания питается через прерыватель от бортовой сети 12 В. Почему при движении автомобиля напряжение между контактами прерывателя может превышать 300 В?
- 3.30.** Катушку с индуктивностью 50 мГн, по которой шел ток 2 А, с помощью переключателя замкнули накоротко. Какое количество теплоты выделилось в катушке к тому моменту, когда сила тока уменьшилась до 1 А?
- 3.31.** В катушке индуктивностью 20 мГн сила тока равна 0,5 А. На сколько увеличится энергия магнитного поля, если в катушку вставить железный сердечник, который увеличит индуктивность катушки в 50 раз? Сила тока в цепи не изменяется.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 3.32.** Металлическое кольцо радиусом l находится в однородном магнитном поле с вектором магнитной индукции \vec{B} , перпендикулярным плоскости кольца. Две металлические стрелки сопротивлением R каждая имеют контакт между собой и с кольцом (см. рисунок). Одна стрелка неподвижна, а другая равномерно вращается с угловой скоростью ω . Найдите силу тока I в стрелках. Сопротивлением кольца можно пренебречь.



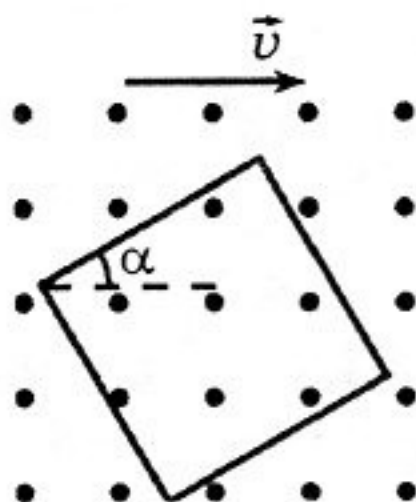
К задаче 3.32



К задаче 3.33

- 3.33.** Металлический стержень массой m может скользить без трения по параллельным горизонтальным рельсам, находящимся на расстоянии l друг от друга. Рельсы соединены перемычкой, сопротивление которой R (см. рисунок). Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B . Как будет двигаться стержень, если к нему приложить постоянную силу F ? Электрическим сопротивлением стержня и рельсов можно пренебречь. Явление самоиндукции не учитывайте.

- 3.34.** Квадрат, изготовленный из проволоки длиной 2 м, движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 Тл (см. рисунок). Какова ЭДС индукции в каждой из сторон квадрата? Общая ЭДС индукции в контуре? $v = 5$ м/с, $\alpha = 30^\circ$.



К задаче 3.34

- 3.35.** Свинцовое кольцо радиусом r расположено горизонтально между полюсами электромагнита, создающего вертикальное однородное магнитное поле с магнитной индукцией B . Охлаждая кольцо, его переводят в сверхпроводящее состояние. Какой магнитный поток Φ будет пронизывать плоскость кольца после выключения электромагнита?
- 3.36.** Сверхпроводящая катушка радиусом r состоит из N витков и имеет индуктивность L . Найдите силу тока I , возникающего в катушке с замкнутыми концами при включении внешнего однородного магнитного поля, вектор магнитной индукции которого \vec{B} направлен вдоль оси катушки.
- 3.37.** ? С помощью электродвигателя постоянного тока поднимают груз на тросе. Если отключить электродвигатель от источника напряжения и замкнуть его ротор накоротко, груз будет опускаться с *постоянной* скоростью. Объясните это явление. В какую форму переходит потенциальная энергия груза?
- 3.38.** ? Почему сила тока через электродвигатель изменяется при изменении скорости вращения ротора этого двигателя?
- 3.39.** ? В каком случае обмотка электромотора сильнее нагревается проходящим по ней током — когда мотор вращается вхолостую или совершает работу? Напряжение в сети считайте постоянным.

4. СВОБОДНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР^{*)}. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad I = \frac{I_M}{\sqrt{2}}, \quad k = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

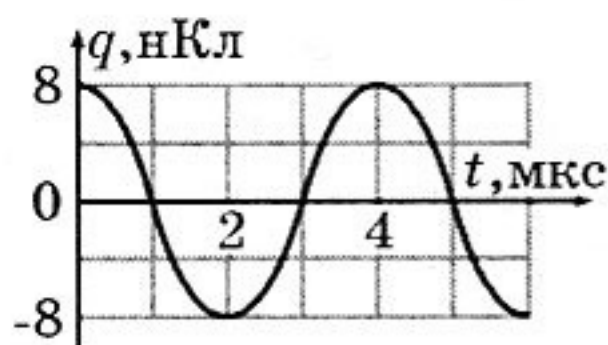
СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 4.1. ? Возникнут ли колебания в колебательном контуре, если заменить катушку индуктивности резистором?
- 4.2. ? Какие превращения энергии происходят при свободных незатухающих колебаниях в колебательном контуре?
- 4.3. ? Какие превращения энергии происходят при свободных затухающих колебаниях в колебательном контуре?
- 4.4. ? Емкость конденсатора колебательного контура уменьшили в 2 раза. Во сколько раз надо изменить индуктивность катушки, чтобы частота колебаний в контуре осталась прежней?
- 4.5. Каков период свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкостью 400 мкФ и катушки с индуктивностью 90 мГн?
- 4.6. Какова частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из конденсатора емкостью 250 пФ и катушки с индуктивностью 40 мкГн?
- 4.7. Емкость конденсатора колебательного контура равна 0,01 мкФ. Конденсатор зарядили до напряжения 40 В и соединили с катушкой индуктивности. В контуре возникли затухающие колебания. Какое количество теплоты выделилось за время полного затухания колебаний?
- 4.8. К катушке индуктивностью 20 мГн подключен последовательно конденсатор емкостью 6 мкФ. При какой частоте в данной цепи наблюдается резонанс?
- 4.9. Какое максимальное напряжение должен выдерживать конденсатор, подключаемый к источнику переменного напряжения 36 В?
- 4.10. Амперметр переменного тока показывает 20 А. Каково максимальное значение силы тока в цепи?
- 4.11. ? Может ли работать трансформатор в цепи постоянного тока?
- 4.12. В первичной обмотке трансформатора 200 витков, а во вторичной — 25 витков. Повышает или понижает напряжение этот трансформатор? Во сколько раз?

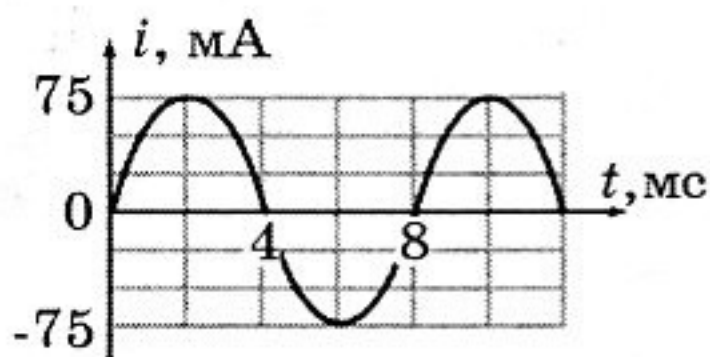
^{*)} Если нет указаний, активное сопротивление контура можно не учитывать.

- 4.13. ?** Почему колебания в колебательном контуре не прекращаются в тот момент, когда заряд конденсатора становится равным нулю?
- 4.14. ?** Как изменится частота свободных колебаний в колебательном контуре, если в катушку внести железный сердечник?
- 4.15. ?** Как изменится период свободных колебаний в колебательном контуре, если увеличить расстояние между пластинами конденсатора?
- 4.16. ?** Какова разность фаз колебаний заряда на пластинах конденсатора и колебаний силы тока в катушке индуктивности?
- 4.17. ?** Какова разность фаз колебаний заряда и колебаний напряжения на пластинах конденсатора?
- 4.18. ?** В колебательном контуре происходят свободные незатухающие колебания с частотой 50 кГц. С какой частотой изменяется энергия электрического поля конденсатора?
- 4.19. ?** Энергия магнитного поля катушки колебательного контура во время свободных колебаний изменяется с частотой 30 кГц. Какова частота колебаний?
- 4.20.** Заряд на пластине конденсатора колебательного контура уменьшился от амплитудного значения до половины этого значения. Через какую часть периода колебаний этот заряд будет иметь такой же модуль, но противоположный знак?
- 4.21.** При свободных незатухающих колебаниях максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 48 мДж. Какова энергия электрического поля в тот момент, когда она в 7 раз превышает энергию магнитного поля катушки?
- 4.22.** Во сколько раз изменится период колебаний в колебательном контуре, если емкость конденсатора увеличить в 4,5 раза, а индуктивность катушки увеличить в 2 раза?
- 4.23.** Частота колебаний в колебательном контуре равна 100 кГц. Какой станет частота колебаний, если уменьшить емкость конденсатора в 8 раз, а индуктивность катушки увеличить в 2 раза?
- 4.24.** Каков диапазон частот свободных колебаний в контуре, если его индуктивность можно изменять от 0,2 мГн до 20 мГн, а емкость — от 200 пФ до 0,02 мкФ?
- 4.25.** Катушку какой индуктивности надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости конденсатора 200 пФ получить частоту свободных колебаний 5 МГц?
- 4.26.** В колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания с периодом 10 мкс. Индуктивность катушки контура равна 30 мГн. Какова емкость конденсатора контура?

- 4.27.** После увеличения емкости конденсатора колебательного контура на $0,06 \text{ мкФ}$ частота колебаний уменьшилась в 2 раза. Найдите первоначальную емкость конденсатора, если индуктивность катушки не изменялась.
- 4.28.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 120 мкГн и воздушного конденсатора переменной емкости. Расстояние между пластинами конденсатора равно $0,2 \text{ мм}$, площадь перекрытия пластин можно изменять от 2 см^2 до 8 см^2 . На какие частоты можно настроить данный контур?
- 4.29.** На рисунке показан график зависимости от времени заряда пластины конденсатора колебательного контура. Найдите амплитудное значение заряда, частоту и период колебаний. Запишите уравнение зависимости $q(t)$.




К задаче 4.29



К задаче 4.33

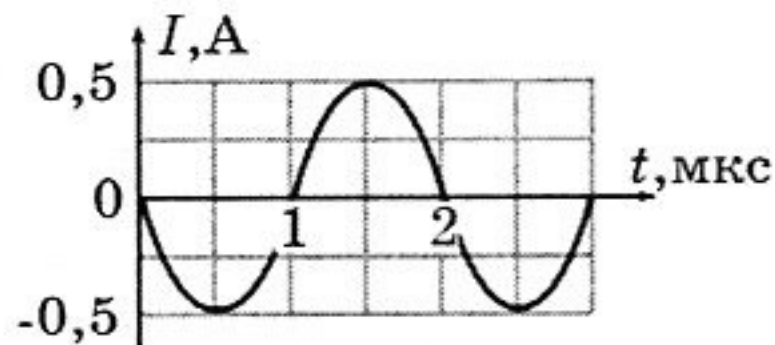
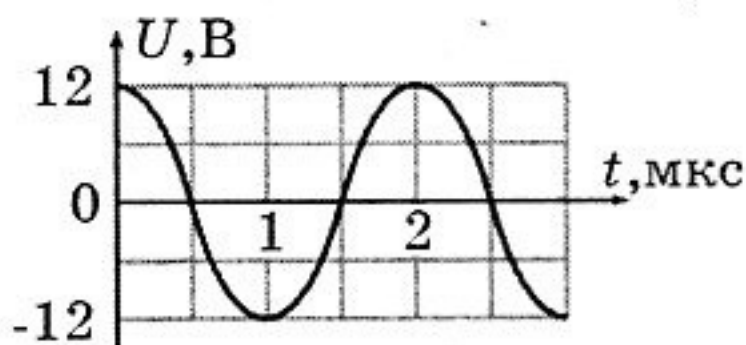
- 4.30.** Напряжение на конденсаторе колебательного контура изменяется по закону $u = 25 \cos 2 \cdot 10^4 \pi t$. Найдите период и частоту колебаний, амплитудное значение напряжения. Постройте график $u(t)$.
- 4.31.** Емкость конденсатора колебательного контура равна 2 мкФ , индуктивность катушки 6 мГн . Максимальный заряд конденсатора равен $0,4 \text{ мКл}$. Каково амплитудное значение силы тока в контуре?
- 4.32.** Индуктивность катушки колебательного контура равна 8 мГн , емкость конденсатора $0,4 \text{ мкФ}$. Сила тока в контуре достигает максимального значения 200 мА . В каких пределах изменяется заряд конденсатора?
- 4.33.** На рисунке приведен график колебаний тока в катушке индуктивности колебательного контура. Индуктивность катушки равна 25 мГн . Каковы емкость конденсатора контура и амплитудное значение напряжения на пластинах конденсатора?
- 4.34.** Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется по закону $q = 4 \cdot 10^{-7} \cos 4 \cdot 10^5 \pi t$. Емкость конденсатора равна 1000 пФ . Найдите индуктивность контура и амплитудное значение силы тока в катушке.

- 4.35.** Заряд конденсатора колебательного контура изменяется со временем по закону $q = 10^{-5} \cos 1000\pi t$. Запишите уравнение зависимости $i(t)$. Найдите период и частоту колебаний, максимальные значения силы тока и заряда.
- 4.36.** Емкость конденсатора колебательного контура 1,6 мкФ, частота свободных колебаний 2,5 кГц, амплитудное значение заряда конденсатора 4 мкКл достигается при $t = 0$. Найдите индуктивность катушки и амплитудные значения силы тока и напряжения. Запишите уравнения зависимостей $i(t)$, $u(t)$, $q(t)$.
- 4.37.** Напряжение на конденсаторе колебательного контура изменилось от максимального значения 282 В до 200 В за 1 мс. Какова частота колебаний в контуре?
- 4.38.** В колебательном контуре с емкостью конденсатора 10 нФ происходят свободные колебания с частотой 1 МГц. Какова энергия колебаний, если амплитудное значение силы тока равно 0,75 А?
- 4.39.** Амплитудное значение заряда на пластинах конденсатора колебательного контура равно 40 нКл, амплитудное значение силы тока в катушке — 0,4 мА. Какова частота колебаний в контуре?
- 4.40.**  Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью $L = 400$ мкГн и конденсатора емкостью $C = 0,5$ мкФ. Конденсатор первоначально зарядили до напряжения $U_0 = 65$ В. Какова сила тока в контуре к моменту, когда напряжение на конденсаторе уменьшилось до $u = 25$ В? Колебания считайте незатухающими.
- 4.41.** При равномерном вращении проволочной рамки в однородном магнитном поле возникает ЭДС индукции $e(t) = 5 \cos 10\pi t$. Найдите частоту ν вращения. Запишите формулу зависимости от времени ЭДС индукции, возникающей при вращении рамки с частотой 2ν . Начальную фазу считайте равной нулю.
- 4.42.** Рамка площадью 80 см^2 состоит из 50 витков проволоки. Она вращается в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Каково амплитудное значение ЭДС индукции в рамке, если она совершает 4 оборота в секунду, а ось вращения перпендикулярна линиям магнитной индукции поля?
- 4.43.** При вращении проволочной рамки в магнитном поле магнитный поток через нее изменяется по закону $\Phi = 0,01 \sin 5\pi t$. Как располагалась рамка по отношению к магнитному полю в начальный момент времени? Запишите зависимость от времени ЭДС индукции в рамке $e(t)$.

- 4.44. Рамка площадью 80 см^2 равномерно вращается с угловой скоростью 20 рад/с в магнитном поле с индукцией 20 мТл . Амплитудное значение ЭДС в рамке равно $0,64 \text{ В}$. Сколько витков в рамке?
- 4.45. Ротор четырехполюсного генератора переменного тока совершает 1500 оборотов в минуту. Какова частота генерируемого тока?
- 4.46. Ротор 50 -полюсного генератора переменного тока совершает 240 оборотов в минуту. Какова частота переменного тока?
- 4.47. ? Для чего сердечник трансформатора набирают из тонких стальных пластин, изолированных друг от друга?
- 4.48. ? В какой из обмоток понижающего трансформатора (первичной или вторичной) диаметр провода должен быть больше? Ответ поясните.
- 4.49. Трансформатор повышает напряжение от 36 В до 220 В . Сколько витков во вторичной обмотке трансформатора, если первичная обмотка содержит 720 витков?
- 4.50. Сила тока в первичной обмотке понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации $5,5$ равна 5 А , а напряжение — 220 В . Найдите силу тока и напряжение во вторичной обмотке.
- 4.51. Понижающий трансформатор дает напряжение 36 В при силе тока 5 А . Первичное напряжение равно 220 В . Какова сила тока в первичной обмотке, если КПД трансформатора 90% ?
- 4.52. На первичную обмотку понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации 20 подано напряжение 220 В . Во вторичной обмотке, сопротивление которой $1,5 \text{ Ом}$, сила тока равна 2 А . Каково напряжение на выходе трансформатора, если потерями в первичной обмотке можно пренебречь?

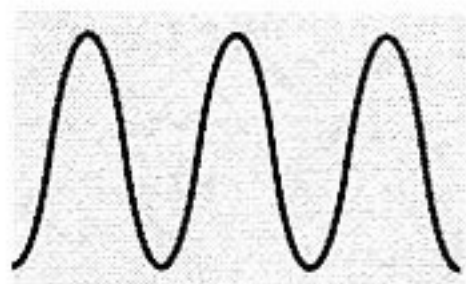
ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 4.53. ? На рисунках приведены графики изменений напряжения на конденсаторе колебательного контура и силы тока в катушке этого контура. Найдите емкость конденсатора и индуктивность катушки контура.

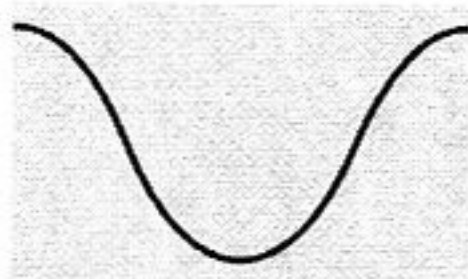


К задаче 4.53

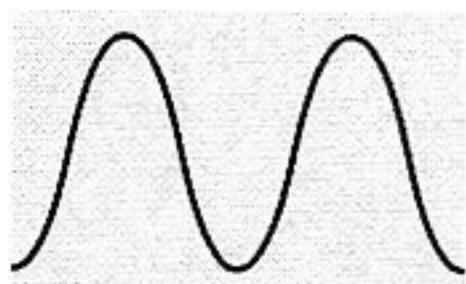
4.54. На рисунках показаны изображения, полученные на экране электронного осциллографа при изучении переменного тока. Какова в каждом из случаев частота переменного тока, если частота развертки осциллографа 300 Гц?



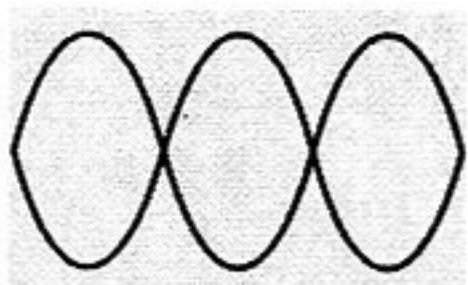
a



б



в



г

К задачам 4.54, 4.55

- 4.55.** На рисунках показаны изображения, полученные на экране электронного осциллографа при изучении переменного тока промышленной частоты (50 Гц). Какова в каждом из случаев частота развертки осциллографа?
- 4.56.** Заряженный конденсатор емкостью 4 нФ подключили к катушке с активным сопротивлением 1 Ом и индуктивностью 80 мкГн. На сколько процентов уменьшается каждый период энергия свободных электромагнитных колебаний в этом контуре? Потери энергии за один период можно считать малыми.
- 4.57.** Заряженный конденсатор емкостью 0,5 мкФ замкнули на катушку индуктивностью 60 мГн. Через какое наименьшее время после подключения энергия магнитного поля катушки будет в 2 раза больше, чем энергия электрического поля конденсатора?
- 4.58.** Неоновая лампа зажигается и гаснет при напряжении 80 В. В сети переменного напряжения эта лампа горит четверть периода. Какое напряжение покажет подключенный к этой сети вольтметр переменного напряжения?
- 4.59.** Неоновая лампа зажигается и гаснет при напряжении 84 В. Ее подключили к источнику переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Какую долю периода будет гореть лампа? Каковы промежутки времени между вспышками?

5. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. МОЩНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА^{*)}

$$I = \frac{U}{Z}, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad X_L = \omega L, \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},$$
$$P = I^2 R = UI \cdot \cos \varphi$$

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

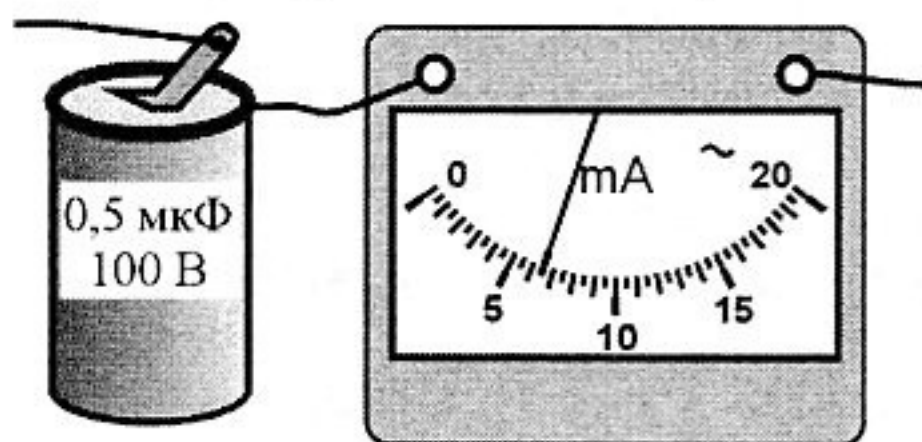
- 5.1. Найдите емкостное сопротивление конденсатора емкостью 1 мкФ в цепях переменного тока с частотой 50 Гц и 1 кГц.
- 5.2. Найдите индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 150 мГн в цепях переменного тока с частотой 50 Гц и 1 кГц.
- 5.3. Каково индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 0,5 Гн при частоте 50 Гц, 400 Гц?
- 5.4. При какой частоте переменного тока емкостное сопротивление конденсатора емкостью 5 мкФ равно 100 Ом?
- 5.5. При какой частоте переменного тока емкостное сопротивление конденсатора емкостью 200 мкФ равно 1 Ом?
- 5.6. При какой частоте переменного тока индуктивное сопротивление катушки с индуктивностью 50 мГн равно 50 Ом?
- 5.7. ? В соленоид вставили железный сердечник. Как изменилось сопротивление соленоида постоянному току? Переменному току?
- 5.8. Амперметр переменного тока, включенный последовательно с конденсатором емкостью 20 мкФ, показывает силу тока 0,3 А. Каково напряжение на конденсаторе, если частота переменного тока 50 Гц?
- 5.9. Найдите мощность переменного тока в участке цепи, если сила тока 1 А, напряжение на участке 20 В, а сдвиг фаз между силой тока и напряжением $\pi/3$ рад.

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

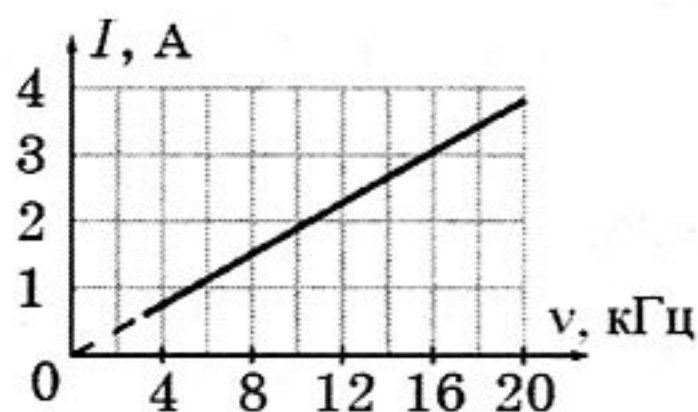
- 5.10. ? Как изменится емкостное сопротивление воздушного конденсатора в цепи переменного тока, если уменьшить расстояние между пластинами?
- 5.11. ? Как изменится емкостное сопротивление конденсатора переменной емкости в цепи переменного тока, если уменьшить площадь перекрытия пластин?

^{*)} Этот раздел предназначен для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

- 5.12. ? Какова разность фаз между током и напряжением в первичной обмотке трансформатора, когда вторичная обмотка разомкнута?
- 5.13. Конденсатор включен в сеть переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Какова емкость конденсатора, если сила тока равна 1,1 А?
- 5.14. Действующие значения напряжения и силы тока в катушке индуктивности равны соответственно 150 В и 0,25 А. Какова индуктивность катушки, если частота переменного тока равна 50 Гц?
- 5.15. Можно ли увеличить силу тока в участке цепи (см. рисунок) в два раза, если частота переменного тока 50 Гц?



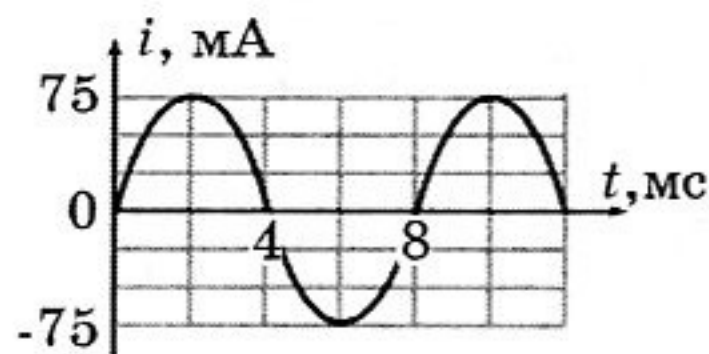
К задаче 5.15



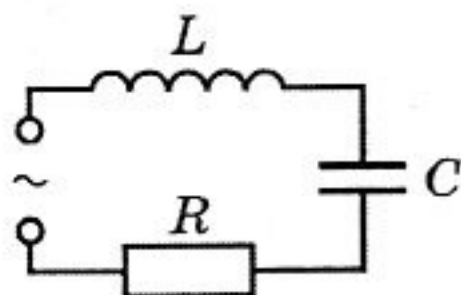
К задаче 5.16

- 5.16. К выходу генератора переменного тока подключен конденсатор. На рисунке показан график зависимости силы тока в цепи от частоты. Какова емкость конденсатора, если напряжение на выходе генератора все время равнялось 5 В?
- 5.17. На одном конденсаторе написано «20 мкФ, 50 В», на другом — «5 мкФ, 60 В». Какой из конденсаторов можно включать в цепь переменного тока частотой 400 Гц последовательно с лампой, рассчитанной на силу тока 2 А?
- 5.18. Сила тока в катушке с индуктивностью 0,25 Гн изменяется по закону $i = 0,25 \sin 100\pi t$. Найдите индуктивное сопротивление катушки и действующее значение напряжения на катушке. Запишите уравнение зависимости напряжения на катушке от времени.
- 5.19. Напряжение на обкладках конденсатора емкостью 10 мкФ изменяется по закону $u = 25 \cos 120\pi t$. Какова частота переменного тока? Постройте график зависимости $i(t)$.

- 5.20. На рисунке приведен график зависимости от времени силы тока в катушке, индуктивность которой 20 мГн. Запишите уравнение зависимости напряжения на катушке от времени.



- 5.21.** ? Лампа накаливания и конденсатор включены последовательно в цепь переменного тока. Как изменится накал лампы, если параллельно конденсатору подключить еще один?
- 5.22.** Соединенные последовательно резистор сопротивлением 100 Ом и конденсатор емкостью 15,9 мкФ подключили к источнику переменного напряжения 50 В, 100 Гц. Какова сила тока в цепи?
- 5.23.** В сеть переменного напряжения 12 В, 50 Гц последовательно включили резистор сопротивлением 4 Ом и катушку с индуктивностью 10 мГн. Найдите силу тока в цепи и мощность тока.
- 5.24.** К источнику переменного напряжения 45 В, 50 Гц последовательно подключены конденсатор и лампочка, на которой написано «36 В, 15 Вт». Какова емкость конденсатора, если лампочка горит нормальным накалом?
- 5.25.** При подключении катушки индуктивности к источнику постоянного тока с напряжением 20 В сила тока равна 1 А. Когда эту же катушку подключили к источнику переменного напряжения 20 В с частотой 50 Гц, сила тока уменьшилась до 0,8 А. Найдите активное сопротивление катушки и ее индуктивность.
- 5.26.** Показанная на рисунке цепь подключена к источнику переменного напряжения 36 В, 400 Гц. Найдите силу тока в цепи, разность фаз между током и напряжением и мощность тока в цепи, если $R = 40$ Ом, $L = 28$ мГн, $C = 10$ мкФ.



К задачам 5.26 — 5.28

- 5.27.** Показанная на рисунке цепь подключена к источнику переменного напряжения 220 В стандартной частоты. Найдите силу тока в цепи и напряжения на резисторе, катушке и конденсаторе, если $R = 50$ Ом, $L = 0,35$ Гн, $C = 71$ мкФ.

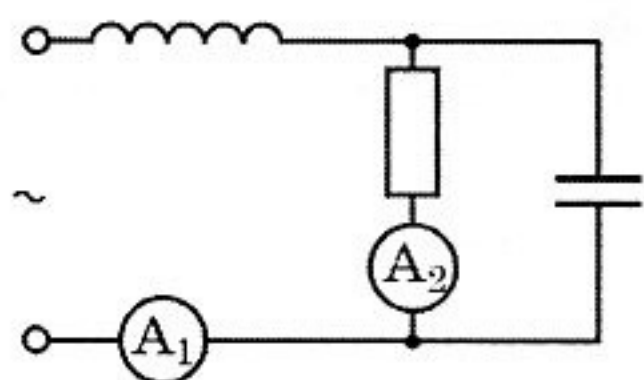
ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 5.28.** Показанная на рисунке цепь подключена к выходу генератора переменного напряжения, частоту которого плавно изменяют (действующее значение напряжения остается неизменным). При частотах $\nu_1 = 200$ Гц и $\nu_2 = 3,2$ кГц сила тока в цепи одинакова. При какой частоте сила тока в цепи максимальна?

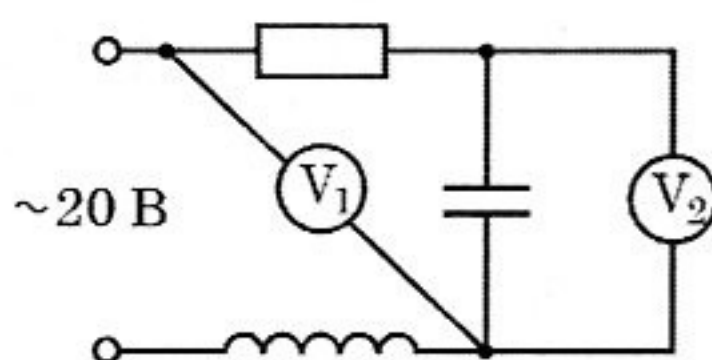
5.29. В сеть переменного напряжения 50 Гц включены последовательно лампочка, конденсатор емкостью 40 мкФ и катушка, в которую медленно вводят сердечник. Индуктивность катушки без сердечника равна 125 мГн, а при полностью введенном сердечнике 2 Гн. Опишите, как будет изменяться накал лампочки по мере введения в катушку сердечника.

5.30. Лампа накаливания, конденсатор и катушка индуктивности соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения. Когда в цепь последовательно включают еще одну катушку, яркость свечения лампы резко возрастает. При последовательном подключении третьей катушки яркость свечения лампы становится такой же, как вначале. Объясните явление. Как связаны между собой частота ν переменного тока, емкость C конденсатора и индуктивность L каждой из трех одинаковых катушек?

5.31. В показанной на рисунке цепи сопротивление резистора 60 Ом, емкость конденсатора 2 мкФ, индуктивность катушки 70 мГн. Второй амперметр показывает 0,4 А. Каковы показания первого амперметра и напряжение на катушке, если частота переменного тока 1 кГц?



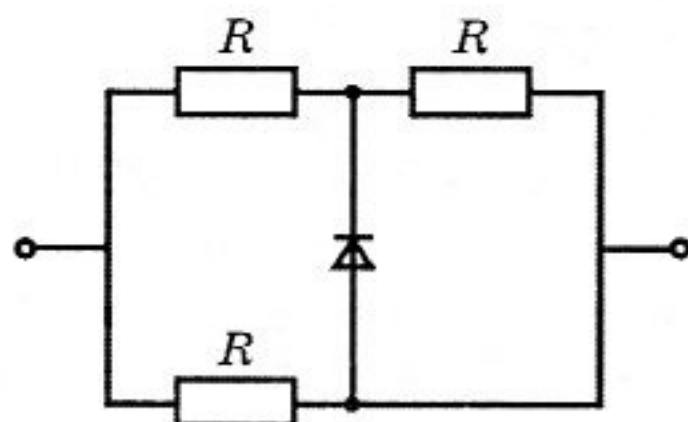
К задаче 5.31



К задаче 5.32

5.32. Каково напряжение на катушке (см. рисунок), если первый вольтметр показывает 52 В, а второй — 48 В?

5.33. Цепь подключена к источнику переменного напряжения 36 В (см. рисунок). Какова потребляемая мощность, если $R = 6$ кОм? Диод считайте идеальным.



К задаче 5.33

6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ

Пример решения задачи

Максимальная сила тока во входном контуре радиоприемника $I_M = 4$ мА, а максимальное напряжение на конденсаторе $U_M = 0,4$ В. Какова длина принимаемых радиоволн, если индуктивность входного контура $L = 17$ мкГн?

Дано:

$$I_M = 4 \text{ мА}$$

$$U_M = 0,4 \text{ В}$$

$$L = 17 \text{ мкГн}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$\lambda - ?$$

Решение.

Согласно закону сохранения энергии максимальная энергия электрического поля конденсатора равна максимальной энергии магнитного поля катушки:

$$\frac{CU_M^2}{2} = \frac{LI_M^2}{2}. \text{ Отсюда } C = \frac{LI_M^2}{U_M^2}.$$

Длина принимаемых радиоволн

$$\lambda = cT = 2\pi c\sqrt{LC}.$$

Подставив полученное значение C , получим

$$\lambda = \frac{2\pi cLI_M}{U_M}.$$

$$[\lambda] = \frac{\text{м} \cdot \text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{с} \cdot \text{В}} = \frac{\text{м} \cdot \text{Вб} \cdot \text{А}}{\text{с} \cdot \text{В} \cdot \text{А}} = \text{м}.$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,4} \approx 320 \text{ (м)}$$

Ответ. 320 м.

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 6.1. ? Для чего в радиоприемнике Попова молоточек был расположен так, что бил не только по колокольчику электрического звонка, но и по когереру?
- 6.2. ? С какой целью во входной колебательный контур радиоприемника включают конденсатор переменной емкости?
- 6.3. ? Радиоволны какого диапазона используют для телевидения?

- 6.4. ? Радиоволны какого диапазона могут быть приняты на противоположной стороне Земли?
- 6.5. ? Радиоволны какого диапазона используют для связи с космическими аппаратами?
- 6.6. ? Зачем передающие антенны телецентров располагают на многометровых вышках?
- 6.7. ? В вакууме радиоволны не поглощаются. Однако чем дальше от Земли находится межпланетный космический аппарат, тем больше должна быть мощность радиопередатчика для связи с ним. Почему?
- 6.8. Радиостанция работает на частоте 100 МГц. На какую длину волны должен быть настроен радиоприемник?
- 6.9. ? Во сколько раз нужно изменить частоту электромагнитной волны, чтобы ее длина уменьшилась в 3 раза?
- 6.10. ? Радиоприемник настроили на прием в 4 раза более длинных волн. Как изменился при этом период волны?
- 6.11. ? Частоту электромагнитной волны увеличили в 4 раза. Как изменилась длина волны?
- 6.12. Спутниковые телефоны передают сигнал через спутник, «висящий» на высоте 36 000 км над Землей. Какой будет минимальная задержка сигнала при использовании таких телефонов?
- 6.13. Космический корабль с экипажем приблизился к Марсу. Через какое минимальное время командир корабля может получить ответ на свой вопрос, адресованный в Центр управления полетом? Расстояние от Земли до Марса во время сеанса связи составляет 150 млн км.

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 6.14. ? Можно ли выбрать систему отсчета, в которой электронный луч в кинескопе телевизора не создает электрического поля? Магнитного поля?
- 6.15. ? Можно ли выбрать систему отсчета, в которой прямолинейный участок провода с постоянным током не создает магнитного поля?
- 6.16. ? Почему закрытый колебательный контур практически не излучает электромагнитные волны?
- 6.17. В некоторой точке пространства индукция магнитного поля электромагнитной волны изменяется от нуля до максимального значения за 2 мкс. Чему равна длина волны?

- 6.18.** Длина радиоволны в вакууме равна 60 м. За какое время напряженность электрического поля волны уменьшится от максимума до нуля?
- 6.19.** Указатель на шкале радиоприемника установлен на отметке 15 м. Какова частота принимаемых радиоволн?
- 6.20.** Колебательный контур генератора радиопередатчика имеет емкость 3,5 пФ и индуктивность 14 мкГн. Какова длина радиоволн, излучаемых антенной этого радиопередатчика?
- 6.21.** Емкость входного контура радиоприемника равна 2 пФ. Какова длина волны радиостанции, на которую настроен этот радиоприемник, если индуктивность входного колебательного контура равна 1,28 мкГн?
- 6.22.** Индуктивность приемного контура радиоприемника равна 0,5 мГн, а его емкость может изменяться от 25 пФ до 225 пФ. В каком диапазоне длин волн может работать этот радиоприемник?
- 6.23.** Длину волны, на которую настроен радиоприемник, уменьшили в 9 раз, изменив емкость входного колебательного контура. Во сколько раз ее изменили?
- 6.24.** Во сколько раз нужно изменить индуктивность входного колебательного контура, чтобы в 4 раза увеличить частоту, на которую настроен радиоприемник?
- 6.25.** Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны 1,5 м. Во сколько раз нужно изменить емкость конденсатора контура, чтобы настроиться на частоту 100 МГц?
- 6.26.** Дорожная служба для связи с патрульными машинами использует радиоволны с длиной волны 24 м. Какова емкость входного контура радиоприемников патрульных машин, если индуктивность входного контура равна 50 мкГн?
- 6.27.** Радиоприемник настроен на прием радиоволн с длиной 21 м. При этом емкость конденсатора входного колебательного контура радиоприемника равна 20 пФ. Какова индуктивность контура?
- 6.28.** Длина принимаемых радиоприемником радиоволн равна 15 м. Какова индуктивность входного колебательного контура, если емкость контура равна 150 пФ?
- 6.29.** На шкале радиоприемника указан диапазон длин волн 2,75 м – 3,03 м. Индуктивность входного колебательного контура радиоприемника равна 1 мкГн. В каких пределах должна изменяться

емкость конденсатора входного колебательного контура радиоприемника?

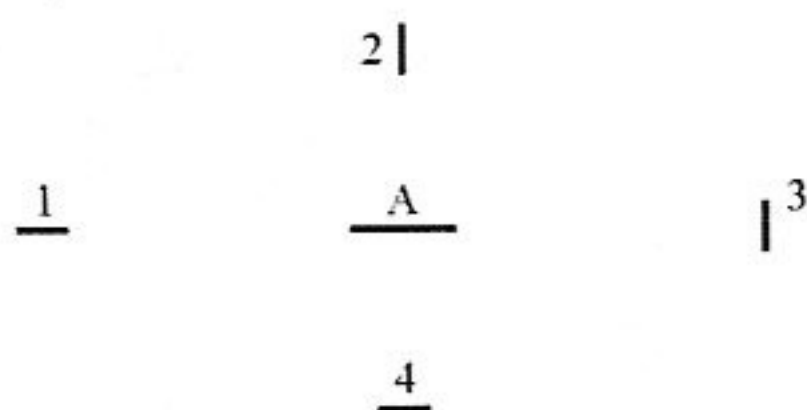
6.30. ? Почему даже далекая гроза существенно сказывается на качестве радиосвязи?

6.31. ? Радиоволна отражается от металлической крыши. Как при этом изменяются длина волны и ее частота?

6.32. Кто раньше услышит голос оперного певца: зритель в первом ряду на расстоянии 8,5 м от певца или радиослушатель, сидящий у радиоприемника на расстоянии 750 км от театра?

6.33. Сколько электромагнитных колебаний происходит в электромагнитной волне с длиной волны 25 см в течение одного периода звуковых колебаний с частотой 800 Гц?

6.34. ? На рисунке схематически показаны передающая антенна А и четыре приемных антенны (вид сверху). Какая из приемных антенн лучше всего принимает сигнал передающей антенны?



6.35. Во входном контуре радиоприемника при приеме радиоволн с длиной волны 40 см амплитудное значение силы тока равно 50 мкА, а амплитудное значение напряжения — 0,5 мВ. Какова индуктивность катушки контура?

6.36. Амплитудное значение напряжения на конденсаторе входного колебательного контура равно 20 мВ, а амплитудное значение силы тока в контуре — 8 мА. На какой длине волны работает радиоприемник, если емкость конденсатора равна 2000 пФ?

6.37. Радиолокатор излучает высокочастотные импульсы длительностью 10 мкс. Какова наименьшая дальность обнаружения цели этим радиолокатором?


6.38. Радиолокатор обнаруживает цели, начиная с расстояния 1,2 км. Какова длительность испускаемых радиолокатором импульсов?

6.39. Радиолокатор излучает в секунду 4000 импульсов. Какова наибольшая дальность обнаружения цели этим радиолокатором?

6.40. При какой частоте следования высокочастотных импульсов радиолокатора максимальная дальность обнаружения цели составляет 200 км? Дальность обнаружения не ограничена мощностью радиолокатора.

- 6.41^{*)}. Мощность излучения телецентра равна 50 кВт, излучение происходит равномерно по всем направлениям. Какова плотность потока излучения телецентра на расстоянии 30 км от него?
- 6.42^{*)}. Плотность энергии электромагнитной волны 15 нДж/м^3 . Какую энергию переносит волна ежесекундно через поверхность площадью 4 м^2 , перпендикулярную направлению распространения волны?
- 6.43^{*)}. Какова плотность потока излучения на расстоянии 400 м от точечного источника электромагнитных волн, если на расстоянии 80 м от источника она равна 10 мкВт/м^2 ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

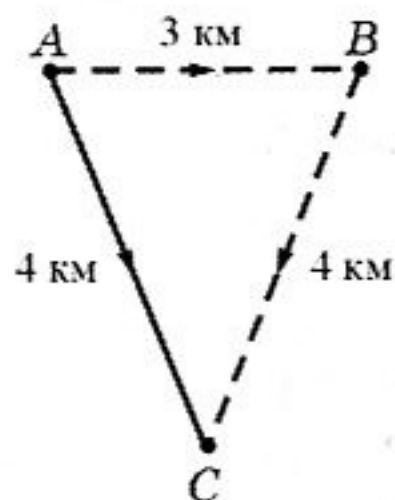
- 6.44^{*)}. Телевизионный спутник находится на геостационарной орбите на высоте 36 000 км над поверхностью Земли. Оцените мощность передатчика спутника, если плотность потока излучения на расстоянии 18 000 км от спутника составляет $1,6 \text{ нВт/м}^2$, а площадь «облучения» земной поверхности равна площади Украины (604 тыс. кв. км).
- 6.45^{*)}. Радиолокатор испускает импульсы длительностью по 2 мкс. Энергия импульса составляет 200 мДж. На расстоянии 1 км площадь облучения равна $0,025 \text{ км}^2$. Какова плотность потока излучения радиолокатора на расстоянии 10 км от него?
- 6.46. Входной контур радиоприемника, настроенный на длину волны 2,99 м, имеет емкость 2 пФ и катушку с индуктивностью 1,14 мкГн. Какова индуктивность соединительных проводов? Индуктивности катушки и проводов складываются.
- 6.47. Катушка индуктивностью 4 мГн и плоский слюдяной конденсатор образуют входной колебательный контур радиоприемника. На какую длину волны настроен радиоприемник? Площадь пластин конденсатора равна 27 см^2 , расстояние между ними 1,5 мм.
- 6.48. Зазор между пластинами воздушного конденсатора контура радиоприемника равен 0,8 мм. На сколько нужно изменить зазор между пластинами, чтобы уменьшить в два раза длину волны, на которую настроен радиоприемник?
- 6.49. При приеме радиоволн с длиной волны 28 м пластины конденсатора переменной емкости во входном контуре радиоприемника перекрывают друг друга наполовину. На какую долю общей площади нужно изменить площадь перекрытия пластин конденсатора при переходе на прием радиоволн с длиной волны 35 м?
- 6.50.  Сколько необходимо сменных катушек во входном колебательном контуре, чтобы радиоприемник можно было настраивать

^{*)} Задачи 6.41 — 6.45 предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

на любые радиостанции, работающие в диапазоне длин волн от 50 м до 1200 м? Емкость конденсатора входного колебательного контура радиоприемника можно изменять от 20 пФ до 180 пФ.

6.51. В некоторых системах цветного телевидения нужно «задержать» телевизионный сигнал на время, в течение которого электронный луч «нарисует» на экране телевизора одну строку. Каково время задержки, если кадры на экране телевизора сменяются с частотой 25 с^{-1} , а изображение состоит из 625 строк?

6.52. Антенна *C* телевизора (см. рисунок) принимает, наряду с волной от телецентра *A*, волну, отраженную от железной крыши *B*. В результате изображение на экране двоится. На сколько сдвинуты получаемые изображения друг относительно друга? Ширина экрана телевизора 50 см; кадры на экране сменяются с частотой 25 с^{-1} , изображение состоит из 625 строк.



6.53. На какой максимальной дальности от телецентра можно принимать телепрограммы, если высота приемной антенны равна 25 м? Передающая антенна телецентра находится на высоте 450 м.

6.54. Антенна областного телецентра находится на высоте 150 м. Какой высоты должна быть мачта приемной антенны в поселке, удаленном от областного телецентра на 60 км?

6.55. Линия электропередачи переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 300 км. Найдите разность фаз колебаний напряжения в начале и конце этой линии. Скорость распространения сигналов по проводам считайте равной скорости света в вакууме.

6.56. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе радиолокатора, который работает на длине волны 5 см и испускает импульсы длительностью 1 мкс?

6.57. Радиолокатор диспетчерской службы аэропорта находится на высоте 75 м над землей. Какова максимальная дальность обнаружения этим радиолокатором самолетов, идущих на посадку на высоте 1100 м? Какой должна быть при этом частота испускания импульсов радиолокатора?

6.58. Во сколько раз нужно увеличить мощность радиопередатчика на Земле, если расстояние до космического корабля, с которым нужно поддерживать связь, увеличилось в 5 раз?

6.59. Как нужно изменить мощность самолетного радиолокатора, чтобы увеличить дальность обнаружения цели в 2 раза? Поглощение радиоволн в воздухе не учитывайте. Чувствительность приемной аппаратуры считайте неизменной.

7. ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА СВЕТА. ЦВЕТ

$$\Delta d = k\lambda \text{ — максимум интерференции,}$$
$$\Delta d = (2k + 1)\lambda/2 \text{ — минимум } (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 7.1. ? Свет переходит из стекла в вакуум. Как изменяется частота световой волны?
- 7.2. ? Свет переходит из воздуха в воду. Как изменяется длина волны света?
- 7.3. Человеческий глаз воспринимает как видимый свет электромагнитное излучение с длиной волны в вакууме от 400 нм до 780 нм. Каков диапазон частот видимого излучения?
- 7.4. Частота оранжевого света равна $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите длину волны этого света в вакууме.
- 7.5. Частота электромагнитного излучения равна $9 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова длина волны этого излучения в вакууме? Воспринимает ли человеческий глаз это излучение как видимый свет?
- 7.6. Световая волна с частотой $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц распространяется в стекле. Какова длина волны?
- 7.7. Длина волны света в вакууме равна 450 нм. Какова частота этой световой волны?
- 7.8. Световая волна с частотой $7,2 \cdot 10^{14}$ Гц при распространении в прозрачной среде имеет длину волны 312,5 нм. Какова скорость света в этой среде?
- 7.9. ? Если посмотреть через красное стекло на белый светильник, то он кажется красным. Почему?
- 7.10. ? Благодаря какому явлению при освещении белым светом мыльного пузыря мы видим радужные пятна?
- 7.11. ? Из-за чего тончайшие пленки крыльев стрекозы при освещении белым светом окрашиваются в радужные тона?
- 7.12. ? Почему отражение работающей настольной лампы в компакт-диске окрашено в радужные цвета?

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

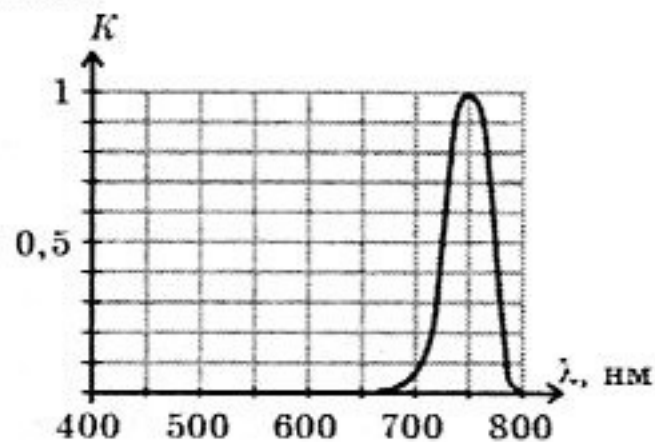
- 7.13. ? Ткань освещена белым светом. Какой кажется нам эта ткань, если она: а) поглощает весь падающий свет; б) отражает весь падающий свет; в) поглощает 50% энергии любой падающей световой волны?

- 7.14. ? Рисунок сделан зеленым фломастером на белом листе бумаги. При каком освещении рисунок становится практически невидимым?
- 7.15. ? Рисунок сделан красным фломастером на белом листе бумаги. Через какое стекло надо смотреть при дневном свете на этот лист, чтобы рисунок стал практически невидимым?
- 7.16. ? Какими будут казаться зеленые листья растений, освещенные красным светом?
- 7.17. Воду освещают зеленым светом, длина волны которого в воздухе равна 500 нм. Какова длина световой волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
- 7.18. ? Какой вывод о свойствах световых волн можно сделать на основании явления поляризации света?
- 7.19. ? Лучи белого света падают нормально на тонкую прозрачную пленку. В проходящем свете пластинка кажется желтой. Какой она будет казаться в отраженном свете?
- 7.20. Два точечных источника когерентного видимого света с длиной волны 450 нм освещают лист бумаги. Какой может быть разность хода световых волн от этих источников до точки на листе, в которой наблюдается интерференционный минимум?
- 7.21. Две когерентных световых волны приходят в центр экрана с разностью хода 0,9 мкм. Какой может быть длина волн, если в центре экрана виден интерференционный максимум?
- 7.22. Частота когерентных световых волн от источников A и B равна $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Каков результат интерференции света в точке отрезка AB , отстоящей на 0,25 мкм от середины этого отрезка?
- 7.23. ? Можно ли создать оптический микроскоп, позволяющий разглядеть атомы?
- 7.24. Дифракционную решетку, имеющую 50 штрихов на 1 мм, освещают белым светом (длины волн от 400 нм до 780 нм). Какова ширина спектра первого порядка на экране, удаленном от решетки на 4 м?
- 7.25. Дифракционную решетку освещают монохроматическим светом с длиной волны 600 нм. На экране, расположенном в 2,5 м от решетки, расстояние между нулевым и первым максимумами равно 4 см. Найдите период дифракционной решетки.
- 7.26. Период дифракционной решетки равен 0,01 мм, расстояние от решетки до экрана 1 м. Каково расстояние между максимумами нулевого и первого порядка, если на решетку падает свет с длиной волны 500 нм?

- 7.27. Монохроматическим светом освещают дифракционную решетку, у которой 125 штрихов на 1 мм. Расстояние до экрана равно 4 м. Какова длина волны света, если расстояние на экране между двумя максимумами первого порядка равно 55 см?
- 7.28. Дифракционную решетку с периодом 4 мкм освещают монохроматическим светом с длиной волны 490 нм. Каков наибольший порядок наблюдаемого на экране максимума?


ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 7.29. ? На рисунке приведен график зависимости коэффициента отражения от длины волны падающего света для некоторой поверхности. Какой будет казаться эта поверхность при освещении ее зеленым светом? Красным светом?



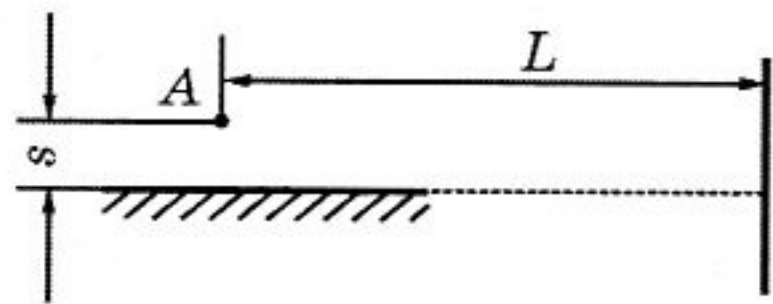
- 7.30. ? На Луне во время лунного «дня» небо черное. Почему же на Земле днем небо окрашено в разные тона (в зависимости от времени суток и состояния атмосферы)?
- 7.31. ? В чистой воде при хорошем освещении можно увидеть предметы на расстоянии нескольких десятков метров. Почему же в густом тумане, представляющем собой взвешенные в воздухе мельчайшие капельки воды, уже на расстоянии нескольких метров ничего нельзя различить?
- 7.32. Две плоские горизонтальные стеклянные пластинки, между которыми находится тонкая воздушная прослойка, освещают сверху вертикальным пучком монохроматического света. Пластинки медленно раздвигают, наблюдая отраженный от верхней пластинки свет. При постепенном увеличении расстояния между пластинками на 0,14 мкм темная поверхность верхней пластинки становится светлой. Какова длина волны падающего света?
- 7.33. Вертикальный пучок света с длиной волны 660 нм падает на поверхность воды в пробирке, покрытую тонкой пленкой бензола. В пробирку понемногу доливают бензол. По мере увеличения толщины пленки наблюдаются чередующиеся максимумы и минимумы отражения света. На сколько должна увеличиться толщина пленки бензола, чтобы один минимум сменился другим?
- 7.34. На мыльную пленку нормально падает белый свет. В отраженном свете она кажется синей. При какой наименьшей толщине пленки это возможно? Длина волны синего света в вакууме равна

480 нм. Считайте показатель преломления мыльной пленки равным показателю преломления воды.


- 7.35.** Под край стеклянной пластинки шириной 4 см, лежащей на плоской зеркальной поверхности, положили человеческий волос. При нормальном освещении пластинки светом с длиной волны 500 нм расстояние между ближайшими светлыми интерференционными полосами в отраженном свете равно 1 мм. Какова толщина волоса?
- 7.36.** На тонкий стеклянный клин падает нормально пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм. Найдите угол при вершине клина, если расстояние между ближайшими светлыми интерференционными полосами равно 4 мм.
- 7.37.**  На расстоянии $L = 2$ м от экрана находятся два когерентных источника S_1 и S_2 света с длиной волны $\lambda = 500$ нм (см. схематический рисунок). Расстояние между источниками $S_1S_2 = 0,5$ мм. Каково расстояние x между ближайшими максимумами освещенности на экране?



К задаче 7.37


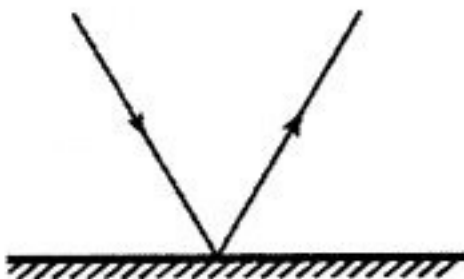


К задаче 7.38

- 7.38.** Точечный источник A монохроматического света с длиной волны 600 нм находится на расстоянии $s = 1,5$ мм от большого плоского зеркала и на расстоянии $L = 6$ м от экрана, перпендикулярного зеркалу (см. рисунок). Каково расстояние между соседними максимумами освещенности на экране?
- 7.39.** На непрозрачную ширму, в которой проделаны два маленьких отверстия на расстоянии 0,4 мм друг от друга, нормально падает белый свет (длины волн от 400 нм до 780 нм). За ширмой на расстоянии 8 м находится экран. Каково ширина первого (следующего за центральным) интерференционного максимума на экране?
- 7.40.**  Дифракционную решетку с периодом $d = 8$ мкм освещают пучком белого света (длины волн от $\lambda_1 = 400$ нм до $\lambda_2 = 780$ нм). Будут ли спектры разных порядков перекрываться друг с другом?

8. СКОРОСТЬ СВЕТА. ОТРАЖЕНИЕ, ПРЕЛОМЛЕНИЕ. ДИСПЕРСИЯ СВЕТА^{*)}

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 8.1. Сколько времени идет свет от Солнца до Плутона? Расстояние от Солнца до Плутона считайте равным 6 млрд. км.
- 8.2. Какую величину можно измерять в световых годах? Выразите световой год в единицах СИ.
- 8.3. Расстояние от ближайшей звезды (α Центавра) до Солнца свет проходит за 4,3 года. Выразите расстояние от Солнца до α Центавра в метрах.
- 8.4. Шест высотой 1,5 м, установленный вертикально, отбрасывает в полдень тень длиной 1 м. Какова угловая высота Солнца?
- 8.5.  Действительные или мнимые изображения деревьев, стоящих на берегу озера, дает водная гладь?
- 8.6. Предмет находится на расстоянии 15 см от плоского зеркала. Чему равно расстояние от предмета до его изображения в зеркале?
- 8.7. Световой луч падает на плоское зеркало под некоторым углом (см. рисунок). Зеркало поворачивают по часовой стрелке на 30° . В какую сторону и на сколько повернется отраженный луч?
- 
- 8.8. Угол падения луча из воздуха на поверхность прозрачного пластика равен 50° , угол преломления — 25° . Каков показатель преломления этого пластика относительно воздуха?
- 8.9. Водолаз, находящийся на дне озера, направил луч фонаря на поверхность воды. Угол падения луча равен 25° . Найдите угол преломления луча.
- 8.10. Угол падения луча из воздуха на поверхность воды равен 30° . Найдите угол между преломленным лучом и поверхностью воды.

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

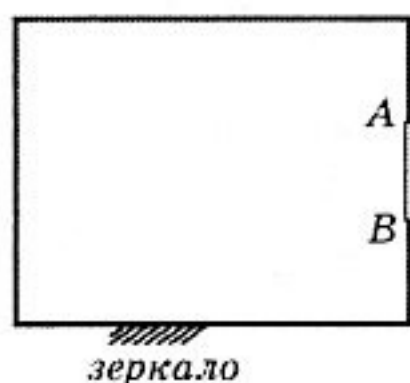
- 8.11. *Опыт Физо.* Световой пучок проходит через узкую прорезь между зубцами вращающегося колеса, отражается от зеркала, расположенного на расстоянии 8,7 км от колеса, и возвращается к наблюдателю, опять проходя между зубцами колеса. При какой минимальной частоте вращения колеса отраженный свет не будет виден наблюдателю, если общее число зубцов равно 720?

^{*)} Многие задачи этого раздела предназначены для повторения темы «Световые явления», изученной в 8 классе. В полном объеме раздел предназначен для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

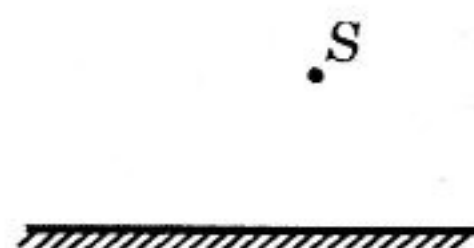
- 8.12.** При повторении опыта Физо (см. предыдущую задачу) частоту вращения колеса постепенно увеличивают. После первого исчезновения отраженный свет появляется и опять исчезает. Следующее *появление* отраженного света происходит при частоте вращения колеса 30 с^{-1} . На каком расстоянии от колеса находится зеркало, если число зубцов на колесе равно 540?
- 8.13.** Два фотокорреспондента, находящиеся в 3 м от берега реки, одновременно фотографируют проплывающую по реке на расстоянии 60 м от берега баржу длиной 100 м. Снимки получились неудачными: на одном из них стоящее на берегу дерево закрывает нос баржи, а на другом — корму. На каком расстоянии друг от друга находились фотокорреспонденты?
- 8.14.** Мальчик держит на расстоянии 60 см от глаза спичечный коробок. Коробок наполовину закрывает здание, расположенное в 450 м от мальчика. Чему равна высота здания, если высота спичечного коробка равна 5 см?
- 8.15.** Метеорологический зонд представляет собой воздушный шар радиусом 7 м. Оцените высоту, с которой зонд в ясную погоду перестает отбрасывать тень на поверхность Земли. Считайте, что во время подъема зонда Солнце находится в зените.
- 8.16.** Часть прямолинейного отрезка железнодорожного полотна проходит через туннель. Когда высота солнца над горизонтом составляет 40° , тени стоящих у насыпи столбов параллельны полотну и направлены от туннеля. Под каким углом к горизонту следует расположить зеркало, чтобы отраженный от него солнечный свет проник в туннель как можно дальше?
- 8.17.** Загорающий на скале человек разглядывает стоящую неподалеку яхту (см. рисунок). Лучи от верхушки мачты, попадающие к нему в глаза, образуют с горизонтом угол 17° . Лучи от верхушки мачты, попадающие к нему в глаза после отражения от поверхности воды, образуют с горизонтом угол 25° . Какова высота мачты яхты над уровнем воды, если глаза человека находятся на высоте 3 м над уровнем воды?



- 8.18.** Два вертикальных зеркала образуют двугранный прямой угол. На одно из них падает горизонтальный луч света и после отражения падает на второе зеркало. Как изменится направление распространения света после отражения от двух зеркал?
- 8.19.** Рассеянный солнечный свет попадает в комнату через окно AB и освещает стены комнаты (см. рисунок). Отразившись от зеркала свет также освещает стены комнаты. Укажите на рисунке те участки стены, которые имеют такое «дополнительное» освещение.

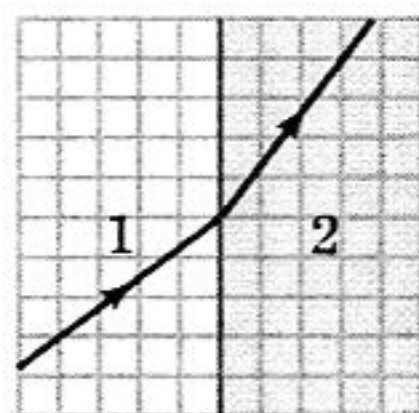


К задаче 8.19



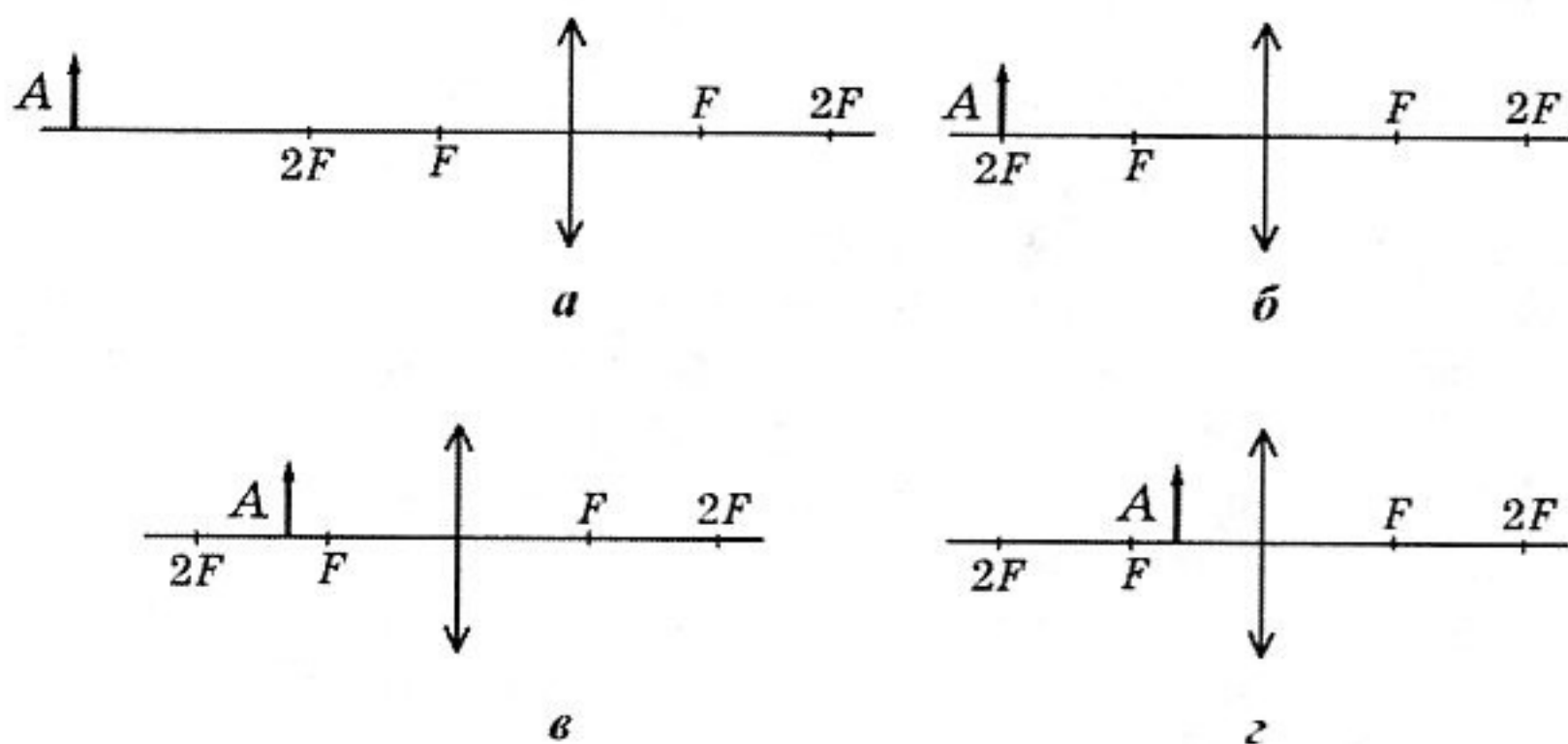
К задаче 8.20

- 8.20.** Перед плоским зеркалом находится светящаяся точка S (см. рисунок). Где должен располагаться наблюдатель, чтобы видеть изображение точки S в зеркале?
- 8.21.** Когда на поверхность прозрачной жидкости падает световой луч под углом 30° к поверхности, угол преломления составляет 40° . Каким будет угол преломления, если угол между падающим лучом и поверхностью жидкости увеличить до 60° ?
- 8.22.** Аквалангист, находясь под водой, определил, что солнечные лучи составляют с вертикалью угол 32° . Какова высота солнца над горизонтом для наблюдателя, находящегося на берегу?
- 8.23.** Световой луч идет из среды 1 в среду 2 (см. рисунок). Найдите показатель преломления второй среды относительно первой.
- 8.24.** Луч света переходит из стекла в воздух. Угол преломления луча в два раза превышает угол падения. Найдите эти углы.
- 8.25.** Под каким углом должен падать световой луч на границу раздела стекло-вода, чтобы угол между отраженным и преломленным лучами был прямым?
- 8.26.** Световой луч падает из воздуха на поверхность стекла. Угол между отраженным и преломленным лучами равен 120° . Чему равен угол падения?



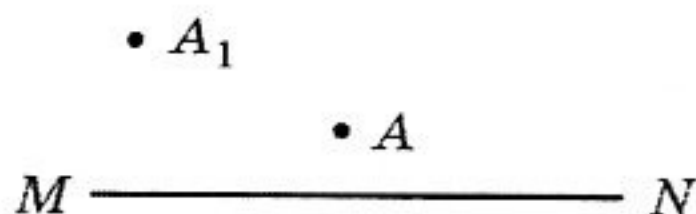
К задаче 8.23

- 8.27. ? Почему при прохождении через треугольную стеклянную призму широкого пучка белого света радужная окраска появляется только у краев пучка?
- 8.28. ? Одним из недостатков первых телескопов Галилея была радужная окраска краев изображений. Объясните это явление.
- 8.29. Угол падения на поверхность воды лучей белого света равен 60° . Определите угол между направлениями красных и фиолетовых лучей в воде, если показатели преломления воды для этих лучей равны соответственно 1,329 и 1,344.
- 8.30. Докажите, что после прохождения через плоскопараллельную пластинку световой луч смещается в сторону, не изменяя направления.
- 8.31. Найдите построением (см. рис. а-г) изображение предмета A в собирающей линзе и определите тип изображения (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное).



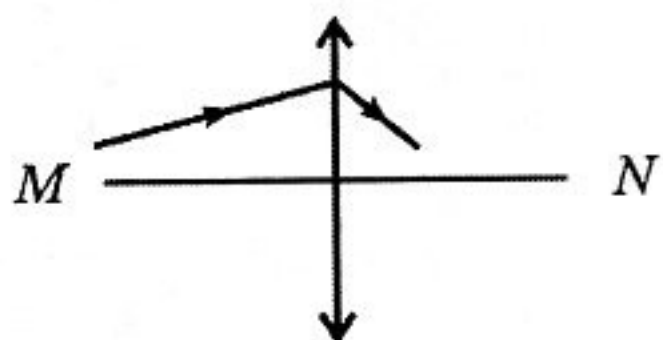
К задаче 8.31

- 8.32. На рисунке показана главная оптическая ось тонкой линзы MN , светящаяся точка A и ее изображение A_1 . Найдите построением положение оптического центра линзы и ее главных фокусов. Определите также тип линзы (собирающая или рассеивающая) и тип изображения (действительное или мнимое).

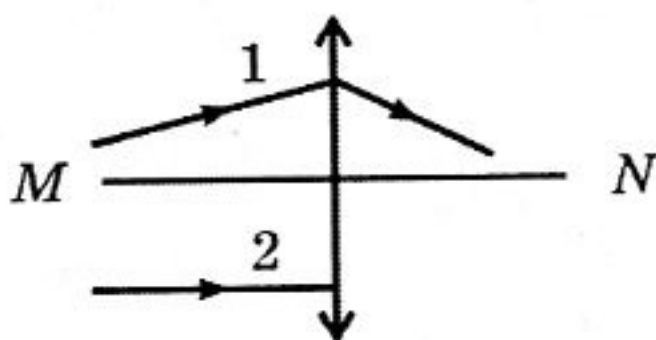


К задаче 8.32

- 8.33. На рисунке показаны главная оптическая ось MN линзы и ход одного из лучей. Найдите построением положение фокусов линзы.



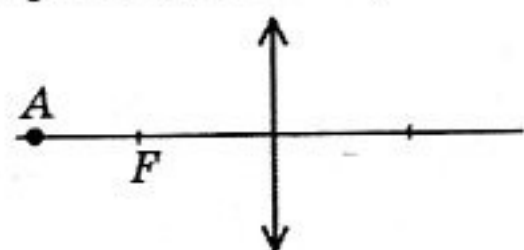
К задаче 8.33



К задаче 8.34

- 8.34. На рисунке показан ход луча 1 через собирающую линзу. Постройте дальнейший ход луча 2.

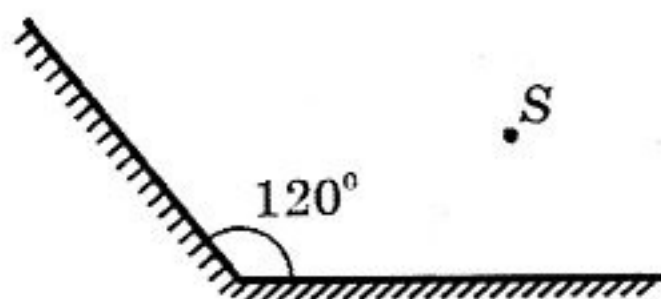
- 8.35. Постройте изображение точки A , лежащей на главной оптической оси собирающей линзы (см. рисунок).





- 8.36. ? Почему, открывая глаза под водой, мы видим размытые очертания предметов?

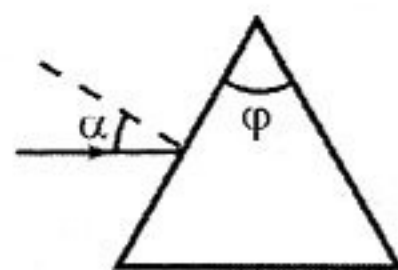
ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 8.37. Шест высотой 1,5 м, установленный вертикально недалеко от уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 1 м. Если перенести шест дальше от фонаря на 1 м, то длина тени возрастет до 1,5 м. На какой высоте находится фонарь?
- 8.38. Светильник в виде светящегося шара радиусом 20 см находится напротив круглого иллюминатора в центре каюты корабля, стоящего у причала. Через иллюминатор свет от светильника попадает на причальную стенку. Найдите диаметр светлого пятна на причальной стенке. Расстояние от центра светильника до иллюминатора равно 2 м, от иллюминатора до причальной стенки — 5 м, диаметр иллюминатора — 60 см.
- 8.39. Светящаяся точка S находится между двумя зеркалами, образующими двугранный угол 120° (см. рисунок). Постройте все изображения точки S в зеркалах.



К задаче 8.39

- 8.40. Мерный шест высотой 2 м вбит в дно реки. Над водой возвышается часть шеста высотой 0,5 м. Чему равна длина тени шеста на дне реки, когда высота солнца над горизонтом 50° ?
- 8.41.  Если смотреть сверху на неглубокий водоем с чистой водой, его глубина кажется меньшей, чем на самом деле. Почему? Во сколько раз меньшей?
- 8.42. Над поверхностью воды в бассейне висит фонарь. Под фонарем на глубине 1 м находится водолаз. На какой высоте над водой висит фонарь, если по наблюдениям водолаза расстояние до фонаря составляет 3 м?
- 8.43. В дно бассейна вмонтирована лампочка. Когда лампочка горит, на поверхности воды виден светлый круг диаметром 4 м. Какова глубина бассейна?
- 8.44. Угол падения светового луча на стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной 3 см равен 60° . Определите длину пути луча в пластинке и смещение луча.
- 8.45. Пройдя через стеклянную плоскопараллельную пластинку, световой луч сместился на 10 мм. Угол падения луча равен 50° . Какова толщина пластинки?
- 8.46. Преломляющий угол φ стеклянной призмы (см. рисунок) равен 60° . Угол падения луча на грань призмы $\alpha = 30^\circ$. Найдите угол отклонения луча от первоначального направления после прохождения через призму.
- 8.47.  Лампочка находится на расстоянии 90 см от стены. Между лампочкой и стеной на расстоянии 60 см от лампочки помещают собирающую линзу диаметром 6 см с фокусным расстоянием 30 см. Плоскость линзы параллельна стене, лампочка находится на главной оптической оси линзы. Какая картина наблюдается на стене? Нарисуйте и опишите ее.



9. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ^{*)}

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}, \quad E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 9.1. ? На ракете, скорость которой относительно Земли равна $0,9c$, включен прожектор. Какова скорость распространения света относительно Земли, если луч прожектора направлен: а) в направлении движения ракеты; б) в противоположную сторону?
- 9.2. С ракеты, скорость которой относительно Земли равна $0,9c$, выпустили вперед и назад снаряды со скоростью $0,5c$ относительно ракеты. Какова скорость снарядов относительно Земли?
- 9.3. Какова энергия покоя 1 г любого вещества?
- 9.4. Найдите полную энергию космического аппарата с массой покоя 10 т, движущегося со скоростью $0,9c$.


ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 9.5. Две частицы удаляются от наблюдателя со скоростями $0,7c$ в противоположные стороны. Какова скорость частиц друг относительно друга?
- 9.6. Полная энергия тела в 1,5 раза превышает энергию покоя этого тела. Во сколько раз кинетическая энергия тела отличается от энергии покоя?
- 9.7. При какой скорости движения кинетическая энергия тела в 3 раза превышает энергию покоя?
- 9.8. Найдите кинетическую энергию космического аппарата с массой покоя 10 т, движущегося со скоростью $0,9c$.
- 9.9. На сколько изменяется масса покоя 10 кг воды при охлаждении от $100\text{ }^\circ\text{C}$ до $0\text{ }^\circ\text{C}$?
- 9.10. На сколько изменяется масса покоя 1 кг льда при плавлении?
- 9.11. На сколько изменяется масса покоя пружины с жесткостью 5 кН/м при сжатии на 10 см?

^{*)} В этом разделе скорость указывается в долях скорости света в вакууме (например, $0,5c$ или $0,9c$).

- 9.12. В результате ядерной реакции масса покоя вещества уменьшается на 0,1%. Какая энергия выделяется в результате использования 1 г ядерного топлива?
- 9.13^{**}). Ракета движется относительно Земли со скоростью 0,6c. Какова длина находящегося в ракете метрового стержня в системе отсчета, связанной с Землей, если стержень расположен: а) параллельно курсу ракеты; б) перпендикулярно курсу ракеты?
- 9.14^{**}). При какой скорости движения длина стержня «сокращается» втрое?
- 9.15^{**}). Какое время пройдет на Земле, если в ракете, движущейся относительно Земли со скоростью 0,999c, пройдет 1 год?
- 9.16^{**}). Какое среднее расстояние проходят от рождения до распада частицы, среднее время жизни которых (в «собственной» системе отсчета) 3 мкс, движущиеся со скоростью 0,8c?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 9.17^{**}). Выразите кинетическую энергию релятивистской частицы через ее массу покоя и импульс.
- 9.18. Частица движется со скоростью 0,04c. Во сколько раз увеличится ее кинетическая энергия, если скорость движения увеличится: а) в 2 раза; б) в 20 раз?
- 9.19. При какой скорости движения кинетическая энергия протона равна: а) энергии покоя протона; б) энергии покоя электрона?
- 9.20. Найдите импульс протона, у которого кинетическая энергия вдвое больше энергии покоя.
- 9.21.  Какую скорость приобретает электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 500$ кВ? Какую скорость приобретает протон, пройдя такую же ускоряющую разность потенциалов?
- 9.22. Кинетическая энергия движущегося электрона равна кинетической энергии автомобиля массой 1 т при скорости 72 км/ч. На сколько скорость электрона меньше скорости света в вакууме?
- 9.23. Солнечная постоянная (плотность потока излучения Солнца вблизи верхней границы атмосферы Земли) равна 1,36 кВт/м². На какую величину ежесекундно уменьшается масса Солнца вследствие излучения?

^{**}) Задачи 9.13 — 9.16 предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

10. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ

$$E = h\nu, \quad p = \frac{h}{\lambda}, \quad h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$



СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 10.1. Выразите в джоулях и в электронвольтах энергию фотона ультрафиолетового излучения с частотой $6 \cdot 10^{15}$ Гц.
- 10.2. Найдите энергию фотона видимого света с длиной волны 500 нм. Выразите ответ в джоулях и в электронвольтах.
- 10.3. ? Сравните энергии фотонов красного и зеленого света.
- 10.4. ? Сравните энергии фотонов видимого света, инфракрасного и ультрафиолетового излучений, рентгеновского излучения.
- 10.5. Найдите импульс фотона видимого света с длиной волны в вакууме 600 нм.
- 10.6. Найдите импульс фотона ультрафиолетового излучения с частотой $1,5 \cdot 10^{15}$ Гц.
- 10.7. На поверхность металла падает свет с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц. Может ли свободный электрон в металле поглотить энергию 1 эВ? 2,1 эВ? 3,2 эВ? 4,2 эВ? 5,2 эВ? Значения энергии приводятся с точностью до 0,1 эВ.
- 10.8. Какова работа выхода электронов из металла, если под действием фотонов с энергией 4 эВ с поверхности металла вылетают фотоэлектроны с максимальной кинетической энергией 1,5 эВ?
- 10.9. При фотоэффекте с поверхности металла вылетают электроны с максимальной кинетической энергией 1,2 эВ. Какова энергия падающих на поверхность фотонов, если работа выхода электронов из данного металла равна 1,5 эВ? Является ли падающее на поверхность излучение видимым светом?

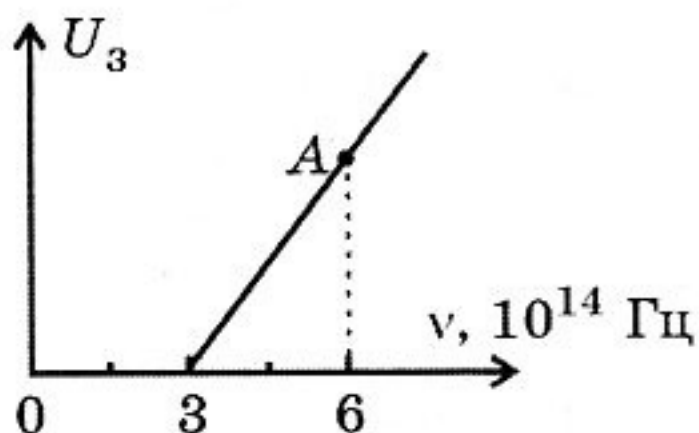
ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 10.10. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если максимальная частота рентгеновского излучения равна $7 \cdot 10^{18}$ Гц?
- 10.11. ? Как изменяются при удалении источника света от вакуумного фотоэлемента: а) сила тока насыщения; б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов; в) количество фотоэлектронов, ежесекундно вылетающих с поверхности катода; г) задерживающее напряжение?

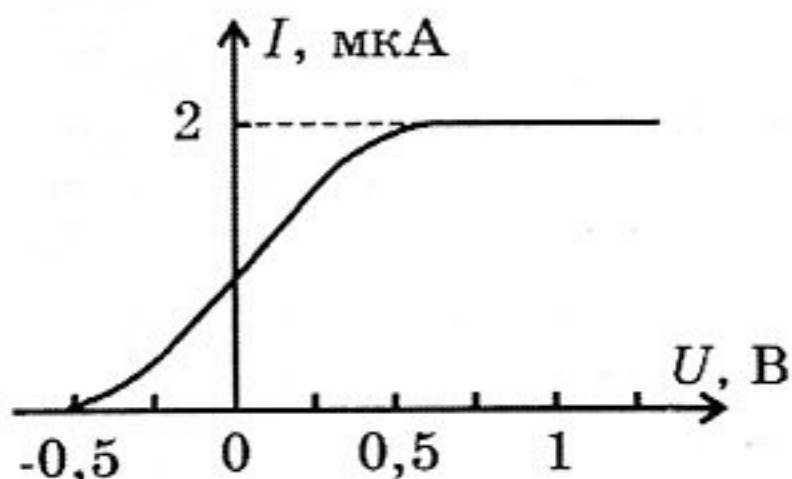
- 10.12. ?** Как изменяются максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и задерживающее напряжение при увеличении частоты излучения, действующего на поверхность металла при фотоэффекте?
- 10.13.** Определите красную границу фотоэффекта λ_{\max} для цинка и оксида бария.
- 10.14.** Измеренное при фотоэффекте значение задерживающего напряжения равно 2,4 В. Найдите длину волны падающего на поверхность излучения, если работа выхода электронов из металла равна $2,4 \cdot 10^{-19}$ Дж.
- 10.15. ?** Падающий на поверхность катода желтый свет вызывает фотоэффект. Обязательно ли возникнет фотоэффект при освещении катода синим светом? Оранжевым светом?
- 10.16.** На поверхность цезия действует излучение с частотой $7 \cdot 10^{14}$ Гц. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?
- 10.17.** Сколько фотонов испускает за полчаса лазер, если мощность его излучения равна 2 мВт? Длина волны излучения 750 нм.
- 10.18.** Свет падает на поверхность металлического катода, частично покрытую оксидным слоем (этот слой уменьшает работу выхода электронов на 1,5 эВ). Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетевших с чистой поверхности металла, равна 0,8 эВ. Найдите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, вылетевших с поверхности оксидного слоя.
- 10.19.** Какова максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих при действии на поверхность цинка ультрафиолетового излучения с длиной волны 150 нм?
- 10.20.** На сколько надо изменить частоту падающего на поверхность металла излучения, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась от 500 км/с до 800 км/с?
- 10.21.** Какова максимальная скорость фотоэлектронов при действии на катод света с длиной волны 450 нм, если красная граница фотоэффекта для данного катода равна 600 нм?
- 10.22.** Когда на поверхность металла действует излучение с длиной волны 500 нм, задерживающее напряжение равно 0,6 В. Каково задерживающее напряжение при действии на эту поверхность излучения с длиной волны 350 нм?
- 10.23.** На поверхность твердого тела нормально падает излучение лазера с длиной волны 660 нм. Какой импульс передает поверхности каждый падающий фотон? Рассмотрите два случая: а) поверхность черная; б) поверхность зеркальная.

- 10.24.** Когда частоту падающего на поверхность катода излучения увеличили на $2 \cdot 10^{14}$ Гц, максимальная энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза. Во сколько раз увеличится максимальная энергия фотоэлектронов, если частоту излучения увеличить еще раз на такую же величину? Какой была максимальная скорость фотоэлектронов до повышения частоты излучения?
- 10.25.**  Когда длину волны излучения, падающего на катод фотоэлемента, уменьшили от $\lambda_1 = 500$ нм до $\lambda_2 = 400$ нм, максимальная скорость фотоэлектронов увеличилась в 2 раза. Определите красную границу фотоэффекта λ_{\max} для данного катода.
- 10.26.** Какую скорость приобретет свободный атом водорода, поглотивший фотон с энергией 13 эВ? Начальная скорость атома равна нулю.
- 10.27.** Излучение лазера с длиной волны 440 нм падает на зеркальную поверхность. Угол падения равен 30° . Какой импульс передает поверхности каждый фотон?
- 10.28.** На зеркальную поверхность падает пучок света мощностью 5 мВт. Найдите силу давления света на поверхность, если угол падения равен: а) нулю; б) 60° .
- 10.29.**  Свет нормально падает на поверхность твердого тела. Сравните давление света на эту поверхность в трех случаях: а) поверхность зеркальная; б) поверхность черная; в) поверхность белая. Обоснуйте свой ответ.
- 10.30.** На столе стоит высокий брусок массой 1 г. Его поверхность зеркально отражает свет, размеры основания 1 см \times 1 см. На одну из боковых граней бруска на высоте 10 см нормально падает узкий пучок лазерного излучения, мощность которого постепенно увеличивают. При какой мощности излучения брусок опрокинется, если он не скользит по поверхности стола?
- 10.31.** Космический аппарат массой $m = 1$ т, движущийся вокруг Солнца, развернул парус из металлической пленки, зеркально отражающий свет. Сила давления света полностью компенсировала силу притяжения Солнца. Какова площадь паруса? Мощность излучения Солнца равна $P = 3,8 \cdot 10^{26}$ Вт.
- 10.32.** При действии на поверхность металла излучения мощного лазера возможен многофотонный фотоэффект (электрон поглощает не один фотон, а несколько). По аналогии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта запишите уравнение многофотонного фотоэффекта. Постройте график зависимости задерживающего напряжения от частоты излучения для трехфотонного фотоэффекта на цезии.

10.33. На рисунке приведен график зависимости задерживающего напряжения от частоты электромагнитного излучения, действующего на катод вакуумного фотоэлемента. Какова работа выхода электронов из катода?



К задачам 10.33, 10.34



К задачам 10.35, 10.36

10.34. На рисунке приведен график зависимости задерживающего напряжения от частоты электромагнитного излучения, действующего на катод вакуумного фотоэлемента. Какое задерживающее напряжение соответствует точке A на графике?

10.35. На рисунке показана вольтамперная характеристика вакуумного фотоэлемента, на катод которого действует свет с длиной волны 450 нм. Найдите красную границу фотоэффекта для данного катода.

10.36. На рисунке показана вольтамперная характеристика вакуумного фотоэлемента, на катод которого действует свет с длиной волны 450 нм. Найдите мощность действующего на катод излучения, считая, что каждый сотый из падающих фотонов вырывает с катода электрон.

10.37^{*)}. На сколько изменяется длина волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеянии на угол: а) 60° ; б) 90° ; в) 180° ?

10.38^{*)}. При комптоновском рассеянии длина волны рентгеновского излучения увеличилась на 1,2 пм. Найдите угол рассеяния.

10.39^{*)}. Какова длина волны падающего на графит рентгеновского излучения, если после рассеяния на угол 90° длина волны увеличивается на 25%?

10.40^{*)}. Длина волны рентгеновского излучения в результате комптоновского рассеяния увеличилась от 3,3 пм до 4 пм. Найдите угол рассеяния и кинетическую энергию электронов отдачи.

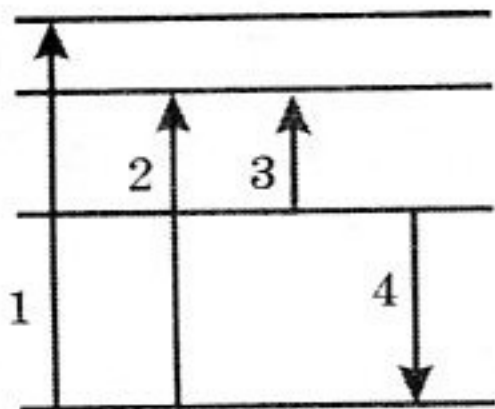
10.41^{*)}. Длина волны рентгеновского излучения в результате комптоновского рассеяния увеличилась от 3,3 пм до 4 пм. Найдите направление вылета и импульс электронов отдачи.

^{*)} Задачи 10.37 — 10.41 предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики.

11. ФИЗИКА АТОМА

$$h\nu = E_1 - E_2$$

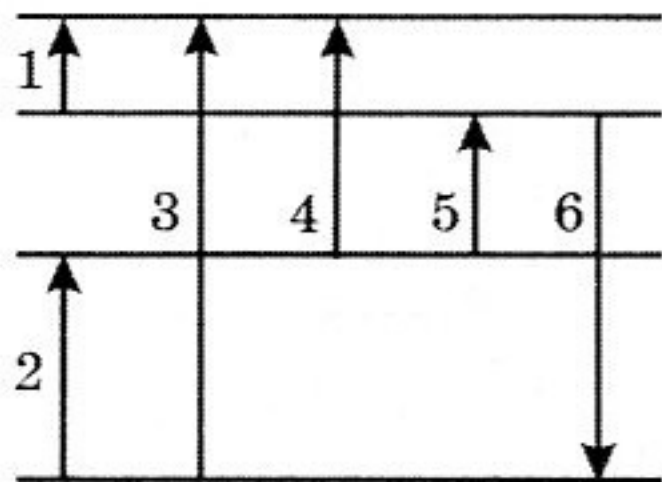
СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 11.1. ? Укажите, при каких переходах атом излучает энергию, а при каких — поглощает: а) переход с первого энергетического уровня на четвертый; б) переход со второго энергетического уровня на первый; в) переход со второго энергетического уровня на третий; а) переход с третьего энергетического уровня на первый.
- 11.2. Минимальная частота излучения, которое может поглотить атом, находящийся на первом энергетическом уровне, равна $2 \cdot 10^{15}$ Гц. Каково «расстояние» между первым и вторым энергетическими уровнями атома?
- 11.3. В парах ртути энергия атома при столкновении с электроном может увеличиться на 4,9 эВ. Какова длина волны излучения, испускаемого после этого атомом?
- 11.4. ? На рисунке показаны энергетические уровни атома. Стрелками обозначены переходы между уровнями. При каких переходах происходит поглощение излучения? При каком переходе испускается излучение с максимальной длиной волны? При каком переходе испускается излучение с максимальной частотой?
- 
- 11.5. ? В каком состоянии находится вещество, имеющее линейчатый спектр испускания?

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 11.6. ? Какие из разреженных газов дают линейчатые спектры испускания и поглощения: метан, неон, углекислый газ, гелий, радон, водяной пар, пары ртути, сернистый газ?
- 11.7. ? Какое вещество дает линейчатые спектры испускания и поглощения: а) твердый кислород; б) жидкий кислород; в) разреженный атомарный кислород; в) озон O_3 в атмосфере; г) кислород O_2 в атмосфере?
- 11.8. ? В люминесцентных лампах пары ртути при прохождении тока испускают ультрафиолетовое излучение. Находящийся с внутренней стороны стенок баллона лампы слой люминофора поглощает это излучение и испускает видимый свет. Сплошным или линейчатым является спектр ультрафиолетового излучения? Испускаемого видимого света?

11.9. На рисунке показаны энергетические уровни атома. Стрелками обозначены переходы между уровнями. Пусть λ_i — длина волны излучения, испускаемого или поглощаемого при соответствующем переходе. Выразите: а) λ_4 через λ_2 и λ_3 ; б) λ_3 через λ_1 и λ_6 ; в) λ_5 через λ_2 и λ_6 .



11.10^{*)}. Энергия ионизации атома водорода, находящегося на первом энергетическом уровне, равна 13,55 эВ. При какой длине волны излучение может вызвать ионизацию атома водорода, находящегося на втором энергетическом уровне?

11.11^{**) ⚙️}. Наибольшая длина волны в видимой части спектра поглощения атомарного водорода $\lambda_1 = 656$ нм. Найдите длины волн следующих двух спектральных линий этой серии.

11.12^{**) ⚙️}. С 1960 по 1983 год метр определялся как 1650763,73 длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу атома криптона-86 между двумя определенными энергетическими уровнями. Каковы разность энергий этих уровней и длина волны излучения? Какому диапазону принадлежит это излучение?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11.13^{**) ⚙️}. Наибольшая длина волны в видимой части спектра поглощения атомарного водорода равна 656 нм. Может ли атом водорода поглотить фотон излучения с длиной волны 80 нм? Если может, то к чему приведет поглощение такого фотона?

11.14^{**) ⚙️}. Наибольшая длина волны в видимой части спектра поглощения атомарного водорода равна 656 нм. Найдите наибольшую длину волны в ультрафиолетовой части спектра этого вещества.

11.15^{**) ⚙️}. Какую минимальную скорость должны иметь электроны, чтобы перевести атом водорода с первого энергетического уровня на третий, если энергия ионизации атома водорода равна 13,55 эВ? Каковы частоты излучаемых после этого электромагнитных волн?

^{**) ⚙️} Задачи 11.10 — 11.15 предназначены для учебных заведений и классов с углубленным изучением физики. При решении этих задач следует учитывать, что видимая часть спектра атомарного водорода соответствует переходам между вторым и каким-либо из более высоких энергетических уровней.

12. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}, \quad E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2 = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}) \cdot c^2$$

Пример решения задачи

При α -распаде неподвижного ядра радия-226 образуется ядро радона-222. Какова скорость образовавшегося ядра радона?

Дано:

$$m_{\text{Ra}} = 226,02435 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{Rn}} = 222,01922 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{He}} = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$v_{\text{Rn}} = ?$$

Решение.

При распаде ядра выделяется энергия

$$E = \Delta m \cdot c^2,$$

где Δm — разность между массой ядра радия и суммарной массой двух образовавшихся ядер:

$$\begin{aligned} \Delta m &= (m_{\text{Ra}})_{\text{я}} - (m_{\text{Rn}})_{\text{я}} - (m_{\text{He}})_{\text{я}} = \\ &= (m_{\text{Ra}} - 88m_e) - (m_{\text{Rn}} - 86m_e) - (m_{\text{He}} - 2m_e) = \\ &= m_{\text{Ra}} - m_{\text{Rn}} - m_{\text{He}} = 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.м.} \end{aligned}$$

Согласно закону сохранения импульса образовавшиеся ядра разлетаются в противоположных направлениях с одинаковыми по модулю импульсами: $m_{\text{Rn}} v_{\text{Rn}} = m_{\text{He}} v_{\text{He}}$.

Из закона сохранения энергии $\Delta m \cdot c^2 = \frac{m_{\text{Rn}} v_{\text{Rn}}^2}{2} + \frac{m_{\text{He}} v_{\text{He}}^2}{2}$

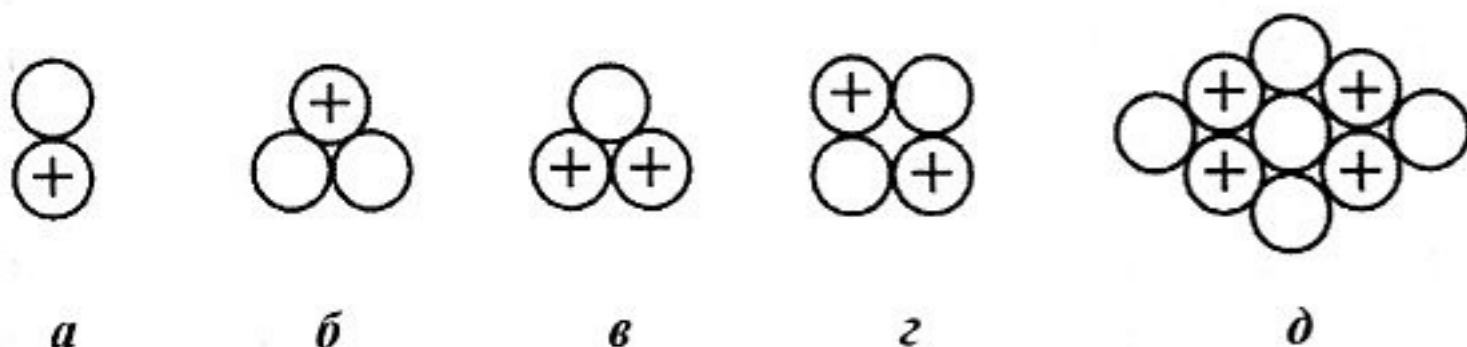
получаем
$$v_{\text{Rn}} = c \sqrt{\frac{2m_{\text{He}} \cdot \Delta m}{m_{\text{Rn}} (m_{\text{Rn}} + m_{\text{He}})}}.$$

$$[v] = \frac{\text{М}}{\text{с}} \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{кг}}} = \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

$$v_{\text{Rn}} = 3 \cdot 10^8 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 2,53 \cdot 10^{-3}}{222 \cdot (222 + 4)}} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ (м/с)}.$$

Ответ. 190 км/с.

- 12.1.** В ядре атома химического элемента 22 протона и 26 нейтронов. Назовите этот элемент.
- 12.2.** На рисунках схематически показаны некоторые ядра. Какие из них принадлежат изотопам одного и того же химического элемента? Назовите соответствующие изотопы.



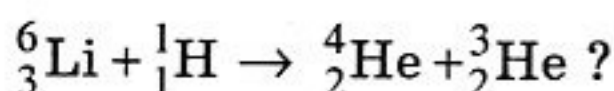
К задаче 12.2

- 12.3.** Используя периодическую систему химических элементов, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах углерода, фтора, галлия, молибдена.
- 12.4.** Какое ядро образуется в результате α -распада полония-212?
- 12.5.** При β -распаде из ядра свинца-210 вылетают электрон и антинейтрино. Какое ядро образуется в результате β -распада?
- 12.6.** Излучение радиоактивного препарата, находящегося на дне канала в куске свинца, расщепляется в однородном магнитном поле на три пучка (см. рисунок). Какой из этих пучков образован α -частицами? β -частицами? γ -излучением?
-
- 12.7.** Нейтрон впервые был выделен из ядра атома в результате бомбардировки α -частицами бериллия ${}^9_4\text{Be}$. Запишите уравнение соответствующей ядерной реакции.
- 12.8.** При облучении мишени протонами образуется магний-24 и вылетают α -частицы. Запишите уравнение происходящей ядерной реакции.
- 12.9.** При облучении ядрами дейтерия мишени из молибдена-95 наблюдается вылет нейтронов. Запишите уравнение происходящей ядерной реакции.

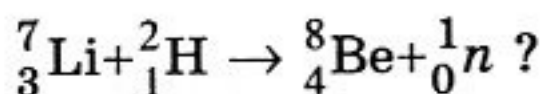
- 12.10. Ядро $^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось после двух последовательных α -распадов. Из какого ядра оно образовалось?
- 12.11. Период полураспада иода-131 равен 8 сут. Сколько процентов начального количества атомов иода-131 останется через 24 сут?
- 12.12. Период полураспада селена-75 равен 120 сут. Сколько процентов атомов этого изотопа распадется за 840 сут?
- 12.13. Суммарная масса покоя продуктов ядерной реакции на 0,015 а.е.м. меньше, чем суммарная масса покоя вступивших в реакцию ядер и частиц. Каков энергетический выход данной ядерной реакции?
- 12.14. Суммарная масса покоя продуктов ядерной реакции оказалась на 0,025 а.е.м. больше, чем суммарная масса покоя вступивших в реакцию ядер и частиц. Каков энергетический выход данной ядерной реакции?

ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 12.15. ? Узкий пучок β -излучения в однородном магнитном поле заметно расширяется. О чем это свидетельствует?
- 12.16. ? Почему распад и деление тяжелых ядер происходят при любой температуре, а реакции синтеза легких ядер — только при достаточно высоких температурах?
- 12.17. Радиоактивный атом $^{232}_{90}\text{Th}$ превратился в атом $^{212}_{83}\text{Bi}$. Сколько произошло α - и β -распадов в ходе этого превращения?
- 12.18. Найдите дефект масс ядра азота $^{15}_7\text{N}$.
- 12.19. Найдите дефект масс ядра лития ^7_3Li .
- 12.20. Какова энергия связи ядра $^{30}_{14}\text{Si}$?
- 12.21. Какова энергия связи ядра углерода $^{13}_6\text{C}$?
- 12.22. Какова удельная энергия связи ядра алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$?
- 12.23. Какова удельная энергия связи ядра радия $^{226}_{88}\text{Ra}$?
- 12.24. Каков энергетический выход ядерной реакции



12.25. Каков энергетический выход ядерной реакции



12.26. Каков энергетический выход ядерной реакции, описанной в задаче 12.7?

12.27. Каков период полураспада радиоактивного изотопа, если за 12 ч в среднем распадается 7500 атомов из 8000 атомов?

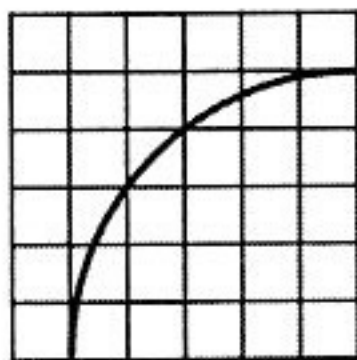
12.28. Период полураспада радиоактивного изотопа равен 20 мин. Через какое время в образце массой 4 г останется 500 мг данного изотопа?

12.29. Период полураспада цезия-134 равен 2 года. За какое время количество этого изотопа в образце уменьшается в 8000 раз?

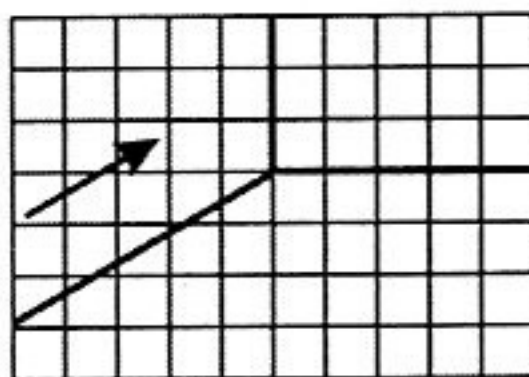
12.30. ? Почему для осуществления цепной ядерной реакции недостаточно получить химически чистый уран, а необходимо обогатить его изотопом урана-235?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

12.31. На рисунке показан трек α -частицы, которая двигалась в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 100 мТл, направленном перпендикулярно плоскости рисунка. Расстояние между линиями сетки на рисунке равно 1 см. Какова скорость частицы?



К задачам 12.31, 12.32

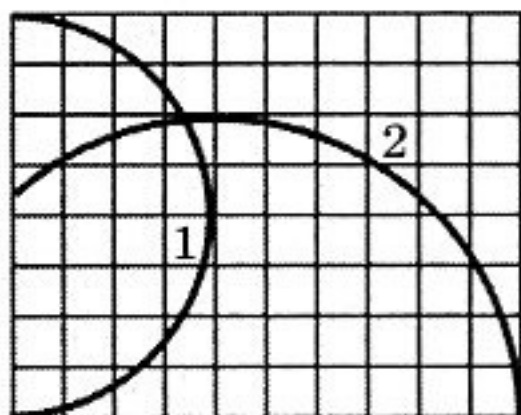


К задаче 12.33

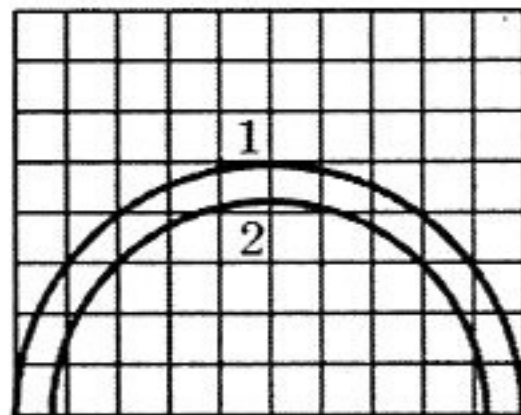
12.32. На рисунке показан трек протона, который после разгона в электрическом поле двигался в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,6 Тл. Магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости рисунка, расстояние между линиями сетки на рисунке равно 5 мм. Найдите ускоряющее напряжение.

12.33. ? Показанная на рисунке фотография получена в камере Вильсона, наполненной водяным паром. Какая частица могла пролететь через камеру Вильсона? Стрелкой показано направление начальной скорости частицы.

- 12.34.** На рисунке показаны треки двух частиц, двигавшихся с одинаковыми скоростями в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рисунка. Первый трек принадлежит ядру дейтерия. Какой частице может принадлежать второй трек?



К задаче 12.34




К задаче 12.35

- 12.35.** На рисунке показаны треки двух частиц, двигавшихся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рисунка. Первый трек принадлежит ядру дейтерия. Какой частице может принадлежать второй трек, если обе частицы прошли одно и то же ускоряющее напряжение?



- 12.36.** На рисунке показан трек электрона, полученный с помощью камеры Вильсона. На сколько процентов уменьшилась кинетическая энергия электрона, когда он пролетел сквозь свинцовую пластинку? Камера Вильсона находится в однородном магнитном поле, которое перпендикулярно плоскости рисунка.



- 12.37.** Одна из α -частиц в опыте Резерфорда после взаимодействия с ядром золота изменила направление движения на противоположное. Какова была ее скорость в момент наибольшего сближения с ядром, если начальная скорость α -частиц равнялась 20 000 км/с?

- 12.38.**  Протон, двигавшийся со скоростью $v_0 = 500$ км/с, столкнулся с неподвижным ядром. В результате упругого столкновения направление движения протона изменилось на противоположное, а модуль его скорости уменьшился до $v = 400$ км/с. С каким ядром могло произойти это столкновение?

- 12.39.** Кинетическая энергия ядра дейтерия после лобового упругого столкновения уменьшилась на 29,5%. С ядром какого атома могло произойти столкновение?

- 12.40.** Альфа-частица в результате упругого столкновения с неподвижным ядром изменила направление движения на 60° . С каким ядром могло произойти столкновение, если после него скорость альфа-частицы уменьшилась в 2 раза?
- 12.41.** Период полураспада фосфора-32 равен 14 сут. На сколько процентов уменьшается активность препарата фосфора-32 за 20 сут?
- 12.42.** Два образца содержали в начальный момент одинаковое количество радиоактивных атомов. Через сутки количество радиоактивных атомов в первом образце оказалось в 2 раза больше, чем во втором. Найдите период полураспада атомов второго образца, если для атомов первого образца он равен 8 ч.
- 12.43.**  Период полураспада плутония-238 $T = 86$ лет. При распаде каждого ядра этого изотопа выделяется энергия $E_0 = 5,5$ МэВ. Сколько энергии выделяется за $t = 1$ сут в образце, содержащем $m = 10$ мг плутония-238?
- 12.44.** При аннигиляции электрона и позитрона образовались два γ -кванта. Найдите импульс каждого из образовавшихся γ -квантов, считая частицы до аннигиляции неподвижными.
- 12.45.** Найдите минимальную частоту гамма-кванта, способного «разбить» ядро гелия-4 на два ядра дейтерия.
- 12.46.**  Какую кинетическую энергию должен иметь протон, чтобы «разбить» ядро дейтерия на протон и нейтрон?
- 12.47.** Сколько воды можно нагреть от 20°C до 100°C и выпарить за счет энергии, выделяющейся при делении 9,4 г урана-235? Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ. Потери энергии не учитывайте.
- 12.48.** КПД атомной электростанции мощностью 600 МВт равен 28%. Найдите массу ядерного горючего (урана-235), которое расходует электростанция каждые сутки. Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.
- 12.49.** Найдите КПД атомной электростанции мощностью 500 МВт, если каждые сутки она расходует 2,35 кг урана-235. Считайте, что при каждом делении ядра урана выделяется энергия 200 МэВ.

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

13. МЕХАНИКА

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 13.1.** Пассажирский поезд, идущий со скоростью 90 км/ч, обгоняет движущийся по соседнему пути грузовой состав длиной 1200 м. Какова скорость грузового состава, если сидящий у окна пассажир наблюдает этот состав в течение 4 мин?
- 13.2.** Капли дождя в безветренную погоду падают со скоростью 1,5 м/с. С какой скоростью движутся такие же капли относительно земли, когда дует ветер, скорость которого 2 м/с?
- 13.3.** Шарик, скатываясь без начальной скорости с наклонного желоба, прошел за первую секунду 15 см. Какое расстояние пройдет шарик за первые 3 с движения? За четвертую секунду?
- 13.4.** При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился за 5 с. Определите его тормозной путь.
- 13.5.** Под действием постоянной силы скорость тела массой 2 кг за 10 с уменьшилась от 5 м/с до нуля. Найдите модуль силы.
- 13.6.** Какая сила трения действует на автомобиль массой 1,5 т, проходящий по горизонтальной дороге со скоростью 54 км/ч поворотом радиусом 60 м?
- 13.7.** Мальчик, бегущий со скоростью 4 м/с, догоняет тележку, движущуюся со скоростью 1 м/с, и вскакивает на нее. С какой скоростью движется после этого тележка? Масса мальчика равна 50 кг, масса тележки — 100 кг.
- 13.8.** Камень бросили с земли под углом к горизонту со скоростью 20 м/с. Какова скорость камня на высоте 8 м? Сопротивление воздуха не учитывайте.
- 13.9.** Груз массой 300 г совершает колебания в горизонтальном направлении на пружине жесткостью 120 Н/м. Какова наибольшая скорость груза, если наибольшее удлинение пружины равно 6 см?

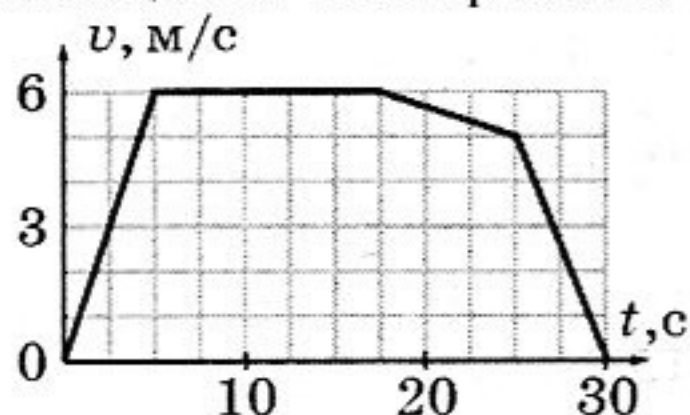
ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 13.10.** Плоты проплывают от пристани А до пристани Б за 5 ч, а моторная лодка — за 1,5 ч. Сколько времени потребуется лодке на обратный путь?
- 13.11.** Пловец переплывает реку по кратчайшему пути за 1 мин. Какова ширина реки, если скорость ее течения равна 0,5 м/с, а скорость пловца относительно воды 1,3 м/с?
- 13.12.** Материальная точка движется вдоль оси Ox . Уравнение зависимости ее координаты от времени имеет вид $x = -8 + 6t - t^2$ (ве-

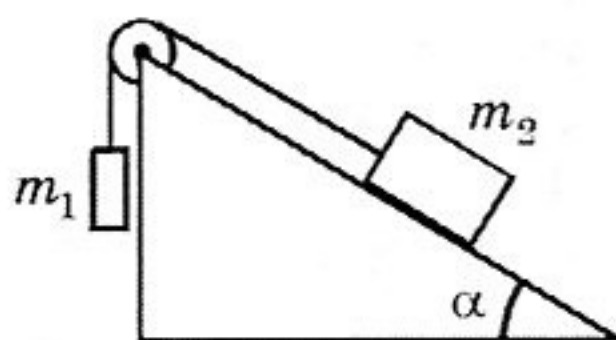
личины измерены в единицах СИ). Опишите характер движения, запишите уравнение зависимости $v_x(t)$, постройте график $v_x(t)$. Найдите путь и модуль перемещения точки за 4 с движения.

- 13.13.** Поезд, отходя от станции, движется равноускоренно. На первом километре пути он увеличил скорость на 12 м/с. На сколько возрастет скорость поезда на втором километре пути?
- 13.14.** Шарик, скатывающийся с наклонной плоскости без начальной скорости, за пятую секунду движения прошел 90 см. Какой путь пройдет шарик за первые 6 с движения? Какую скорость приобретет к концу шестой секунды движения?
- 13.15.** Когда падающая с крыши здания сосулька пролетела 5 м, от крыши оторвалась другая сосулька. Через какое время после этого расстояние между сосульками удвоится? Сопротивление воздуха не учитывайте; считайте $g = 10 \text{ м/с}^2$.
- 13.16.** Камень подброшен вверх со скоростью 15 м/с. На какой высоте его скорость уменьшится в 3 раза?
- 13.17.** «Снаряд» пружинного пистолета при выстреле вертикально вверх поднимается на высоту 1 м. Какой будет дальность его полета при горизонтальном выстреле с высоты 64 см?
- 13.18.** Найдите обусловленные суточным вращением Земли скорость и ускорение точек земной поверхности, лежащих на 45-й параллели.

- 13.19.** Человек массой 70 кг поднимается в лифте на верхний этаж высотного здания. На рисунке приведен график зависимости скорости лифта от времени. Найдите вес человека на каждом из этапов движения.

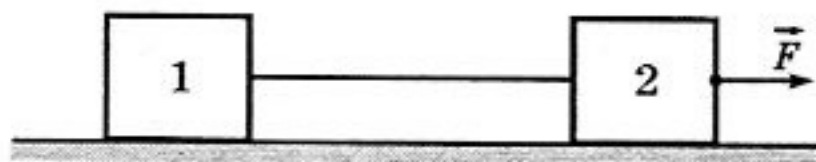


- 13.20.** Два тела связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рисунок). Найдите ускорения тел, если их массы $m_1 = 1 \text{ кг}$ и $m_2 = 1,5 \text{ кг}$. Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$, трение отсутствует.



- 13.21.** Санки выезжают со скоростью 6 м/с на горизонтальную площадку и останавливаются, проехав 6 м. Каков коэффициент трения между полозьями санок и площадкой?
- 13.22.** На концах нити, перекинутой через неподвижный блок, неподвижно висят две гири массами по 1 кг. Одна из них находится на 2 м выше другой. Какой дополнительный груз надо положить на верхнюю гирю, чтобы через 2 с гири оказались на одинаковой высоте?

- 13.23.** Связанные нитью бруски движутся по столу под действием постоянной силы $F = 2 \text{ Н}$ (см. рисунок). Массы брусков $m_1 = 400 \text{ г}$ и $m_2 = 100 \text{ г}$, коэффициенты их трения о стол соответственно $\mu_1 = 0,15$ и $\mu_2 = 0,4$. Какова сила натяжения нити?



- 13.24.** Автомобиль первый раз прошел выпуклый мост со скоростью 90 км/ч , а второй раз — со скоростью 36 км/ч . Сила давления автомобиля на дорогу в верхней точке моста во втором случае оказалась в $1,5$ раза больше. Каков радиус кривизны моста?
- 13.25.** На горизонтальный диск, вращающийся вокруг вертикальной оси, кладут монету. Наибольшее расстояние от оси вращения, при котором монета остается неподвижной относительно диска, равно 15 см . Каков коэффициент трения монеты о диск? Диск совершает 36 оборотов в минуту.
- 13.26.** Масса планеты Z в 4 раза больше массы Земли, а радиус этой планеты в $1,5$ раза больше радиуса Земли. Найдите ускорение свободного падения на поверхности планеты Z и первую космическую скорость для этой планеты.
- 13.27.** Каким должен быть угол наклона полотна дороги на повороте радиусом 200 м , чтобы автомобиль мог проходить этот поворот на скорости 54 км/ч даже во время гололедицы?
- 13.28.** Ящик массой 10 кг ставят на наклонную плоскость. Коэффициент трения равен $0,7$. Найдите действующую на ящик силу трения, если угол наклона плоскости равен: а) 30° ; б) 45° .
- 13.29.** Если один край лежащей на столе метровой линейки приподнять на 20 см , деревянный брусок соскальзывает по линейке с постоянной скоростью. С каким ускорением будет двигаться брусок, если высоту верхнего края линейки увеличить в 3 раза?
- 13.30.** Автомобиль массой 1 т движется в гору с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Найдите силу тяги, если уклон равен $0,05$, а коэффициент сопротивления движению равен $0,04$.
- 13.31.** Чтобы втащить груз вверх по наклонной плоскости с углом наклона 15° , надо приложить силу 24 Н , а чтобы стащить вниз, надо приложить силу 3 Н . Найдите коэффициент трения груза о плоскость, если в обоих случаях сила направлена вдоль наклонной плоскости.
- 13.32.** Однородный брусок массой 160 кг лежит на двух опорах (см. рисунок). С какой силой он давит на каждую из опор? Какую силу надо приложить в точке A , чтобы поднять брусок?

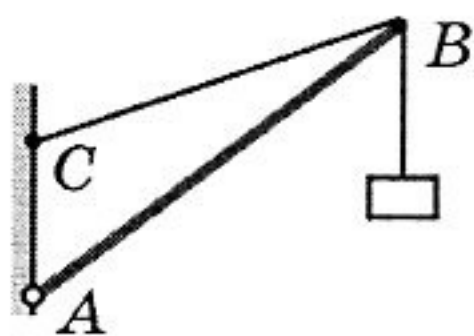


- 13.33.** Кубический аквариум со стороной 20 см наполнен водой. Найдите силу давления воды на дно и стенку аквариума. Атмосферное давление не учитывайте.
- 13.34.** В сообщающиеся сосуды налили воду, а затем в один из них долили керосин. Какова разность уровней *воды* в сосудах, если высота слоя керосина равна 50 см?
- 13.35.** Чугунная гиря массой 7 кг подвешена на шнуре. Гирю полностью погружают в цилиндрический сосуд с водой (она не касается дна и стенок сосуда). На сколько уменьшилась сила натяжения шнура? На сколько изменилась сила давления воды на дно сосуда, если вода из сосуда не выливалась?
- 13.36.** Ракета каждую секунду выбрасывает 8 кг раскаленных газов со скоростью 1,5 км/с относительно корпуса ракеты. Найдите силу тяги реактивного двигателя.
- 13.37.** Начинаящий ковбой, накинув лассо на бегущего быка, от рывка полетел вперед со скоростью 4 м/с, а скорость быка уменьшилась с 8 м/с до 7 м/с. Какова масса быка, если масса ковбоя 70 кг?
- 13.38.** Охотник находится в лодке, движущейся со скоростью 0,48 м/с. Сколько выстрелов должен сделать охотник, чтобы лодка остановилась? Масса лодки вместе с охотником 180 кг, заряда — 18 г, скорость вылета дроби 400 м/с.
- 13.39.** Тележка с песком массой 700 кг двигалась к орудью со скоростью 9 км/ч. Снаряд массой 10 кг попал в тележку со скоростью 400 м/с под углом 30° к горизонту и застрял в песке. С какой скоростью двигалась тележка после удара?
- 13.40.** Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 300 м/с, попадает в висящий на нити шар массой 1 кг и застревает в нем. На какую высоту поднимется шар? На какой угол отклонится нить от вертикали, если длина нити 2 м?
- 13.41.** При подготовке игрушечного пистолета к выстрелу пружину жесткостью 800 Н/м сжали на 5 см. Какую скорость приобретет пуля массой 20 г при выстреле в горизонтальном направлении? Какова дальность полета пули при выстреле с высоты 2,2 м?

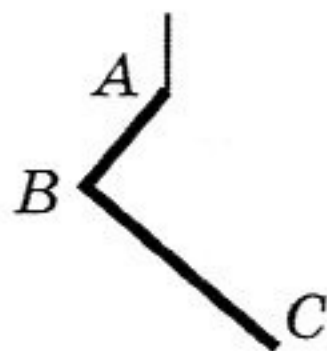
ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

- 13.42.** Скорость пловца в 1,5 раза больше скорости течения реки. За какое *минимальное* время он может переплыть эту реку, если переправа по *кратчайшему* пути занимает 2 мин?
- 13.43.** При вертикальном старте модель ракеты 5 с двигалась с постоянным ускорением, после чего двигатель отключился. С каким ускорением поднималась модель, если она упала на землю через 15 с после начала движения? Сопротивление воздуха не учитывайте.

- 13.44.** Поезд метро прошел отрезок между двумя станциями за 3 мин со средней скоростью 55 км/ч. При этом на разгон в начале движения и торможение перед остановкой ушло в общей сложности 0,5 мин, а остальное время поезд двигался с постоянной скоростью. Чему равна эта скорость?
- 13.45.** Шар массой 2 кг, подвешенный на нити длиной 2 м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Какова сила натяжения нити в тот момент, когда она образует угол 60° с вертикалью? Скорость шара в этот момент равна 3 м/с.
- 13.46.** Продолжительность суток на планете Z (см. задачу 13.26) в 2 раза больше продолжительности земных суток. При каком радиусе орбиты спутник этой планеты может «висеть» все время над одной и той же точкой экватора?
- 13.47.** Два спутника Земли движутся по круговым орбитам в экваториальной плоскости с запада на восток. Скорости спутников равны 7,5 км/с и 7 км/с. Каковы минимальное и максимальное расстояния между спутниками? Через какие промежутки времени спутники сближаются на минимальное расстояние?
- 13.48.** Груз массой 20 кг удерживают легкий шарнирно закрепленный стержень AB и две нити (см. рисунок). Какова сила натяжения нити BC , если $AB = 56$ см, $BC = 48$ см, $AC = 20$ см?



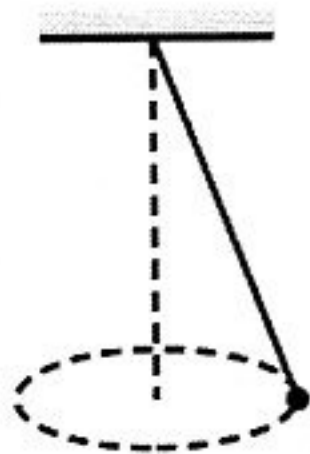
К задаче 13.48



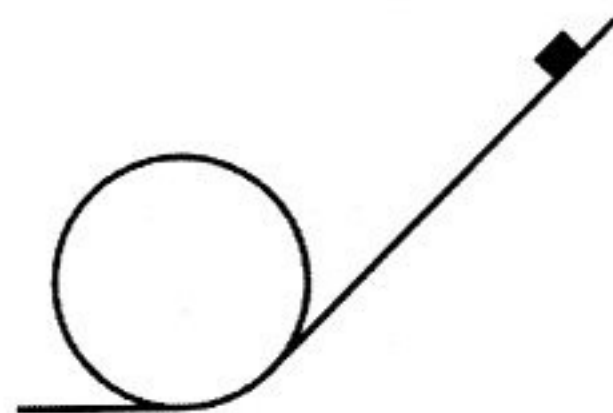
К задаче 13.49

- 13.49.** Тонкий стальной стержень согнули под прямым углом (см. рисунок) и подвесили на нити. Какой угол образует с вертикалью отрезок AB , если $BC = 2AB$?
- 13.50.** Легкая лестница, опирающаяся на стену, образует с вертикалью угол 30° . Когда человек, поднимающийся по лестнице, преодолел две трети ее длины, нижний край лестницы начал скользить по полу. Найдите коэффициент трения между лестницей и полом, если трением между лестницей и стеной можно пренебречь.
- 13.51.** В цилиндрический сосуд с водой опустили стальную лодочку. При этом уровень воды изменился от 10 см до 18 см. Каким станет уровень воды, если лодочку утопить?

- 13.52.** Какую работу надо совершить, чтобы втащить на крышу свисающий с нее кусок каната длиной 10 м и массой 30 кг?
- 13.53.** Лебедка, развивающая полезную мощность 500 Вт, втаскивает по наклонной плоскости ящик массой 100 кг. С какой скоростью движется ящик, если коэффициент трения равен 0,3, а угол наклона плоскости 20° ?
- 13.54.** Легкий брусок толкнули вверх по наклонной плоскости под углом 20° к горизонту. На расстоянии 2 м от начальной точки брусок налетел на неподвижный тяжелый ящик. После упругого столкновения брусок отскочил назад и через 1 м остановился. Найдите начальную скорость бруска, если коэффициент трения между ним и плоскостью равен 0,5.
- 13.55.** Брусок соскальзывает с наклонной доски. Если угол наклона доски к горизонту 30° , брусок приобретает скорость 5 м/с. Если же угол наклона доски 45° , брусок приобретает скорость 8 м/с. Найдите длину доски и коэффициент трения между бруском и доской.
- 13.56.** *Конический маятник.* Груз, подвешенный на нити длиной 1 м, описывает окружность (см. рисунок) с радиусом 60 см в горизонтальной плоскости. Во сколько раз изменится период обращения груза, если радиус окружности увеличить до 80 см?
- 13.57.** Груз массой 200 г, подвешенный на нити длиной 1 м, описывает окружность в горизонтальной плоскости (конический маятник, см. рисунок). Радиус окружности равен 60 см. Какую работу надо совершить, чтобы радиус окружности увеличился до 80 см?



К задачам 13.56, 13.57



К задачам 13.58, 13.59

- 13.58.** Небольшое тело соскальзывает с высоты 30 см по наклонной поверхности, переходящей в «мертвую петлю» (см. рисунок) радиусом 15 см. На какой высоте тело оторвется от поверхности петли?
- 13.59.** С какой высоты должно соскальзывать тело (см. задачу 13.58), чтобы пройти «мертвую петлю», не отрываясь от ее поверхности?
- 13.60.** Шар А в результате лобового упругого столкновения с неподвижным шаром Б потерял $\frac{3}{4}$ своей кинетической энергии. Каково отношение масс шаров?

14. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

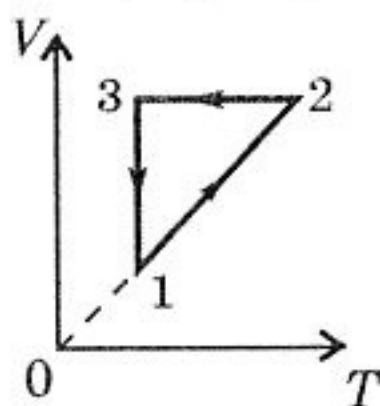
СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 14.1. Какова масса молекулы углекислого газа (CO_2)?
- 14.2. Стальной баллон объемом 4 м^3 заполнен неоном при давлении 200 кПа . Какова масса газа в баллоне, если его температура 400 К ?
- 14.3. В герметичном резервуаре объемом 200 л находятся 15 моль газа при температуре $127 \text{ }^\circ\text{C}$. Каково давление газа?
- 14.4. Средняя квадратичная скорость молекул метана (CH_4) при нормальном атмосферном давлении равна 630 м/с . Какова концентрация молекул метана?
- 14.5. При каком давлении газа его плотность равна $1,2 \text{ кг/м}^3$, если средняя квадратичная скорость молекул 500 м/с ?
- 14.6. В вакуумной камере объемом 1 л находится $8 \cdot 10^{10}$ молекул газа. Определите давление газа в камере, если температура равна 300 К .
- 14.7. Сколько молекул находится в 1 см^3 воздуха при нормальных условиях?
- 14.8. Средняя квадратичная скорость молекул метана (CH_4) равна 630 м/с . Какова температура метана?
- 14.9. Чему равна внутренняя энергия гелия, заполняющего баллон объемом 25 л при давлении 200 кПа ?
- 14.10. Какое количество теплоты нужно передать газу, чтобы его внутренняя энергия увеличилась на 75 Дж и при этом газ совершил 45 Дж работы?
- 14.11. Температура нагревателя идеальной тепловой машины равна $377 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура холодильника $77 \text{ }^\circ\text{C}$. Каков ее КПД?
- 14.12. К медной проволоке с площадью поперечного сечения 2 мм^2 подвешен груз массой 10 кг . Найдите механическое напряжение в проволоке и ее относительное удлинение. Модуль упругости меди равен 120 ГПа .

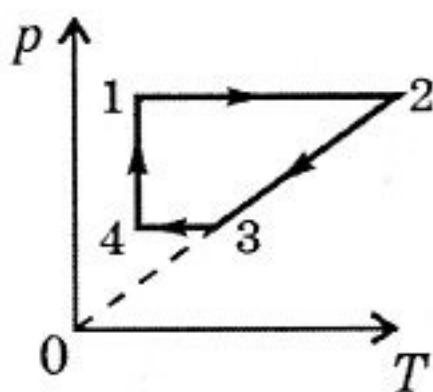
ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 14.13. Какой объем занимают 15 моль жидкой ртути?
- 14.14. Каков объем капельки воды, содержащей 10^{20} молекул?
- 14.15. Газовая смесь содержит 80 г кислорода и 20 г гелия. Найдите среднюю молярную массу смеси.
- 14.16. В баллоне находится 64 г кислорода и 28 г азота. Каково давление газовой смеси, если температура равна 300 К , а объем баллона составляет 50 л ?

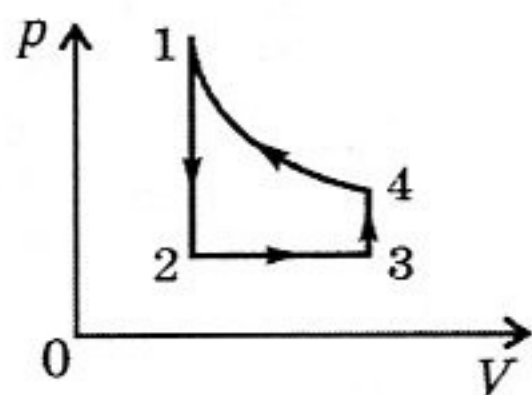
- 14.17. Чему равна плотность углекислого газа при нормальных условиях?
- 14.18. Шлюзовую камеру Международной космической станции заполняют дыхательной смесью при давлении 0,8 атм. Для этого с камерой соединяют баллон, в котором дыхательная смесь находится под большим давлением. Чему равно первоначальное давление в баллоне, если объем шлюзовой камеры равен 4 м^3 , а баллона — 200 л? Температура газа не изменяется.
- 14.19. Воздух находится в цилиндре под поршнем массой 4 кг и площадью 20 см^2 . На сколько нужно нагреть воздух, чтобы поршень поднялся на 10 см? Масса воздуха в цилиндре равна 58 г. Внешнее давление равно 100 кПа, воздух считайте газом с молярной массой 0,029 кг/моль.
- 14.20. На сколько повысилось давление в шинах автомобиля из-за нагрева на $100 \text{ }^\circ\text{C}$ во время движения? Начальное давление равно 0,3 МПа, начальная температура $27 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 14.21. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах p, T и p, V . Масса газа постоянна.



К задаче 14.21



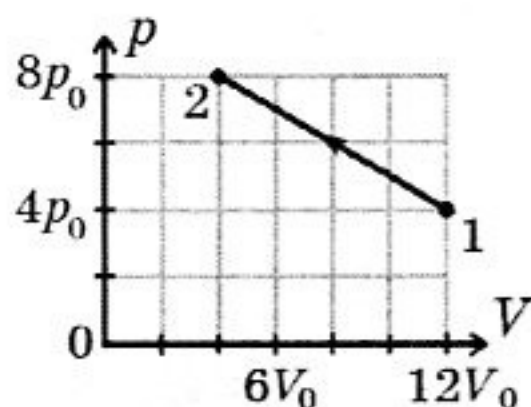
К задаче 14.22



К задаче 14.23

- 14.22. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах p, V и V, T . Масса газа постоянна.
- 14.23. Постройте графики процесса, происходящего с идеальным газом (см. рисунок), в координатах p, T и V, T . Масса газа постоянна. Участок графика 4-1 соответствует изотермическому процессу.
- 14.24. В опыте Штерна смещение середины полоски серебра составило 17 мм. Какова температура платиновой нити накала? Прибор вращается с частотой 40 с^{-1} , радиусы внутреннего и внешнего цилиндров равны соответственно 1 см и 21 см.
- 14.25. Утром над озером был туман. Оцените среднюю квадратичную скорость броуновского движения капелек тумана диаметром 2 мкм. Температура воздуха равнялась $0 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 14.26. Тело массой 1 кг, соскользнув без начальной скорости с наклонной плоскости длиной 20 м под углом 30° к горизонту, приобрело скорость 4 м/с. Какое количество теплоты выделилось при движении тела?

- 14.27.** Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в тающий снежный сугроб. Какое максимальное количество снега может при этом растаять?
- 14.28.** В калориметре находится 600 г воды при температуре 50 °С. Туда бросают кусок льда массой 200 г при температуре –10 °С. Какая конечная температура установится в калориметре?
- 14.29.** При увеличении объема идеального одноатомного газа в 5 раз давление этого газа уменьшилось в 4 раза. Во сколько раз изменилась внутренняя энергия газа?
- 14.30.** При изобарном расширении идеальный одноатомный газ совершил работу 200 Дж. Какое количество теплоты он при этом получил?
- 14.31.** Чему равна работа, совершенная газом в процессе 1-2 (см. рисунок)?
- 14.32.** Найдите массу и высоту столбика воды, поднявшейся по капилляру диаметром 0,32 мм. Смачивание считайте полным, поверхностное натяжение воды равно 73 мН/м.
- 14.33.** При температуре 25 °С относительная влажность воздуха в помещении объемом 60 м³ была равна 60%. Какова масса росы, выпавшей после понижения температуры до 15 °С? Плотность насыщенного водяного пара при 25 °С равна 23 г/м³, а при 15 °С — 12,8 г/м³.
- 14.34.** Сколько льда, взятого при температуре –20 °С, можно превратить в воду при 100 °С, израсходовав 1 л керосина? КПД нагревателя равен 25%.
- 14.35.** За 20 с тепловой двигатель мощностью 100 кВт передает окружающей среде количество теплоты 3 МДж. Каков КПД этого теплового двигателя?
- 14.36.** На теплоходе установлен дизельный двигатель мощностью 75 кВт с КПД 34%. На сколько километров пути ему хватит 1 т дизельного топлива при скорости движения 22 км/ч?



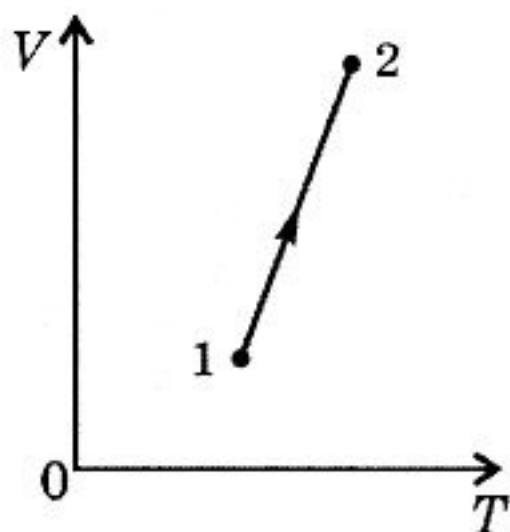
К задаче 14.31

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

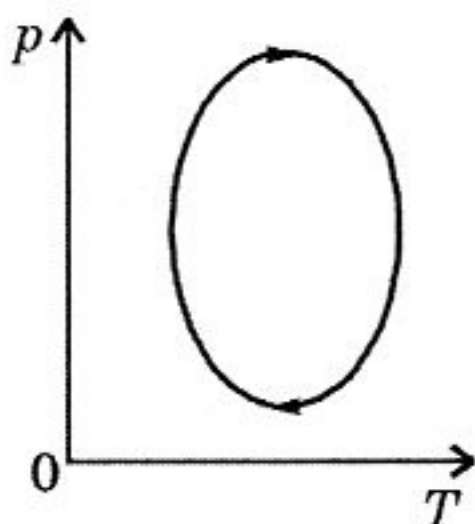
- 14.37.** Сколько молекул ежесекундно покидает поверхность воды в цилиндрическом стакане, если вся вода (200 г) испаряется за 7 суток? Конденсацию пара не учитывайте.
- 14.38.** В комнате испарилась капелька эфира массой 0,5 г. Сколько молекул эфира попадет с одним вздохом в легкие человека, во-

шедшего в комнату? Площадь комнаты 20 м^2 , высота потолка 3 м , жизненный объем легких человека (объем вдыхаемого за один раз воздуха) равен 2 л , молярная масса эфира — $0,074 \text{ кг/моль}$.

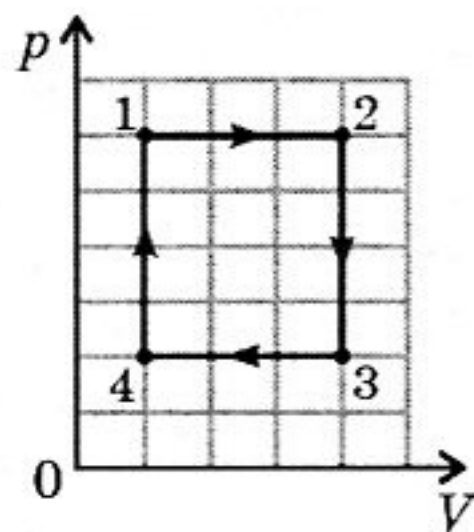
- 14.39.** В баллоне находится газ при температуре $-73 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $1,2 \text{ МПа}$. При нагревании давление в баллоне повышается. Предохранительный клапан открывается и выпускает часть газа при достижении давления $1,8 \text{ МПа}$. Сколько процентов газа выйдет из баллона, если температура газа в баллоне поднимется до $77 \text{ }^\circ\text{C}$?
- 14.40.** Сравните давление данной массы идеального газа в состояниях 1 и 2 (см. рисунок).



К задаче 14.40

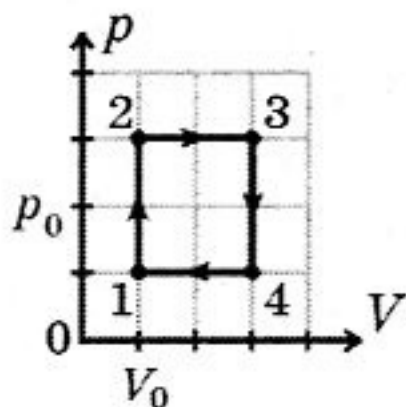


К задаче 14.41



К задаче 14.42

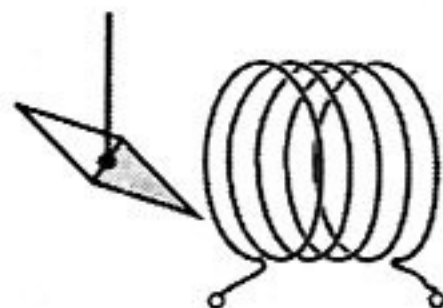
- 14.41.** Как изменялся объем идеального газа в ходе процесса, график которого показан на рисунке? Укажите точки на графике, соответствующие наибольшему и наименьшему объемам.
- 14.42.** В каких состояниях температура газа при циклическом процессе (см. рисунок) максимальна? Минимальна? Во сколько раз отличается максимальная температура от минимальной?
- 14.43.** Стальной калориметр массой 200 г содержит 500 г воды при температуре $18 \text{ }^\circ\text{C}$. В калориметр опускают 50 г льда при температуре $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Какая температура установится в калориметре?
- 14.44.** Алюминиевый калориметр массой 150 г содержит 400 г воды при температуре $30 \text{ }^\circ\text{C}$. В калориметр вводят 30 г водяного пара при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Какая температура установится в калориметре?
- 14.45.** На рисунке показан график циклического процесса, происходящего с одноатомным газом. Определите для каждого участка процесса работу, совершенную газом, и количество отданной или полученной теплоты. Найдите полную работу за весь цикл.



15. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ

- 15.1. С какой силой взаимодействуют два точечных заряда по 4 нКл, находящихся в вакууме на расстоянии 2 см?
- 15.2. Во сколько раз нужно изменить расстояние между зарядами, чтобы сила взаимодействия между ними уменьшилась в 9 раз?
- 15.3. На заряд 2,5 нКл в некоторой точке электрического поля действует сила 9 мкН. Какова напряженность поля в этой точке?
- 15.4. С каким ускорением движется электрон в электрическом поле с напряженностью 100 кВ/м?
- 15.5. Два резистора с сопротивлениями 150 Ом и 50 Ом соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения 100 В. Найдите напряжение на каждом резисторе.
- 15.6. Два резистора с сопротивлениями 60 Ом и 30 Ом соединены параллельно и подключены к источнику напряжения 12 В. Найдите силу тока в каждом резисторе.
- 15.7. ? В елочных гирляндах лампочки соединены последовательно. При перегорании одной из лампочек иногда недостающую лампочку заменяют проволочной перемычкой. Уменьшается или увеличивается после такого «ремонта» потребляемая гирляндой электрическая мощность?
- 15.8. Дуговая сварка ведется при напряжении 50 В. Сила тока дуги равна 600 А. Какова электрическая мощность дуги? Сколько энергии расходуется за 30 мин сварочных работ?
- 15.9. В процессе электролиза из водного раствора соли серебра выделилось 3 г металлического серебра. Какой заряд прошел через электролит, если электрохимический эквивалент серебра равен $1,1 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл?
- 15.10. Могут ли электроны с кинетической энергией $2,2 \cdot 10^{-18}$ Дж вызвать ионизацию атомов азота, энергия ионизации которых равна 14,47 эВ?
- 15.11. ? Какую проводимость (электронную или дырочную) имеет германий с примесью индия? Галлия? Мышьяка? Сурьмы?
- 15.12. ? Магнитную стрелку поднесли к катушке, по которой течет электрический ток (см. рисунок). Стрелка под действием магнитного поля катушки повернулась к ней северным полюсом. Укажите полярность подключения катушки к источнику тока.

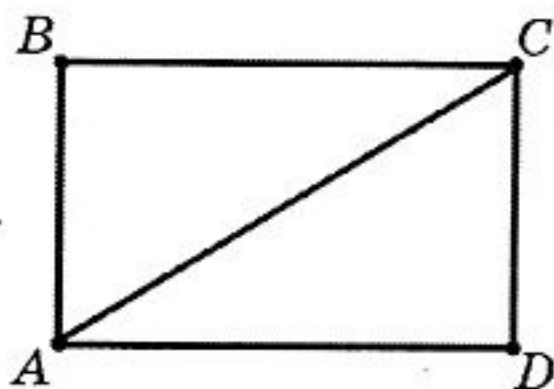


- 15.13.** В однородном магнитном поле с индукцией $0,8$ Тл перпендикулярно к линиям индукции расположен прямолинейный проводник длиной $1,5$ м, по которому течет ток 12 А. Найдите силу, действующую на проводник со стороны магнитного поля.
- 15.14.** На электрон, движущийся перпендикулярно линиям индукции магнитного поля, действует сила Лоренца $8 \cdot 10^{-16}$ Н. Индукция поля равна $0,5$ Тл. Какова скорость электрона?

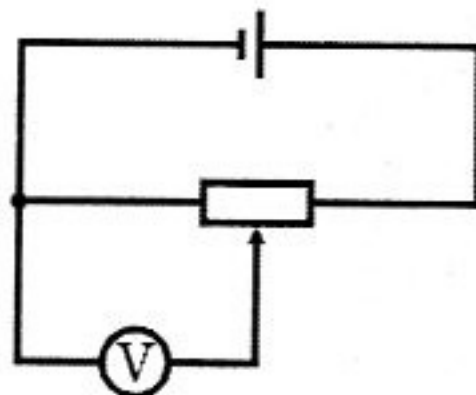
ДОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ

- 15.15. ?** Почему незаряженная пылинка притягивается к наэлектризованной эбонитовой палочке?
- 15.16.** Сравните силы кулоновского и гравитационного притяжения между электроном и протоном в атоме водорода.
- 15.17.** Какой заряд приобрел бы алюминиевый шарик радиусом 1 см, если бы он потерял сотую часть электронов проводимости? Считайте, что на каждый атом алюминия приходится один электрон проводимости.
- 15.18.** Два одинаковых металлических шарика с зарядами $0,2$ мкКл и $1,4$ мкКл находятся на некотором расстоянии. Шарики приводят в соприкосновение и разводят на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась сила их взаимодействия?
- 15.19.** Шарик диаметром 2 мм, несущий заряд 5 нКл, бросили в масло. Плотность шарика 1800 кг/м³. Какой должна быть напряженность вертикального электрического поля, чтобы шарик плавал в толще масла?
- 15.20.** Заряды $-0,4$ мкКл и $1,6$ мкКл расположены на расстоянии 90 см друг от друга. Где нужно поместить третий заряд, чтобы действующие на каждый заряд кулоновские силы компенсировали друг друга? Каким должен быть третий заряд?
- 15.21.** В вакууме на расстоянии 3 см от точки A находится точечный заряд -6 нКл, а на расстоянии 4 см от точки A — точечный заряд 4 нКл. Какова напряженность электрического поля в точке A , если расстояние между зарядами равно 5 см?
- 15.22. ?** Заряженный плоский конденсатор, заполненный маслом, отключен от источника напряжения. Как изменится напряжение на конденсаторе, если масло вытечет?
- 15.23.** Вертикальные пластины плоского воздушного конденсатора наполовину опускают в керосин. Во сколько раз нужно изменить расстояние между пластинами конденсатора, чтобы его емкость осталась неизменной?

- 15.24.** Три конденсатора емкостью $0,24 \text{ мкФ}$, $0,4 \text{ мкФ}$ и $0,6 \text{ мкФ}$ соединили последовательно и подключили к источнику постоянного напряжения 60 В . Определите напряжение на каждом из конденсаторов.
- 15.25.** Пылинка, потерявшая при электризации 20 электронов, находится в равновесии между горизонтальными пластинами воздушного конденсатора. Каков заряд конденсатора, если расстояние между пластинами равно $2,5 \text{ мм}$, емкость конденсатора $0,015 \text{ мкФ}$, а масса пылинки 10^{-11} г ?
- 15.26. ?** Как изменится энергия заряженного плоского конденсатора, если увеличить расстояние между его пластинами? Рассмотрите два случая: а) конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения; б) конденсатор отключен от источника напряжения.
- 15.27.** Никелиновый и нихромовый проводники длиной по $6,28 \text{ м}$ и диаметром по 1 мм соединены последовательно и подключены к клеммам источника тока. Амперметр, включенный последовательно с проводниками, показывает силу тока 2 А . Каково напряжение источника тока?
- 15.28. ?** Как измерить напряжение до 250 В , пользуясь тремя одинаковыми вольтметрами, рассчитанными на измерение напряжения до 100 В ?
- 15.29.** Из провода сечением S и удельным сопротивлением ρ изготовлен прямоугольник со сторонами a и b . Точки A и C соединены таким же проводом (см. рисунок). Вычислите общее сопротивление прямоугольника между точками A и C .



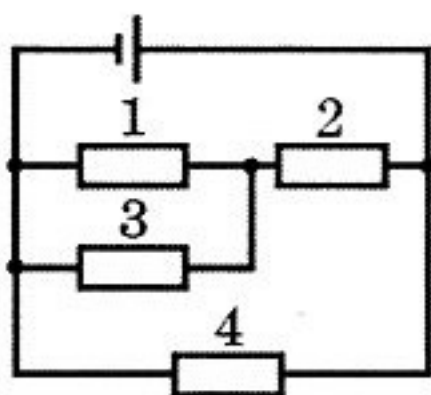
К задаче 15.29



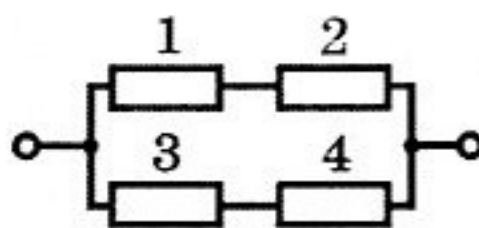
К задаче 15.30

- 15.30.** Реостат сопротивлением 400 Ом подключили к источнику напряжения 22 В (см. рисунок). Движок реостата установили в среднее положение. Какое напряжение показывает вольтметр, если его сопротивление равно 1 кОм ?
- 15.31.** Каким должно быть сопротивление шунта, чтобы уменьшить чувствительность гальванометра в 50 раз? Сопротивление гальванометра равно 1 кОм .

- 15.32.** В электрической цепи, изображенной на рисунке, источник тока имеет ЭДС 18 В и внутреннее сопротивление 1,5 Ом, сопротивление первого резистора равно 39 Ом, второго — 20 Ом, третьего — 78 Ом, четвертого — 138 Ом. Найдите силу тока в источнике тока и напряжение на третьем резисторе.



К задаче 15.32



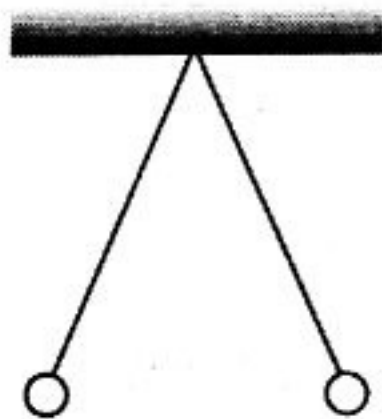
К задаче 15.33

- 15.33.** Четыре резистора (см. рисунок) подключили к источнику постоянного напряжения 20 В. Сопротивление первого резистора равно 1 Ом, второго и третьего — по 2 Ом, четвертого — 4 Ом. В каком из резисторов каждую секунду выделяется наибольшее количество теплоты? Найдите это количество теплоты.
- 15.34.** На двух электрических лампах написано «220 В, 60 Вт» и «220 В, 40 Вт». Лампы соединили последовательно и подключили к сети 220 В. Каково напряжение на каждой лампе?
- 15.35.** Сколько витков никелиновой проволоки надо намотать на фарфоровый цилиндр диаметром 1,5 см, чтобы изготовить кипятильник, позволяющий за 10 мин вскипятить 1,2 л воды, взятой при 10 °С? КПД кипятильника 60 %, диаметр проволоки 0,4 мм, напряжение 100 В.
- 15.36.** Какого сечения нужно взять алюминиевый провод для устройства линии электропередачи от генератора до потребителя общей длиной 500 м? Напряжение на полюсах генератора равно 225 В, мощность потребителя 8 кВт, потери не должны превышать 4% этой величины.
- 15.37.** При подключении к гальванической батарее резистора сопротивлением 0,6 Ом по цепи течет ток 900 мА. Если же подключить к батарее резистор сопротивлением 1,2 Ом, то в цепи будет протекать ток 600 мА. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи.
- 15.38.** Подъемник массой 1,6 т поднимается со скоростью 1 м/с. Какую силу тока потребляет электродвигатель от сети постоянного напряжения 200 В при КПД 92 %?

- 15.39.** С какой скоростью движется трамвай массой 10 т по горизонтальному участку пути, если сила тока в обмотках его двигателя равна 110 А? Коэффициент сопротивления движению равен 0,1, напряжение контактной сети 600 В, КПД двигателя 60 %.
- 15.40.** Горизонтальный проводник массой 40 г подвешен за концы на двух проводах. Средняя часть проводника длиной 25 см находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл; провода находятся вне области магнитного поля. По проводнику протекает ток 3 А. На какой угол от вертикали отклоняются провода?
- 15.41.** Протон, разогнанный до скорости 2 Мм/с, влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл. Найдите радиус окружности, по которой движется протон. Чему равен период обращения протона?
- 15.42.** Однородное электрическое поле с напряженностью $E = 10$ кВ/м перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией $B = 20$ мТл. Электрон, вектор скорости которого перпендикулярен векторам \vec{E} и \vec{B} , движется в этих полях прямолинейно. Найдите скорость электрона.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

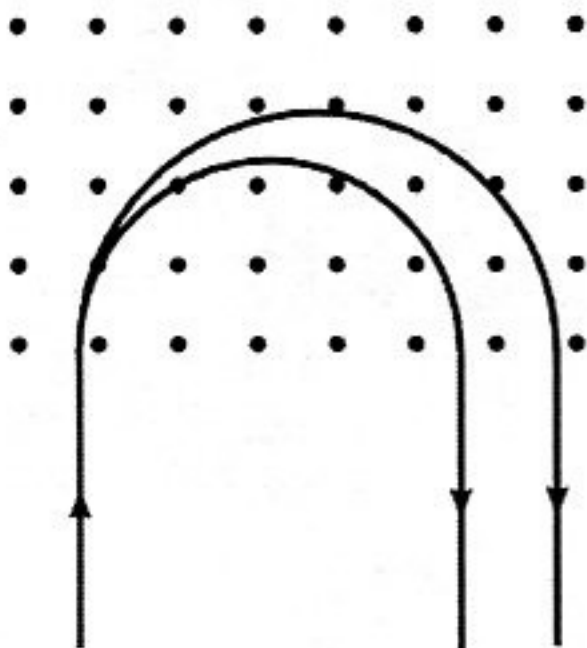
- 15.43.** Двум маленьким одинаковым шарикам, висящим на шелковых нитях одинаковой длины, сообщили одноименные заряды. Нити разошлись на некоторый угол (см. рисунок). Какова плотность шариков, если после опускания их в керосин угол между нитями не изменился?



К задаче 15.43

- 15.44.** Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 1 кВ, влетает в плоский конденсатор под углом 15° к пластинам. Длина конденсатора 5 см, расстояние между пластинами 1 см. При каком напряжении между пластинами конденсатора электрон вылетит из него параллельно пластинам?

- 15.45.** Электрический чайник имеет две секции. При включении первой секции вода в чайнике закипает за 4 мин, при включении второй — за 6 мин. За какое время закипит вода, если секции соединить между собой: а) параллельно; б) последовательно? Теплообмен с окружающей средой не учитывайте.
- 15.46.** В однородном магнитном поле с магнитной индукцией 80 мТл находится гибкое проволочное кольцо радиусом 2 см, сила тока в котором равна 10 А. При каком положении кольца оно наиболее сильно растягивается магнитным полем? Найдите силу натяжения, действующую в проволоке.
- 15.47.** *Масс-спектрограф.* Однозарядные ионы изотопов неона с массовыми числами 20 и 22 и кинетической энергией 5 кэВ влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям индукции и, описав полуокружность, вылетают из поля двумя пучками (см. рисунок). Индукция поля равна 100 мТл. Найдите расстояние между вылетающими пучками ионов.



К задаче 15.47

- 15.48.** Электрон движется в однородном магнитном поле по винтовой линии диаметром 10 см. Скорость электрона направлена под углом 60° к линиям магнитной индукции, один оборот происходит за 6 нс. Найдите скорость электрона, индукцию магнитного поля и шаг винтовой линии.

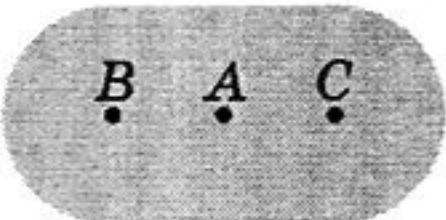
- 1.1. 2 с; 0,5 Гц. 1.2. 0,6 с; 1,7 Гц.
 1.3. Не изменится. 1.4. 12 см; 10 Гц; 0,1 с.
 1.6. 36 000; 288 м. 1.7. 6 см; 0,5 Гц; 2 с; $x = 0,06 \cos \pi t$.
 1.8. а) 1,2 с; 0,83 Гц; 8 см; $x = 0,08 \sin (5\pi t/3)$; б) 1,6 с; 0,625 Гц; 4 см.
 1.9. *Указание.* Участок полосы тем светлее, чем медленнее его «проходит» лампочка.
 1.10. 144 000. 1.11. 20 Н/м.
 1.12. а) не изменится; б) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз.
 1.13. Уменьшится. *Указание.* Включение электромагнита эквивалентно увеличению ускорения свободного падения.
 1.14. Вниз. 1.16. Часы станут спешить.
 1.17. Часы станут спешить. 1.18. 1,45 кг.
 1.19. Длина второго маятника больше в 2,4 раза. 1.20. Из свинца.
 1.21. $T = 0,9$ с. *Указание.* Из условия равновесия груза следует соот-

ношение $\frac{m}{k} = \frac{x}{g}$.

- 1.22. 5 мм. **Решение** В положении равновесия сила упругости пружины компенсирует силу тяжести, действующую на груз. При колебаниях равнодействующая этих сил направлена к положению равновесия, ее модуль равен kx , где x — отклонение от положения равновесия. Следовательно, характер колебаний такой же, как и в отсутствие силы тяжести. Согласно закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \text{ получаем } A = v\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

- 1.23. 1 м/с.
 1.24. 12,5 м/с. *Указание.* Наиболее сильное раскачивание наблюдается при резонансе, когда интервал времени между толчками равен периоду колебаний маятника.
 1.25. 0,8 м/с. *Указание.* Воспользуйтесь законом сохранения энергии.
 1.26. 29 см. 1.27. а) 1,9 с; б) 2,1 с.
 1.28. Стрелок видит мишень в виде размытой полосы (см. рисунок). Он должен целиться: а) в центр A полосы; б) в точки B или C на расстоянии R от центра полосы.



$B \quad A \quad C$

- 1.29. 0,5 с. 1.30. а) $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; б) $2\pi\sqrt{\frac{(2+\sqrt{3})l}{2g}}$. 1.31. 3,9 см.

1.32. 0,19 м/с; при прохождении положения равновесия.

1.33. 1,3 с. 1.34. а) $T = \frac{T_1 T_2}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}}$; б) $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$.

1.35. 2,2 км. **Решение** Маятниковые часы отстают (период колебаний маятника $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ увеличивается) из-за уменьшения при подъеме ускорения свободного падения g . На высоте h согласно закону всемирного тяготения $\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$. Индекс «0» здесь и

далее означает, что взято значение величины на уровне моря. Время τ , показанное маятниковыми часами, прямо пропорционально числу колебаний маятника, т. е. обратно пропорционально периоду колебаний, поэтому $\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{T_0}{T} = \frac{R}{R+h}$. Значит,

часы отстают на $\Delta\tau = \tau_0 - \tau = \tau_0 \frac{h}{R+h} \approx \tau_0 \frac{h}{R}$ (мы учли, что высота даже самой высокой горы намного меньше радиуса Земли). Отсюда $h = \Delta\tau \cdot R/\tau_0$.

1.36. Вверх, на 14 мм.

1.37. Часы будут спешить на 68 с в сутки. 1.38. 1,1 с.

1.39. $T = 2\pi\sqrt{\frac{h}{g \cos \alpha}}$. 1.40. 0,62 мм.

1.41. $T = \pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$. **Решение** Центр масс системы во время колебаний будет неподвижен. Поэтому можно считать, что каждый из грузов совершает колебания на половине пружины. Жесткость такой половины равна $2k$. Поэтому $T = \pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$.

1.42. $T = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{3k}}$.

2.1. 4 м/с. 2.2. 2 км. 2.4. 170 м. 2.5. 77 см; 12,5 м.

2.6. От 260 Гц до 15 кГц. 2.7. 4,5 км/с. 2.8. 2,5 м.

2.9. Может: для этого надо, чтобы шлемы переговаривающихся космонавтов соприкасались.

2.10. а) поперечные; б) продольные; в) эти волны нельзя отнести ни к продольным, ни к поперечным.

2.12. Да. *Указание.* Звуковые волны распространяются по корпусу самолета и воздуху внутри него.

2.14. Звук отражается от поверхности стекла.

2.17. Частота не изменяется. Длина волны возрастает в 4,4 раза.

Указание. Падающая на воду звуковая волна частоты ν вызывает колебания поверхности воды с *такой же* частотой. Колеблющиеся точки поверхности вызывают распространение в воде волн этой же частоты.

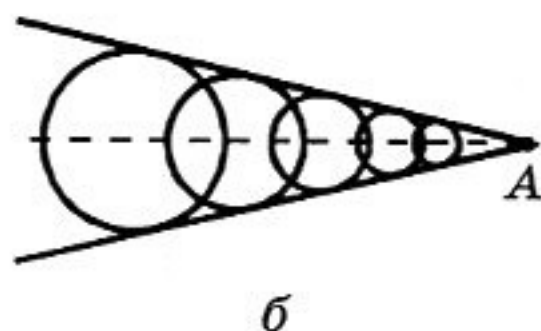
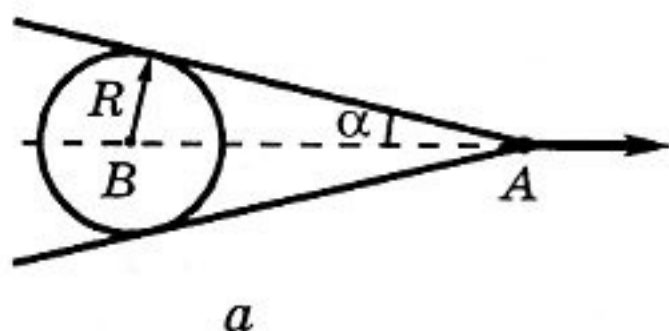
2.18. 29 мкс.

2.19. Скорость точки A направлена вверх, точки C — вниз, скорости точек B и D равны нулю. *Указание.* В показанный на рисунке момент точки B и D находятся на максимальном расстоянии от соответствующих положений равновесия, точки A и C проходят положения равновесия. Нарисуйте волну спустя небольшой промежуток времени.

2.20. Вправо. 2.24. 122 км/ч. 2.25. а) 6 кГц; б) 3 кГц.

2.26. **Решение** Фронт ударной волны, которую создает самолет, представляет собой огибающую сферических волн, испущенных самолетом в каждый из предшествующих моментов времени. Докажем, что этот фронт представляет собой коническую поверхность. Пусть самолет находится в точке A (см. рис. а). Рассмотрим звуковую волну, испущенную им в точке B и, следовательно, имеющую «возраст» $\Delta t = \frac{AB}{v}$, где v — скорость звука в воздухе.

Волновая поверхность этой волны — сфера радиусом $R = v \cdot \Delta t$. Построим конус с вершиной в точке A , касающийся этой сферы. Угол α между образующей конуса и его осью находим из соотношения $\sin \alpha = R/AB = 1/n$. Этот угол не зависит от длины отрезка AB , поэтому построенный конус касается *всех* волновых поверхностей звуковых волн, испущенных самолетом до его «прихода» в точку A . Таким образом, этот конус (его называют звуковым) является огибающей поверхностью *всех* сферических волн, т. е. фронтом ударной волны (см. рис. б). Человек слышит звук самолета, если находится внутри звукового конуса.



- 2.27.** 200 м/с. *Указание.* Пока звук из точки зенита проходит путь до наблюдателя $l_1 = v_{зв}t$, самолет успевает пролететь расстояние $l_2 = v_{сам}t$, равное $l_1 \operatorname{tg} \alpha$.
- 2.28.** 506 м/с. **2.29.** 1,5 км.
- 2.30.** $F = \rho v c S$, где ρ — плотность воды, а c — скорость звука в воде. *Указание.* Используйте второй закон Ньютона в импульсном виде; за время Δt заслонка «останавливает» столб воды длиной $c\Delta t$.
- 2.31.** $n \cdot 100$ Гц, где $n = 1, 2, 3, \dots$ **2.32.** 35 см, 85 см, 135 см.
- 2.33.** $50 \text{ м} + n \cdot 100 \text{ м}$, где $n = 1, 2, 3, \dots$
- 3.2.** 40 мТл. **3.3.** 5,4 мВб.
- 3.4.** 2 В. **3.5.** 225 мВ.
- 3.6.** 6,9 мВ. **3.7.** 0,2 В.
- 3.8.** 50 мкГн. **3.9.** 0,3 В. **3.10.** 600 А/с.
- 3.11.** 0,1 Гн. **3.12.** 5 Дж.
- 3.13.** 1 А. **3.14.** 0,4 Гн.
- 3.19.** Уменьшится. **3.20.** Чтобы возникающие при толчках колебания стрелок приборов быстрее затухали.
- 3.22.** а) по часовой стрелке (если смотреть сверху); б) против часовой стрелки. *Указание.* Магнитное поле индукционного тока направлено: а) при замыкании ключа — противоположно магнитному полю витка; б) при размыкании ключа — в ту же сторону, что и магнитное поле витка.
- 3.24. Решение** В трубе при движении магнита возникают вихревые токи. Согласно правилу Ленца магнитное поле этих токов препятствует падению магнита. Тормозящая сила возрастает с увеличением скорости падения (в этом смысле движение магнита напоминает падение тела в жидкости или газе). Ускорение магнита постепенно уменьшается, и, если труба достаточно длинная, движение магнита становится равномерным.
- 3.25.** Колебания будут быстрее затухать. **3.26.** На 4 мВб.
- 3.27.** 1000 витков. **3.28.** 60° .
- 3.30.** 75 мДж. **3.31.** На 0,12 Дж.
- 3.32.** $I = \frac{\omega B l^2}{4R}$.
- 3.33. Решение** При движении стержня в нем индуцируется ЭДС $\mathcal{E}_i = Bvl$ и возникает индукционный ток $I = \mathcal{E}_i/R$. На стержень действует сила Ампера $F_A = BIl = B^2 l^2 v/R$, направленная противоположно скорости (эта сила напоминает силу сопротивления среды, т.е. возрастает с возрастанием скорости). Начальное ускорение стержня $a = F/m$; оно постепенно уменьша-

ется, и в конце концов (если рельсы достаточно длинные) движение стержня станет равномерным. Из условия $F_A = F$ находим

установившуюся скорость движения $v = \frac{FR}{B^2 l^2}$.

3.34. В двух сторонах квадрата по 375 мВ; в двух других — по 650 мВ; общая ЭДС равна нулю.

3.35. $\Phi = \pi r^2 B$. **Указание.** В сверхпроводящем контуре при изменении магнитного поля возникает такой незатухающий индукционный ток, что магнитный поток не изменяется (это следует из условия $\mathcal{E}_i = 0$).

3.36. $I = \frac{\pi N B r^2}{L}$.

3.37. Электродвигатель работает как генератор; потенциальная энергия груза переходит в конечном счете во внутреннюю энергию.

3.39. **Решение** Нагревание обмотки двигателя зависит только от силы тока. При вращении двигателя в его обмотке наводится ЭДС индукции, вызывающая, согласно правилу Ленца, уменьшение силы тока. Поскольку двигатель под нагрузкой вращается медленнее, ЭДС индукции в нем меньше, и поэтому сила тока больше. Значит, двигатель нагревается сильнее, когда он совершает работу.

4.5. 38 мс. **4.6.** 1,6 МГц. **4.7.** 8 мкДж.

4.8. 460 Гц. **4.9.** 51 В. **4.10.** 28,3 А.

4.12. Понижает в 8 раз. **4.14.** Частота уменьшится.

4.15. Период уменьшится. **4.18.** 100 кГц.

4.19. 15 кГц. **4.20.** Через 1/6 периода.

4.21. 42 мДж. **4.22.** Увеличится в 3 раза.

4.23. 200 кГц. **4.24.** От 8 кГц до 800 кГц.

4.25. 5 мкГн. **4.26.** 84 пФ.

4.27. 0,02 мкФ. **4.28.** От 2,44 МГц до 4,88 МГц.

4.29. 8 нКл, 250 кГц, 4 мкс, $q = 8 \cdot 10^{-9} \cos(5\pi \cdot 10^5 \cdot t)$.

4.30. 100 мкс, 10 кГц, 25 В. **4.31.** 3,65 А.

4.32. От нуля до 11 мкКл. **4.33.** 65 мкФ; 1,5 В.

4.34. 630 мкГн; 0,5 А.

4.35. $i = -0,031 \sin 1000\pi t$, 2 мс, 500 Гц, 31 мА, 10 мкКл.

4.36. 2,5 мГн; 63 мА; 2,5 В; $i = -0,063 \sin 5000\pi t$,

$$u = 2,5 \cos 5000\pi t, \quad q = 4 \cdot 10^{-6} \cos 5000\pi t.$$

4.37. 125 Гц. **4.38.** 0,71 мкДж.

4.39. 1600 Гц.

4.40. 2,1 А. **Решение** В начальный момент энергия колебательного контура $CU_0^2/2$, а в конечный $Cu^2/2 + Li^2/2$. Согласно закону сохранения энергии эти величины равны, откуда

$$i = \sqrt{C(U_0^2 - u^2)/L}.$$

4.41. 5 Гц; $e = 10 \cos 20\pi t$. **4.42.** 0,2 В.

4.43. В начальный момент плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции; $e = -0,16 \cos 5\pi t$.

4.44. 200 витков. **4.45.** 50 Гц. **4.46.** 100 Гц.

4.49. 4400 витков. **4.50.** 27,5 А; 40 В.

4.51. 0,91 А. **4.52.** 8 В.

4.53. 13000 пФ; 7,6 мкГн. **Решение** Из приведенных в условии графиков видно, что период колебаний $T = 2$ мкс, амплитудные значения напряжения и силы тока $U_M = 12$ В, $I_M = 0,5$ А. Согласно закону сохранения энергии $CU_M^2/2 = LI_M^2/2$. Используя также фор-

мулу Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$, получим $C = \frac{TI_M}{2\pi U_M}$, $L = \frac{TU_M}{2\pi I_M}$.

4.54. а) 900 Гц; б) 300 Гц; в) 600 Гц; г) 450 Гц.

4.55. а) 17 Гц; б) 50 Гц; в) 25 Гц; г) 33 Гц.

4.56. На 4,4%. **4.57.** Через 0,16 мс.

4.58. 61 В. **4.59.** 0,83 периода; 1,7 мс.

5.1. 3,2 кОм; 160 Ом. **5.2.** 47 Ом, 940 Ом.

5.3. 160 Ом; 1,3 кОм. **5.4.** 320 Гц.

5.5. 800 Гц. **5.6.** 160 Гц.

5.8. 48 В. **5.9.** 10 Вт.

5.10. Уменьшится.

5.11. Увеличится.

5.12. $\pi/2$ рад. **5.13.** 16 мкФ.

5.14. 1,9 Гн. **5.15.** Нельзя.

5.16. 6 мкФ. **5.17.** Только первый конденсатор.

5.18. 78,5 Ом; 14 В; $u = 19,6 \cos 100\pi t$.

5.20. $u = 1,2 \cos 250\pi t$. **5.21.** Увеличится.

5.22. 0,35 А. **5.23.** 2,4 А; 22 Вт.

5.24. 49 мкФ.

5.25. 20 Ом, 48 мГн.

5.26. 0,71 А; 0,65 рад; 20 Вт.

5.27. 2,7 А; 134 В; 295 В; 120 В.

5.28. 800 Гц.

5.29. Накал лампы будет сначала возрастать, а затем убывать.

Решение Сила тока будет максимальной при резонансе, когда

$$L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C} = 0,25 \text{ Гн.}$$
 По мере введения сердечника индуктив-

ность катушки сначала будет приближаться к этому значению, а затем удаляться от него. Следовательно, накал лампы будет сначала возрастать, при резонансе достигнет максимума, а затем будет убывать.

5.30. $2\omega L = \frac{1}{\omega C}$, т.е. при включении в цепь двух катушек наблюда-

ется резонанс.

5.31. 0,5 А; 220 В.

5.32. 48 В. **Указание.** Напряженье на резисторе равно 20 В, т.е. в цепи наблюдается резонанс.

5.33. 0,23 Вт. **Указание.** В течение одной половины периода сопротивление цепи равно $3R/2$, в течение другой половины — $2R/3$.

6.8. 3 м. **6.12.** 0,24 с.

6.13. 16 мин 40 с. **6.17.** 2400 м.

6.18. 50 нс. **6.19.** 20 МГц.

6.20. 13 м. **6.21.** 3 м.

6.22. От 210 м до 630 м. **6.23.** Уменьшили в 81 раз.

6.24. Уменьшить в 16 раз. **6.25.** Увеличить в 4 раза.

6.26. 3,2 пФ. **6.27.** 6,2 мкГн.

6.28. 0,42 мкГн. **6.29.** От 2,1 пФ до 2,6 пФ.

6.32. Радиослушатель. **6.33.** $1,5 \cdot 10^6$.

6.34. Антенна 4. **6.35.** 2,1 нГн.

6.36. 9,4 м. **6.37.** 1,5 км.

6.38. 8 мкс. **6.39.** 37,5 км.

6.40. 750 с^{-1} . **6.41.** $4,4 \text{ мкВт/м}^2$.

6.42. 18 Дж. **6.43.** $0,4 \text{ мкВт/м}^2$.

6.44. 240 Вт. **6.45.** 40 мВт/м^2 . **6.46.** 0,12 мкГн.

6.47. 1300 м. **6.48.** Увеличить на 2,4 мм.

6.49. Увеличить на 0,28 общей площади.

6.50. 3 катушки. **Решение** Максимальное значение емкости конденсатора контура превышает минимальное значение этой емкости в 9 раз. Согласно формуле Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ и соотношению $\lambda = cT$, изменение емкости конденсатора в 9 раз приводит к изменению длины волны, на которую настроен приемник, в 3 раза. Следовательно, при использовании катушки с минимальной ин-

дуктивностью «перекрывается» диапазон от 50 м до 150 м, при использовании второй катушки — от 150 м до 450 м, а третьей катушки — от 450 м до 1350 м. Таким образом, необходимы 3 катушки (заметим, что нам не потребовалось находить их индуктивности).

6.51. 64 мкс. **6.52.** 7,8 см.

6.53. 94 км. **6.54.** 20,5 м.

6.55. $\pi/10$ рад. **6.56.** 6000 импульсов.

6.57. 150 км, не более 1000 с^{-1} . **6.58.** В 25 раз.

6.59. Увеличить в 16 раз. *Указание.* Мощность принятого радиолокатором отраженного сигнала обратно пропорциональна четвертой степени расстояния до цели.

7.1. Не изменяется. **7.2.** Увеличивается.

7.3. От $3,85 \cdot 10^{14}$ Гц до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц.

7.4. 600 нм. **7.5.** 333 нм, это ультрафиолетовое излучение.

7.6. 417 нм. **7.7.** $6,7 \cdot 10^{14}$ Гц. **7.8.** $2,25 \cdot 10^8$ м/с.

7.13. а) черной; б) белой; в) серой.

7.17. 375 нм; зеленый. **7.19.** Голубой.

7.20. $225 \text{ нм} \cdot (2k + 1)$, где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

7.21. 450 нм. **7.22.** Наблюдается интерференционный максимум.

7.23. Нельзя. *Указание.* Световая волна испытывает сильную дифракцию на атомах, поскольку размеры атомов намного меньше длины волны света.

7.24. 7,6 см. **7.25.** 37,5 мкм. **7.26.** 5 см.

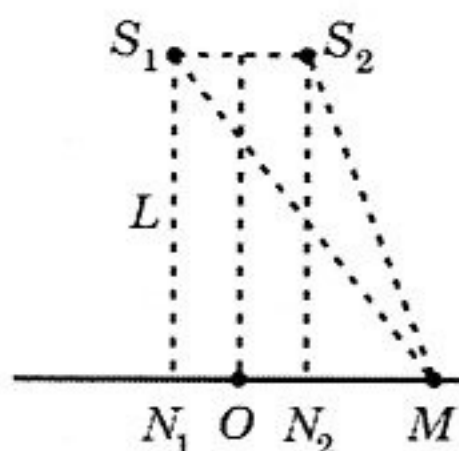
7.27. 550 нм. **7.28.** 8. **7.29.** Черной; красной.

7.30. Атмосфера рассеивает солнечный свет.

7.32. 560 . **7.33.** На 0,22 мкм. **7.34.** 90 нм.

7.35. 10 мкм. **7.36.** $5 \cdot 10^{-5}$ рад.

7.37. 2 мм. **Решение** Будем для простоты считать, что волны излучаются с одинаковыми фазами. Тогда в равноудаленной от источников точке O будет максимум освещенности, а в точке M следующего максимума (см. рисунок) разность хода волн равна длине волны λ .



Поскольку $MN_1 = x + s$ и $MN_2 = x - s$, где $s = S_1 S_2 / 2$ и $x = OM$, получаем $\sqrt{L^2 + (x + s)^2} - \sqrt{L^2 + (x - s)^2} = \lambda$. Воспользовавшись малостью x и s по сравнению с L , можно упростить последнее уравнение. Помножив и разделив его левую часть на «сопряженное» выражение $\sqrt{L^2 + (x + s)^2} + \sqrt{L^2 + (x - s)^2}$, приближенно равное $2L$, находим $x = \frac{\lambda L}{2s} = \frac{\lambda L}{S_1 S_2}$.

7.38. 1,2 мм. 7.39. 7,6 мм.

7.40. **Решение** Спектры порядков k и $k + 1$ перекрываются, если $k\lambda_2 \geq (k + 1)\lambda_1$, т.е. при $k \geq \lambda_1 / (\lambda_2 - \lambda_1)$. В данном случае это условие выполняется для всех k , начиная с 2, т.е. перекрываются уже спектры 2-го и 3-го порядков. Остается лишь проверить, что спектры таких порядков действительно существуют. Условие их существования $k\lambda \leq d$ действительно выполняется для всех длин волн видимого диапазона. Следовательно, спектры разных порядков перекрываются.

8.1. 5 ч 33 мин. 8.2. $9,5 \cdot 10^{15}$ м.

8.3. $4 \cdot 10^{16}$ м. 8.4. 56° .

8.6. 30 см. 8.7. По часовой стрелке на 60° .

8.8. 1,8. 8.9. 34° .

8.10. 68° . 8.11. 12 с^{-1} .

8.12. 18,5 км. 8.13. 5 м.

8.14. 75 м. 8.15. 1,5 км.

8.16. 70° . 8.17. 14 м.

8.18. Направление изменится на противоположное.

8.21. 22° . 8.22. 45° .

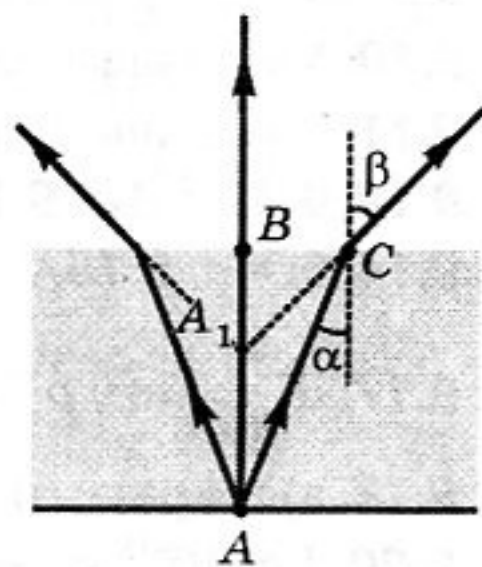
8.23. 0,75. 8.24. $82,8^\circ$ и $41,4^\circ$.

8.25. 42° . 8.26. 37° .

8.29. $0,55^\circ$. 8.37. 4,5 м.

8.38. 3,1 м. 8.40. 1,25 м.

8.41. В 1,33 раза. **Решение** Рассмотрим ход узкого вертикального пучка отраженных солнечных лучей, идущих из точки A на дне водоема (на рисунке пучок сильно расширен). Эти лучи, преломившись на поверхности воды, создают мнимое изображение точки A в точке A_1 . Из соотношений $\text{tg}\alpha = BC/H$, $\text{tg}\beta = BC/h$ (здесь $H = AB$ и $h = A_1B$ — соответственно действительная



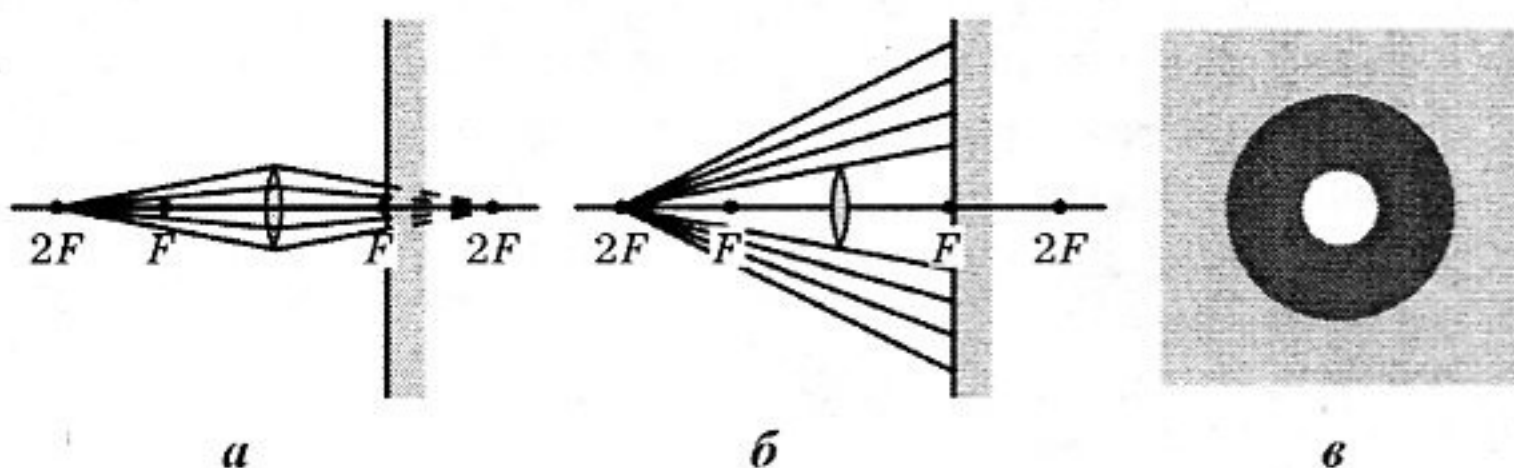
и кажущаяся глубины водоема), используя закон преломления, получаем $h = H/n$ (мы учли, что синус и тангенс малого угла практически совпадают). Таким образом, из-за преломления света на поверхности воды глубина водоема кажется уменьшенной в $n = 1,33$ раза.

8.42. 1,5 м. **8.43.** 3,5 м.

8.44. 3,7 см; 1,5 см. **8.45.** 26 мм.

8.46. 47° .

8.47. Решение Лампочка находится на двойном фокусном расстоянии от линзы, поэтому ее действительное изображение расположено на таком же расстоянии от линзы (см. рис. а). Из рисунка видно, что преломленные в линзе лучи «нарисуют» на стене светлый круг, диаметр которого в 2 раза меньше диаметра линзы.



Лучи, не преломившиеся в линзе (см. рис. б) попадают на стену вне круга, диаметр которого в 1,5 раза больше диаметра линзы. Таким образом, в точки стены, находящиеся от главной оптической оси линзы дальше 3 см, но ближе 9 см, свет лампочки вообще не попадает. На стене наблюдается темное кольцо с внутренним диаметром 3 см и наружным диаметром 9 см, а внутри этого кольца — яркое пятно (см. рис. в).

9.1. В обоих случаях скорость равна c . **9.2.** $0,97c$; $0,73c$.

9.3. $9 \cdot 10^{13}$ Дж. **9.4.** $2,1 \cdot 10^{21}$ Дж. **9.5.** $0,94c$. **9.7.** $0,97c$.

9.8. $1,2 \cdot 10^{21}$ Дж. **9.9.** Уменьшается на $4,7 \cdot 10^{-11}$ кг.

9.10. Увеличивается на $3,7 \cdot 10^{-12}$ кг.

9.11. Увеличивается на $2,8 \cdot 10^{-16}$ кг.

9.12. $9 \cdot 10^{10}$ Дж. **9.13.** а) 0,8 м; б) 1 м.

9.14. $0,94c$. **9.15.** 22 года. **9.16.** 1200 м.

9.17. $E_k = c(\sqrt{p^2 + m^2 c^2} - mc)$.

9.18. а) в 4 раза; б) в 833 раза. **9.19.** а) $0,87c$; б) $0,033c$.

9.20. $1,4 \cdot 10^{-18}$ кг·м/с.

9.21. $2,6 \cdot 10^8$ м/с; $9,8 \cdot 10^6$ м/с. **Решение** Энергия покоя частицы с массой покоя m равна mc^2 . Пройдя ускоряющую разность потенциалов U , частица приобретает кинетическую энергию eU . Таким образом, полная энергия частицы после ускорения

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = mc^2 + eU. \text{ Отсюда получаем } v = c \frac{\sqrt{eU(eU + 2mc^2)}}{eU + mc^2}.$$

Для электрона при заданных условиях величины mc^2 и eU сравнимы, для протона $eU \ll mc^2$. Поэтому для протона полученную формулу можно упростить: $v = \sqrt{2eU/m}$, т.е. справедлива известная формула классической механики.

9.22. На $2,5 \cdot 10^{-29}$ м/с. **Указание.** Докажите, что если скорость v частицы близка к скорости света в вакууме c , можно применить приближен-

ную формулу для кинетической энергии $E_k = mc^2 \sqrt{\frac{c}{2(c-v)}}$.

9.23. На 4,3 млн т.

10.1. $4 \cdot 10^{-18}$ Дж; 25 эВ. **10.2.** $4 \cdot 10^{-19}$ Дж; 2,5 эВ.

10.5. $1,1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. **10.6.** $3,3 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. **10.8.** 2,5 эВ.

10.9. 2,7 эВ; излучение является видимым светом.

10.10. 29 кВ. **10.13.** 0,3 мкм; 0,96 мкм.

10.14. 0,32 мкм. **10.16.** 1,1 эВ.

10.17. $1,35 \cdot 10^{19}$. **10.18.** 2,3 эВ. **10.19.** 1200 км/с.

10.20. Увеличить на $2,7 \cdot 10^{14}$ Гц. **10.21.** 490 км/с.

10.22. 1,7 В. **10.23.** а) 10^{-27} кг·м/с; б) $2 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.

10.24. Увеличится еще в полтора раза; 540 км/с.

10.25. 545 нм. **Решение** После изменения длины волны излучения максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 4 раза. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$hc/\lambda_1 = A + E_{k1}, \quad hc/\lambda_2 = A + E_{k2} = A + 4E_{k1}.$$

Исключая из этих уравнений E_{k1} , найдем $A = \frac{hc(4\lambda_2 - \lambda_1)}{3\lambda_1\lambda_2}$.

Поскольку $A = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$, получаем $\lambda_{\max} = \frac{3\lambda_1\lambda_2}{4\lambda_2 - \lambda_1}$.

10.26. 4,2 м/с. **10.27.** $2,6 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.

10.28. а) $3,3 \cdot 10^{-11}$ Н; б) $1,7 \cdot 10^{-11}$ Н.

10.29. В случае a давление наибольшее, в случае b — наименьшее.

10.30. 73,5 кВт.

10.31. $S = \frac{2\pi cGMm}{R} = 0,65 \text{ км}^2$ (здесь M — масса Солнца).

10.32. $nh\nu = A + mv^2/2$, где n — количество поглощаемых фотонов.

10.33. $2 \cdot 10^{-19}$ Дж. 10.34. 1,25 В.

10.35. 0,55 мкм. 10.36. 0,55 мВт.

10.37. Длина волны увеличивается на: а) 1,2 пм; б) 2,4 пм; в) 4,8 пм.

10.38. 60° . 10.39. 9,6 пм. 10.40. 45° , 66 кэВ.

10.41. Электроны отдачи вылетают под углом 55° к направлению падающего рентгеновского излучения; их импульс $1,4 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с.

11.2. 8,3 эВ. 11.3. 250 нм.

11.6. Неон, гелий, радон, пары ртути.

11.7. в) разреженный атомарный кислород.

$$11.9. \lambda_4 = \frac{\lambda_2 \lambda_3}{\lambda_2 - \lambda_3}, \lambda_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_6}{\lambda_1 + \lambda_6}, \lambda_5 = \frac{\lambda_2 \lambda_6}{\lambda_2 - \lambda_6}.$$

11.10. Не более 367 нм.

11.11. 486 нм, 434 нм. **Решение** Атом водорода поглощает видимый свет при переходе со второго энергетического уровня на какой-

либо высший уровень. Следовательно, $\nu = \frac{c}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, где

$n > 2$. Максимальная длина волны λ_1 соответствует переходу со второго уровня на третий, а следующие две длины волны λ_2 и λ_3 — переходам на 4-й и 5-й уровни. Таким образом, $\lambda_1 = \frac{36c}{5R}$,

$$\lambda_2 = \frac{16c}{3R}, \lambda_3 = \frac{100c}{21R}. \text{ Отсюда } \lambda_2 = \frac{20}{27} \lambda_1, \lambda_3 = \frac{125}{189} \lambda_1.$$

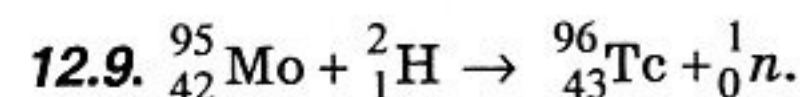
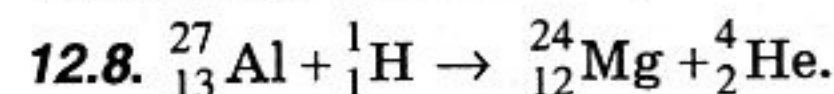
11.12. 2,05 эВ; 606 нм; оранжевый свет.

11.13. Может; поглощение фотона приведет к ионизации атома.

11.14. 121 нм.

11.15. $2,1 \cdot 10^6$ м/с; $4,54 \cdot 10^{14}$ Гц; $2,45 \cdot 10^{15}$ Гц; $2,9 \cdot 10^{15}$ Гц.

12.1. Титан. 12.4. Свинец-208. 12.5. Висмут-210.



12.10. Из ядра ${}^{224}_{88}\text{Ra}$. 12.11. 12,5%. 12.12. 99,2%.

12.13. Выделяется энергия 14 МэВ.

12.14. Поглощается энергия 23,3 МэВ.

12.15. β -частицы, вылетевшие из различных ядер одного и того же изотопа, имеют различные скорости.

12.17. 5 α -распадов и 3 β -распада.

12.18. 0,124 а.е.м. 12.19. 0,042 а.е.м. 12.20. 256 МэВ.

12.21. 97 МэВ. 12.22. 8,3 МэВ/нуклон. 12.23. 7,7 МэВ/нуклон.

12.24. Выделяется энергия 4,04 МэВ.

12.25. Выделяется энергия 15 МэВ.

12.26. Выделяется энергия 5,7 МэВ.

12.27. 3 ч. 12.28. Через 1 ч.

12.29. За 26 лет. 12.31. 240 км/с.

12.32. 11 кВ. 12.33. Протон или ядро атома кислорода.

12.34. Ядру ${}^3_1\text{H}$. 12.35. Ядру ${}^3_2\text{He}$. 12.36. На 64%.

12.37. 400 км/с.

12.38. С ядром бериллия. **Решение** Применим к столкновению законы сохранения импульса и энергии: $mv_0 = Mu - mv$, $mv_0^2/2 = Mu^2/2 + mv^2/2$. Здесь m — масса протона, M и u — масса ядра и его скорость после столкновения. Исключая из этих уравнений u , получаем $M = m \frac{v_0 + v}{v_0 - v} = 9m$. Такую массу имеет ядро бериллия.

12.39. Натрий. 12.40. ${}^4_2\text{He}$.

12.41. На 63%. 12.42. 6 ч.

12.43. 490 Дж. **Решение** В образце содержится $N_0 = \frac{m}{M} N_A$ атомов

плутония (здесь $M = 0,238$ кг/моль). Число распавшихся атомов

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 \left(1 - 2^{-t/T} \right) = N_0 \left(1 - e^{-t \ln 2/T} \right) = N_A \ln 2 \frac{m}{M} \cdot \frac{t}{T}.$$

Мы воспользовались тем, что для малых значений x справедливо приближенное соотношение $1 - e^{-x} \approx x$. Выделившаяся энергия

$$E = \Delta N \cdot E_0 = N_A E_0 \ln 2 \frac{m}{M} \cdot \frac{t}{T}.$$

12.44. $2,7 \cdot 10^{-22}$ кг·м/с. **12.45.** $5,8 \cdot 10^{21}$ Гц.

12.46. Не менее 3,3 МэВ. **Решение** В результате деления ядра дейтерия на протон и нейтрон масса покоя системы возрастает на величину $\Delta m = 0,00239$ а.е.м. Следовательно, энергия покоя системы возрастает на $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 2,2$ МэВ. Однако начальная кинетическая энергия протона должна превышать ΔE : ведь после реакции все частицы обладают кинетической энергией. Можно доказать, что эта энергия минимальна в том случае, когда все частицы движутся в одном направлении с одинаковой скоростью. Обозначив эту скорость v , а начальную скорость протона v_0 , получаем из закона сохранения импульса $v = v_0/3$ (суммарную массу системы мы считаем равной $3m_p$, где m_p — масса протона). Тогда из закона сохранения

энергии следует, что $\frac{m_p v_0^2}{2} = \Delta E + \frac{3m_p (v_0/3)^2}{2}$, откуда находим

минимальную кинетическую энергию протона: $\frac{m_p v_0^2}{2} = \frac{3\Delta E}{2}$.

12.47. 290 т. **12.48.** 2,3 кг. **12.49.** 22%.

13.1. 72 км/ч. **13.2.** 2,5 м/с.

13.3. 1,35 м; 1,05 м. **13.4.** 50 м.

13.5. 1 Н. **13.6.** 5,6 кН.

13.7. 2 м/с. **13.8.** 15,6 м/с.

13.9. 1,2 м/с. **13.10.** 3 ч 45 мин.

13.11. 72 м. **13.12.** $v_x(t) = 6 - 2t$; 10 м, 8 м.

13.13. На 5 м/с. **13.14.** 3,6 м; 1,2 м/с.

13.15. Через 0,5 с. **13.16.** 10,2 м.

13.17. 1,6 м. **13.18.** 330 м/с; 2,4 см/с².

13.20. 0,98 м/с². **13.21.** 0,31.

13.22. 0,11 кг. **13.23.** 1,4 Н.

13.24. 171 м. **13.25.** 0,22.

13.26. 17,4 м/с²; 12,9 км/с.

13.27. 6,5°. **13.28.** а) 49 Н; б) 48,5 Н.

13.29. 4,3 м/с². **13.30.** 1,3 кН.

13.31. 0,34. **13.32.** 390 Н; 1,2 кН; 670 Н.

13.33. 78 Н, 39 Н. **13.34.** 40 см.

13.35. На 9,8 Н; увеличилась на 9,8 Н.

13.36. 12 кН. **13.37.** 280 кг.

13.38. 12 выстрелов. **13.39.** От орудия со скоростью 2,4 м/с.

13.40. 45 см, 39°. **13.41.** 10 м/с; 6,7 м.

13.42. 1,5 мин. **13.43.** 7,8 м/с².

13.44. 60 км/ч. **13.45.** 18,8 Н.

- 13.46.** 107 тыс км. **13.47.** 1060 км; 15300 км; через 8 час 53 мин.
13.48. 470 Н. **13.49.** 39° .
13.50. 0,38. **13.51.** 11 см.
13.52. 1,5 кДж. **13.53.** 0,82 м/с.
13.54. 5,9 м/с. **13.55.** 7,5 м; 0,38.
13.56. Уменьшится в 1,15 раза. **13.57.** 1 Дж.
13.58. 25 см. **13.59.** Не менее 37,5 см.
13.60. Масса одного из шаров в 3 раза больше, чем масса другого.
14.1. $7,3 \cdot 10^{-26}$ кг. **14.2.** 4,8 кг.
14.3. 0,25 МПа. **14.4.** $2,9 \cdot 10^{25}$ м⁻³.
14.5. 100 кПа. **14.6.** 0,33 мкПа.
14.7. $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул. **14.8.** 256 К.
14.9. 7,5 кДж. **14.10.** 120 Дж.
14.11. 46%. **14.12.** 49 МПа; $4,1 \cdot 10^{-4}$.
14.13. 0,22 л. **14.14.** 3 мм³.
14.15. 0,013 кг/моль. **14.16.** 150 кПа.
14.17. 2 кг/м³. **14.18.** 16,8 атм.
14.19. На 1,4 К. **14.20.** На 0,1 МПа.
14.24. 1400 °С. **14.25.** 1,6 мм/с.
14.26. 90 Дж. **14.27.** 3,8 г.
14.28. 16,6 °С. **14.29.** Увеличилась в 1,25 раза.
14.30. 500 Дж. **14.31.** $-48p_0V_0$.
14.32. 7,5 мг; 9,3 см. **14.33.** 60 г.
14.34. 11,6 кг. **14.35.** 40%.
14.36. На 1200 км. **14.37.** $1,1 \cdot 10^{19}$ молекул.
14.38. $1,4 \cdot 10^{17}$ молекул. **14.39.** 14%.
14.42. В состоянии 2 температура максимальна, в состоянии 4 — минимальна; $T_2 = 12T_4$.
14.43. 8,7 °С. **14.44.** 70 °С.
15.1. 360 мкН. **15.2.** Увеличить в 3 раза.
15.3. 3,6 кВ/м. **15.4.** $1,8 \cdot 10^{16}$ м/с².
15.5. 75 В, 25 В. **15.6.** 0,2 А; 0,4 А.
15.8. 30 кВт; 54 МДж. **15.9.** 2700 Кл.
15.10. Нет. **15.13.** 14,4 Н.
15.14. 10 км/с. **15.16.** Кулоновская сила больше в $2,3 \cdot 10^{39}$ раз.
15.17. 400 Кл. **15.18.** Увеличилась в 2,3 раза.
15.19. 7,4 кВ/м.

15.20. На расстоянии 90 см от отрицательного заряда и 1,8 м от положительного; 1,6 мкКл.

15.21. 64 кВ/м. **15.22.** Увеличится.

15.23. Увеличить в 1,55 раза.

15.24. 30 В, 18 В, 12 В. **15.25.** 1,1 мкКл.

15.27. 24 В.

$$\mathbf{15.29.} \quad R = \frac{\rho(a+b)\sqrt{a^2+b^2}}{S\left(a+b+2\sqrt{a^2+b^2}\right)}.$$

15.30. 10 В. **15.31.** 20,4 Ом.

15.32. 0,5 А; 9,75 В. **15.33.** Во втором резисторе; 89 Дж.

15.34. 88 В, 132 В. **15.35.** 50 витков.

15.36. 60 мм². **15.37.** 1,08 В; 0,6 Ом.

15.38. 85 А. **15.39.** 4 м/с.

15.40. 37°. **15.41.** 10 см; 0,33 мкс.

15.42. 500 км/с. **15.43.** 1530 кг/м³.

15.44. 100 В. **15.45.** а) за 2,4 мин; б) за 10 мин.

15.46. Когда плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции; 16 мН.

15.47. 4,4 см. **15.48.** 6,05 · 10⁷ м/с; 6 мТл; 18 см.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$

Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

Универсальная газовая постоянная $R = k \cdot N_A = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$

Элементарный электрический заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

$$\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2\right)$$

Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Масса покоя электрона

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$$

Энергия покоя электрона $E_{0e} = m_e c^2 = 0,51 \text{ МэВ}$

Масса покоя протона

$$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м.}$$

Энергия покоя протона $E_{0p} = m_p c^2 = 938,26 \text{ МэВ}$

Масса покоя нейтрона

$$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00866 \text{ а.е.м.}$$

Энергия покоя нейтрона $E_{0n} = m_n c^2 = 939,55 \text{ МэВ}$

1 а.е.м. = $1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Коэффициент пропорциональности между единицами измерения

$$\text{массы и энергии } c^2 = E/m = 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$$

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

1. ПЛОТНОСТЬ ВЕЩЕСТВ

Твердые тела		Жидкости	
Вещество	ρ , кг/м ³	Вещество	ρ , кг/м ³
Алюминий	2700	Бензин	700
Лед	900	Вода	1000
Свинец	11300	Керосин	800
Сталь	7800	Масло машинное	900
Чугун	7000	Ртуть	13600

2. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ

Твердые тела

Вещество	Удельная теплоемкость, кДж/(кг · К)	Температура плавления, °С	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	0,88	660	380
Лед	2,1	0	330
Сталь	0,46	1400	82

Тепловые свойства воды

Удельная теплоемкость, кДж/(кг · К)	4,2
Температура кипения при нормальном атмосферном давлении 101 кПа, °С	100
Удельная теплота парообразования при нормальном атмосферном давлении 101 кПа и температуре кипения, МДж/кг	2,3

3. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ ТОПЛИВА, МДж/кг

Бензин	46
Дизельное топливо	43
Керосин	46

4. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Керосин	2,1	Слюда	7,5
Масло машинное	2,5	Стекло	8

5. УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ρ ПРОВОДНИКОВ

Вещество	ρ , 10^{-8} Ом·м	Вещество	ρ , 10^{-8} Ом·м
Алюминий	2,8	Никелин	42
Медь	1,7	Нихром	110

6. СКОРОСТЬ ЗВУКА, м/с

Вода	1500	Воздух	340	Стекло	5500
------	------	--------	-----	--------	------

7. ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Бензол	1,5	Вода	1,33	Стекло	1,5
--------	-----	------	------	--------	-----

8. РАБОТА ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ, эВ

Оксид бария	1,3	Цезий	1,8	Цинк	4,2
-------------	-----	-------	-----	------	-----

9. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА НЕКОТОРЫХ ИЗОТОПОВ, а.е.м.

(для определения массы ядра
необходимо вычесть от массы атома
суммарную массу электронов)

${}^1_1\text{H}$	1,00783	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307
${}^2_1\text{H}$	2,01410	${}^{15}_7\text{N}$	15,00011
${}^3_1\text{H}$	3,01605	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913
${}^3_2\text{He}$	3,01602	${}^{24}_{12}\text{Mg}$	23,98504
${}^4_2\text{He}$	4,00260	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98146
${}^6_3\text{Li}$	6,01513	${}^{30}_{14}\text{Si}$	29,97376
${}^7_3\text{Li}$	7,01601	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	39,96259
${}^8_4\text{Be}$	8,00531	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55,93494
${}^9_4\text{Be}$	9,01219	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	222,01922
${}^{12}_6\text{C}$	12,00000	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	226,02435
${}^{13}_6\text{C}$	13,00335		

10. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Радиус Солнца	$7 \cdot 10^8 \text{ м}$
Масса Солнца	$2 \cdot 10^{30} \text{ кг.}$
Среднее расстояние от Земли до Солнца	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Средний радиус Земли	$6,4 \cdot 10^6 \text{ м}$

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

ПЕРИОД	РЯД	ГРУППЫ				
		I	II	III	IV	V
1	1	H ¹ 1,00797 ВОДОРОД				
2	2	Li ³ 6,939 ЛИТИЙ	Be ⁴ 9,0122 БЕРИЛЛИЙ	B ⁵ 10,811 БОР	C ⁶ 12,01115 УГЛЕРОД	N ⁷ 14,0067 АЗОТ
3	3	Na ¹¹ 22,9898 НАТРИЙ	Mg ¹² 24,31 МАГНИЙ	Al ¹³ 26,9815 АЛЮМИНИЙ	Si ¹⁴ 28,086 КРЕМНИЙ	P ¹⁵ 30,9738 ФОСФОР
4	4	K ¹⁹ 39,102 КАЛИЙ	Ca ²⁰ 40,08 КАЛЬЦИЙ	21 44,956 Sc СКАНДИЙ	22 47,90 Ti ТИТАН	23 50,942 V ВАНАДИЙ
	5	29 63,546 Cu МЕДЬ	30 65,37 Zn ЦИНК	Ga ³¹ 69,72 ГАЛЛИЙ	Ge ³² 72,59 ГЕРМАНИЙ	As ³³ 74,92 МЫШЬЯК
5	6	Rb ³⁷ 85,47 РУБИДИЙ	Sr ³⁸ 87,62 СТРОНЦИЙ	39 88,905 Y ИТРИЙ	40 91,22 Zr ЦИРКОНИЙ	41 92,906 Nb НИОБИЙ
	7	47 107,868 Ag СЕРЕБРО	48 112,40 Cd КАДМИЙ	In ⁴⁹ 114,82 ИНДИЙ	Sn ⁵⁰ 118,69 ОЛОВО	Sb ⁵¹ 121,75 СУРЬМА
6	8	Cs ⁵⁵ 132,905 ЦЕЗИЙ	Ba ⁵⁶ 137,34 БАРИЙ	57 ^{†*} 138,91 La ЛАНТАН	72 178,49 Hf ГАФИЙ	73 180,95 Ta ТАНТАЛ
	9	79 196,967 Au ЗОЛОТО	80 200,59 Hg РУТУТЬ	Tl ⁸¹ 204,37 ТАЛЛИЙ	Pb ⁸² 207,19 СВИНЕЦ	Bi ⁸³ 208,98 ВИСМУТ
7	10	Fr ⁸⁷ (223) ФРАНЦИЙ	Ra ⁸⁸ (226) РАДИЙ	89 ^{†**†} (227) Ac АКТИНИЙ	Ku ¹⁰⁴ (260) КУРЧАТОВИЙ	

* ЛАНТАНОИДЫ

58 140,12 Ce ЦЕРИЙ	59 140,91 Pr ПРАЗЕОДИМ	60 144,24 Nd НЕОДИМ	61 (145) Pm ПРОМЕТИЙ	62 150,35 Sm САМАРИЙ	63 151,96 Eu ЕВРОПИЙ	64 157,25 Gd ГАДОЛИНИЙ
65 158,92 Tb ТЕРБИЙ	66 162,50 Dy ДИСПРОЗИЙ	67 164,93 Ho ГОЛЬМИЙ	68 167,26 Er ЭРБИЙ	69 168,93 Tm ТУЛИЙ	70 173,04 Yb ИТТЕРБИЙ	71 174,97 Lu ЛЮТЕЦИЙ

ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Э Л Е М Е Н Т О В						
VI	VII	VIII			0	
						He ² _{4,0026} ГЕЛИЙ
O ⁸ _{15,9994} КИСЛОРОД	F ⁹ _{18,9984} ФТОР					Ne ¹⁰ _{20,183} НЕОН
S ¹⁶ _{32,064} СЕРА	Cl ¹⁷ _{35,453} ХЛОР					Ar ¹⁸ _{39,948} АРГОН
24 51,996 Cr ХРОМ	25 54,938 Mn МАРГАНЕЦ	26 55,847 Fe ЖЕЛЕЗО	27 58,933 Co КОБАЛЬТ	28 58,71 Ni НИКЕЛЬ		
Se ³⁴ _{78,96} СЕЛЕН	Br ³⁵ _{79,90} БРОМ					Kr ³⁶ _{83,80} КРИПТОН
42 95,94 Mo МОЛИБДЕН	43 (99) Tc ТЕХНЕЦИЙ	44 101,07 Ru РУТЕНИЙ	45 102,905 Rh РОДИЙ	46 106,4 Pd ПАЛЛАДИЙ		
Te ⁵² _{127,60} ТЕЛЛУР	I ⁵³ _{126,904} ИОД					Xe ⁵⁴ _{131,30} КСЕНОН
74 183,85 W ВОЛЬФРАМ	75 186,2 Re РЕНИЙ	76 190,2 Os ОСМИЙ	77 192,2 Ir ИРИДИЙ	78 195,09 Pt ПЛАТИНА		
Po ⁸⁴ ₍₂₁₀₎ ПОЛОНИЙ	At ⁸⁵ ₍₂₁₀₎ АСТАТ					Rn ⁸⁶ ₍₂₂₂₎ РАДОН

** АКТИНОИДЫ

90 232,038 Th ТОРИЙ	91 (231) Pa ПРОТАКТИНИЙ	92 238,03 U УРАН	93 (237) Np НЕПТУНИЙ	94 (242) Pu ПЛУТОНИЙ	95 (243) Am АМЕРИЦИЙ	96 (247) Cm КЮРИЙ
97 (247) Bk БЕРКЛИЙ	98 (249) Cf КАЛИФОРНИЙ	99 (254) Es ЭЙНШТЕЙНИЙ	100 (253) Fm ФЕРМИЙ	101 (256) Md МЕНДЕЛЕВИЙ	102 (256) (No) (НОБЕЛИЙ)	103 (257) Lr ЛОУРЕНСИЙ