



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Физика»

О. И. Проневич, С. В. Пискунов, К. К. Матькунов

ФИЗИКА

ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
технических и экономических специальностей
дневной формы обучения**

Гомель 2015

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73
П81

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 25.11.2014 г.)*

Рецензент: декан заоч. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого канд. физ.-мат. наук, доц. *Д. Г. Кроль*

Проневич, О. И.
П81 Физика : практикум по одноим. курсу для студентов техн. и экон. специальностей днев. формы обучения / О. И. Проневич, С. В. Пискунов, К. К. Матькунов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 77 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит основные формулы и задачи к практическим занятиям по всем разделам физики: «Механика и молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика. Атомная и ядерная физика».

Для студентов технических и экономических специальностей дневной формы обучения.

**УДК 53(075.8)
ББК 22.3я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2015

Предисловие

Предлагаемое практическое пособие предназначено для самостоятельной работы студентов специальностей, изучающих курс физики в один семестр:

1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по направлениям)»

1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)»

Включает разделы программы курса общей физики: «Механика и молекулярная физика. Термодинамика», «Электричество и магнетизм» и «Оптика. Атомная и ядерная физика».

Практическое пособие включает краткие теоретические сведения по указанным разделам курса физики, список задач по темам, список литературы.

В конце пособия в качестве приложения даются таблицы физических констант и величин, используемых при решении задач.

I КИНЕМАТИКА

Кинематика поступательного движения

Радиус-вектор частицы	$\vec{r}(t) = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$,
Модуль радиус-вектора	$r = \vec{r}(t) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$
Вектор мгновенной скорости	$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$
Модуль скорости	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$
Проекции вектора скорости на оси координат x, y, z	$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$
Вектор мгновенного ускорения	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$
Модуль ускорения	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$
Проекции вектора ускорения на оси координат x, y, z	$a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, a_z = \frac{dv_z}{dt}$
Тангенциальное ускорение	$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$
Нормальное ускорение	$a_n = \frac{v^2}{r}$
Модуль полного ускорения при криволинейном движении	$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$

1. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$, где i, j - орты осей x и y . Определите для момента времени $t = 1$ с: 1) модуль скорости; 2) модуль ускорения.
2. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = (2 + 3t + 5t^3)\vec{i} + (4 + 4t^4)\vec{j} + 3t\vec{k}$. Найти зависимость от

времени векторов скорости и ускорения и модулей этих величин для момента времени $t = 1$ с.

3. Движение материальной точки задано уравнением $\vec{r} = A(\vec{i} \cos \omega t + \vec{j} \sin \omega t)$, где $A = 1$ м и $\omega = 5$ рад/с. Начертить траекторию точки. Определить модуль скорости $|\vec{v}|$ и модуль нормального ускорения $|\vec{a}_n|$.
4. Материальная точка движется по закону $\vec{r} = \alpha \sin(5t)\vec{i} + \beta \cos(5t)\vec{j}$, где $\alpha = 2$ м, $\beta = 3$ м. Определить вектор скорости, вектор ускорения и траекторию движения материальной точки.
5. Скорость материальной точки, движущейся в плоскости xu , изменяется со временем по закону $\vec{v} = A \cdot \vec{i} - 2Bt \cdot \vec{j}$, где A и B – положительные постоянные. Найти: а) зависимость от времени модуля скорости точки; б) ускорение точки и его модуль; в) зависимость радиуса-вектора \vec{r} точки от времени, если в момент $t = 0$ он был равен нулю.
6. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = 3t^2\vec{i} + 2t\vec{j} + 1\vec{k}$. Найти зависимости от времени векторов скорости и ускорения точки и модулей этих величин.
7. Зависимость пройденного телом пути s от времени t дается уравнением $s = At - Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2$ м/с, $B = 3$ м/с² и $C = 4$ м/с³. Найти: 1) зависимость скорости v и ускорения a от времени t , 2) расстояние, пройденное телом, скорость и ускорение тела через 2 с после начала движения. Построить график пути, скорости и ускорения для $0 \leq t \leq 3$ с через 0,5 с.
8. Зависимость пройденного телом пути s от времени t дается уравнением $s = A - Bt + Ct^2$, где $A = 6$ м, $B = 3$ м/с и $C = 2$ м/с². Найти: среднюю скорость и среднее ускорение тела в интервале времени от 1 до 4 с. Построить график пути, скорости и ускорения для $0 \leq t \leq 5$ с через 1 с.
9. Зависимость пройденного телом пути s от времени t дается уравнением $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $C = 0,14$ м/с² и $D = 0,01$ м/с³. Через какое время t после начала движения тело будет иметь ускорение $a = 1$ м/с²? Найти среднее ускорение тела за этот промежуток времени.
10. С башни высотой $h = 25$ м горизонтально брошен камень со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Какое время t камень будет в движении? На

- каком расстоянии S от основания башни он упадет на землю? С какой скоростью v он упадет на землю? Какой угол α составит траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю?
11. Мяч бросили со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 40^\circ$ к горизонту. Найти: 1) на какую высоту h поднимется мяч, 2) на каком расстоянии S от места бросания он упадет на землю, 3) сколько времени он будет в движении. Сопротивление воздуха не учитывать.
 12. Тело брошено горизонтально со скоростью $v_0 = 5$ м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите радиус кривизны траектории тела через $t = 2$ с после начала движения.
 13. Камень брошен в горизонтальном направлении. Через $0,5$ с после начала движения числовое значение скорости камня стало в $1,5$ раза больше его начальной скорости. Найти начальную скорость камня. Сопротивление воздуха не учитывать.
 14. Камень брошен горизонтально со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Найти нормальное и a_n и тангенциальное a_τ ускорения камня через время $t = 1$ с после начала движения.
 15. Тело брошено горизонтально с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с. Через $\Delta t = 2$ с после начала движения, пренебрегая сопротивлением воздуха, найти: а) угол между вектором скорости и вертикалью; б) модули тангенциального и нормального ускорений; в) радиус кривизны траектории в точке, соответствующей этому моменту времени.
 16. Нормальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом $R = 4$ м, задается уравнением $a_n = A + Bt + Ct^2$ ($A = 1$ м/с², $B = 6$ м/с³, $C = 9$ м/с⁴). Определите: 1) тангенциальное ускорение точки; 2) путь, пройденный точкой за время $t_1 = 5$ с после начала движения; 3) полное ускорение для момента времени $t_2 = 1$ с.
 17. Точка движется по окружности так, что зависимость пути от времени дается уравнением $s = A - Bt + Ct^2$, где $B = 2$ м/с и $C = 1$ м/с². Найти линейную скорость точки, ее тангенциальное, нормальное и полное ускорения через время $t = 3$ с после начала движения, если известно, что при $t' = 2$ с нормальное ускорение точки $a_n' = 0,5$ м/с².
 18. Материальная точка движется по окружности радиусом $R = 2,2$ м согласно уравнению $s = 8t - 0,2t^3$. Найти модуль скорости, тан-

генциальное, нормальное и полное ускорения в момент времени $t = 3,2$ с.

19. Материальная точка движется по окружности радиусом $R = 5$ м. Когда нормальное ускорение точки становится $a_n = 3,2$ м/с², угол между векторами полного и нормального ускорений $\varphi = 60^\circ$. Найти модули скорости и тангенциального ускорения точки для этого момента времени.
20. На цилиндр, который вращается вокруг горизонтальной оси, намотана нить, к концу которой привязали грузик и предоставили возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время 3 с опустился на высоту 1,5 м. Определить угловое ускорение цилиндра, если радиус цилиндра 4 см.
21. Диск радиусом 10 см, находившийся в состоянии покоя, начал вращаться с постоянным угловым ускорением 0,5 рад/с². Найти тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.
22. Точка движется по окружности радиусом 0,3 м с постоянным угловым ускорением. Определить тангенциальное ускорение точки, если известно, что за время 4 с она совершила три оборота и в конце третьего оборота ее нормальное ускорение равно 27 м/с².

Кинематика вращательного движения

Вектор угловой скорости (первая производная от угла поворота по времени)	$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$
В случае равномерного вращательного движения выполняются соотношения	$\omega = \frac{\varphi}{t}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad \omega = 2\pi\nu,$
Вектор углового ускорения (производная от угловой скорости по времени)	$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$
Уравнения равнопеременного вращательного движения	$\omega = \omega_0 \pm \varepsilon \cdot t, \quad \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$
Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности	$s = \varphi \cdot r, \quad v = \omega \cdot r, \quad a_\tau = \varepsilon \cdot r, \\ a_n = \omega^2 \cdot r$

1. Колесо радиусом $R = 10$ см вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 3,14 \text{ рад/с}^2$. Найти для точек на ободе колеса к концу первой секунды после начала движения: а) угловую скорость ω ; б) линейную скорость v ; в) тангенциальное ускорение a_t ; г) нормальное ускорение a_n ; д) полное ускорение a ; е) угол α , составляемый вектором полного ускорения с радиусом колеса.
2. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 3 \text{ рад/с}^2$. Определите радиус колеса, если через $t = 1$ с после начала движения полное ускорение колеса $a = 7,5 \text{ м/с}^2$.
3. Колесо, вращаясь равноускорено, достигло угловой скорости $\omega = 20 \text{ рад/с}$ через $N = 10$ оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение ε колеса.
4. Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения $\nu = 50 \text{ с}^{-1}$ после выключения тока, сделал $N = 628$ оборотов, остановился. Определите угловое ускорение ε якоря.
5. Колесо, вращаясь равнозамедленно, за время $t = 1$ мин уменьшило свою частоту с $\nu_1 = 300$ об/мин до $\nu_2 = 180$ об/мин. Найти угловое ускорение ε колеса и число оборотов N колеса за это время.
6. Вентилятор вращается с частотой $\nu = 900$ об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки $N = 75$ оборотов. Какое время t прошло с момента выключения вентилятора до полной его остановки?
7. Твердое тело вращается с угловой скоростью $\vec{\omega} = At\vec{i} + Bt^2\vec{j}$, где $A = 0,5 \text{ с}^{-2}$, $B = 0,06 \text{ с}^{-3}$. Найти для момента времени $t = 10$ с: а) модули угловой скорости и углового ускорения; б) угол между этими векторами.
8. Материальная точка начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $0,02 \text{ рад/с}^2$. Через какой промежуток времени после начала вращения вектор полного ускорения образует с вектором скорости угол 45° ?
9. Определить радиус маховика, если при вращении скорость точек на его ободе 6 м/с , а скорость точек, находящихся на $0,15 \text{ м}$ ближе к оси – $5,5 \text{ м/с}$. С некоторого момента времени маховик начинает двигаться равнозамедленно и за 60 с останавливается. Сколько оборотов сделает маховик до остановки?
10. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением

- $\varphi = At^2$ ($A = 0,5$ рад/с²). Определите к концу второй секунды после начала движения: 1) угловую скорость диска; 2) угловое ускорение диска; 3) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное a_τ , нормальное a_n и полное a ускорения.
11. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением $\varphi = At^2$ ($A = 0,1$ рад/с²). Определите полное ускорение a точки на ободе диска к концу второй секунды после начала движения, если в этот момент линейная скорость этой точки $v = 0,4$ м/с.
 12. Колесо радиусом $R = 0,1$ м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где $B = 2$ рад/с и $C = 1$ рад/с³. Для точек, лежащих на ободе колеса, найти через время $t = 2$ с после начала движения: а) угловую скорость ω ; б) линейную скорость v ; в) угловое ускорение ε ; д) тангенциальное a_τ и нормальное a_n ускорения.
 13. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса от времени дается уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $B = 1$ рад/с, $C = 1$ рад/с² и $D = 1$ рад/с³. Найти радиус колеса, если известно, что к концу второй секунды движения нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, равно $a_n = 346$ м/с².
 14. Материальная точка движется по окружности $R = 0,2$ м по закону $\varphi = 3t - 0,4t^2$. Определить угловую скорость, угловое ускорение для момента времени $t = 2$ с. Найти модули тангенциального, нормального и полного ускорений.
 15. Уравнение вращения диска радиуса $R = 0,2$ м имеет вид $\varphi = 3 - t + 0,1t^3$. Определить тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска для момента времени $t = 2$ с.
 16. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = At - \frac{Bt^2}{2}$, где A и B - некоторые положительные постоянные. Найти угловую скорость вращения тела, его угловое ускорение и момент времени, когда тело остановится.
 17. Колесо с радиусом 0,1 и вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением:

$\varphi = 5 + t + 2t^2 + t^3$ рад. Для точек, лежащих на ободе колеса, определить угловую скорость, угловое ускорение, нормальное, тангенциальное и полное ускорение к концу второй секунды. Какой угол образует вектор полного ускорения и вектор линейной скорости?

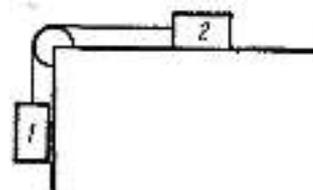
18. Диск с радиусом 0,4 м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением $\varphi = 12 + 3t + 2t^2 + t^3$ рад. Найти нормальное, тангенциальное, полное ускорение точки на окружности диска для момента времени 2 с. Какой угол составляет при этом вектор полного ускорения с радиусом колеса? Сколько оборотов сделает колесо за это время?

II ДИНАМИКА

Динамика поступательного движения

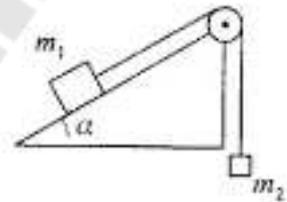
По первому закону Ньютона - равнодействующая всех сил равна нулю	$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$
По второму закону Ньютона - равнодействующая всех сил равна произведению массы тела на его ускорение	$\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = m\vec{a}$
Третий закон Ньютона	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
Сила трения	$F = \mu N$
Сила упругости	$F = -kx$
Сила тяжести	$F = mg$
Сила гравитационного взаимодействия	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

1. Тело массой $m = 0,5$ кг движется прямолинейно, причем зависимость пройденного телом пути s от времени t дается уравнением $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$, где $C = 5$ м/с² и $D = 1$ м/с³. Найти силу F , действующую на тело в конце первой секунды движения.
2. Тело массой $m = 0,5$ кг движется так, что зависимость пройденного телом пути s от времени t дается уравнением $s = A \sin \omega t$, где $A = 5$ см и $\omega = \pi$ рад/с. Найти силу F , действующую на тело через время $t = (1/6)$ с после начала движения.
3. Тело массой m движется в плоскости XU по закону $x = A \cos \omega t$, $y = A \sin \omega t$, где A , B и ω - некоторые постоянные. Определите модуль силы, действующей на это тело.
4. Две гири с массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 1$ кг соединены нитью и перекинуты через невесомый блок. Найти ускорение a , с которым движутся гири, и силу натяжения нити T . Трением в блоке пренебречь.
5. Невесомый блок укреплен на конце стола. Гири 1 и 2 одинаковой массы $m_1 = m_2 = 1$ кг соединены нитью и перекинуты через блок.



Коэффициент трения гири 2 о стол $\mu = 0,1$. Найти ускорение a , с которым движутся гири, и силу натяжения нити T . Трением в блоке пренебречь.

6. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Пройдя путь $s = 36,4$ см, тело приобретает скорость $v = 2$ м/с. Найти коэффициент трения μ тела о плоскость.
7. Наклонная плоскость, образующая угол $\alpha = 25^\circ$ с плоскостью горизонта, имеет длину $l = 2$ м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время $t = 2$ с. Определить коэффициент трения μ тела о плоскость.
8. В установке на рисунке угол α наклонной плоскости с горизонтом равен 20° , массы тел $m_1 = 200$ г и $m_2 = 150$ г. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения, определите ускорение, с которым будут двигаться эти тела, если тело m_2 опускается.
9. Грузик, привязанный к нити длиной $l = 1$ м, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Определить период T обращения, если нить отклонена на угол 60° от вертикали.
10. Акробат на мотоцикле описывает «мертвую петлю» радиусом $R = 4$ м. С какой наименьшей скоростью v_{\min} должен проезжать акробат верхнюю точку петли, чтобы не сорваться?
11. Камень, привязанный к веревке, равномерно вращается в вертикальной плоскости. Разность между максимальным и минимальным натяжениями веревки $\Delta F_n = 9,8$ Н. Найти массу камня.

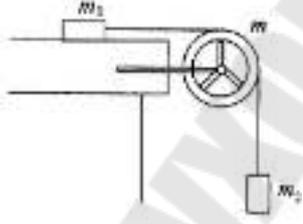


Динамика вращательного движения

Модуль момента силы равен	$M = Fr \sin \alpha = Fl$
Момент инерции материальной точки	$J = mr^2$
Момент инерции цилиндра (или диска) радиуса R относительно оси вращения, совпадающей с осью цилиндра	$J = \frac{1}{2} mR^2$
Момент инерции шара радиуса R относительно оси вращения, проходящей через центр масс шара	$J = \frac{2}{5} mR^2$

Момент инерции тонкого стержня длиной l , если ось вращения перпендикулярна стержню и проходит через центр масс стержня	$J = \frac{1}{12}ml^2$
Теорема Штейнера	$J_O = J_C + md^2$
Модуль момента импульса	$L = rmu \sin \alpha$
Связь момента импульса с моментом инерции	$L = J\omega$
Закон сохранения момента импульса	$J\omega = Const$
Основное уравнение вращательного движения	$M = J \frac{d\omega}{dt} = J\varepsilon$
Кинетическая энергия вращающегося тела равна	$E_{\text{вращ}} = \frac{J\omega^2}{2}$

1. Определить момент инерции J тонкого однородного стержня длиной $l = 30$ см и массой $m = 100$ г относительно оси, перпендикулярной ему и проходящей через: 1) его конец; 2) его середину; 3) точку, отстоящую от конца стержня на $1/3$ его длины.
2. Диаметр диска $d = 20$ см, масса $m = 800$ г. Определить момент инерции J диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.
3. Однородный диск радиусом $R = 0,2$ м и массой $m = 5$ кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр перпендикулярно к его плоскости. Зависимость угловой скорости ω вращения диска от времени t дается уравнением $\omega = A + Bt$, где $B = 8$ рад/с². Найти касательную силу F , приложенную к ободу диска. Трением пренебречь.
4. На барабан радиусом $R = 0,5$ м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой $m = 10$ кг. Найти момент инерции J барабана, если известно, что груз опускается с ускорением $a = 2$ м/с².
5. Две гири с массами $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 2$ кг соединены нитью, перекинутой через блок массой $m = 2$ кг. Найти ускорение a , с которым движутся гири, и силы натяжения T_1 и T_2 нитей, к которым подвешены гири. Блок считать однородным диском. Трением пренебречь.

6. На рисунке тело массой $m_1 = 0,25$ кг, соединенное невесомой нитью посредством блока (в виде полого тонкостенного цилиндра) с телом массой $m_2 = 0,2$ кг, скользит по поверхности горизонтального стола. Масса блока $m = 0,15$ кг. Коэффициент трения μ тела о поверхность равен $0,2$. Пренебрегая трением в подшипниках, определите: 1) ускорение a , с которым будут двигаться эти тела; 2) силы натяжения T_1 и T_2 нити по обе стороны блока.
- 
7. Диск массой $m = 2$ кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью $v = 4$ м/с. Найти кинетическую энергию E_k диска.
8. Шар диаметром $D = 6$ см и массой $m = 0,25$ кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости с частотой вращения $\nu = 4$ об/с. Найти кинетическую энергию W_k шара.
9. Медный шар радиусом $R = 10$ см вращается с частотой $\nu = 2$ об/с, вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения шара вдвое?
10. Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 900 об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равномерно, сделал до остановки 75 оборотов. Работа сил торможения равна $44,4$ Дж. Найти: 1) момент инерции вентилятора, 2) момент сил торможения.
11. Однородный стержень длиной $l = 1$ м подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. На какой угол α надо отклонить стержень, чтобы нижний конец стержня при прохождении положения равновесия имел скорость $v = 5$ м/с?
12. Карандаш длиной $l = 15$ см, поставленный вертикально, падает на стол. Какую угловую скорость ω и линейную скорость v будут иметь в конце падения середина и верхний конец карандаша?
13. Кинетическая энергия вала, вращающегося с частотой $\nu = 5$ об/с, $E_k = 60$ Дж. Найти момент импульса L вала.
14. Горизонтальная платформа массой $m = 100$ кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой $\nu_1 = 10$ об/мин. Человек массой $m_0 = 60$ кг стоит при этом на краю платформы. С какой частотой ν_2 начнет вращаться плат-

форма, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу однородным диском, а человека — точечной массой.

15. Какую работу A совершает человек при переходе от края платформы к ее центру в условиях предыдущей задачи? Радиус платформы $R = 1,5$ м.
16. Горизонтальная платформа массой $m = 80$ кг и радиусом $R = 1$ м вращается с частотой $\nu_1 = 20$ об/мин. В центре платформы стоит человек и держит в расставленных руках гири. С какой частотой ν_2 будет вращаться платформа, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от $J_1 = 2,94$ кг·м² до $J_2 = 0,98$ кг·м²? Считать платформу однородным диском.

III МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Уравнение гармонических колебаний материальной точки	$x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ или}$ $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$
Скорость и ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания	<p>Если $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, то</p> $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0),$ $a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0),$
Амплитуда и начальная фаза результирующего колебания при сложении гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты	$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$
Циклическая частота колебаний пружинного маятника	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$
Циклическая частота колебаний физического маятника	$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$
Циклическая частота математического маятника	$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$
Полная энергия тела, совершающего гармонические колебания	$E = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$
Логарифмический декремент затухания	$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$
Амплитуда затухающих колебаний	$A = A_0 e^{-\beta t}$

1. Материальная точка совершает гармонические колебания согласно уравнению $x = 0,02 \cos(\pi t + \frac{\pi}{2})$ м. Определите: 1) амплитуду колебаний; 2) период колебаний; 3) начальную фазу колебаний; 4) максимальную скорость точки; 5) максимальное ускорение точки; 6) через какое время после начала отсчета точка будет проходить через положение равновесия?
2. Дано уравнение движения точки $x = 2 \sin(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{4})$ см. Найти период колебаний T , максимальную скорость v_{\max} и максимальное ускорение a_{\max} точки.
3. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебаний $T = 2$ с, амплитуда $A = 50$ мм, начальная фаза $\varphi_0 = 0$. Найти скорость v точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия $x = 25$ мм.
4. Материальная точка совершает гармонические колебания так, что в начальный момент времени смещение -4 см, а скорость -10 см/с. Определить амплитуду и начальную фазу колебаний, если их период 2 с.
5. Уравнение колебаний материальной точки массой $m = 10$ г имеет вид $x = 5 \sin(\frac{\pi}{5} t + \frac{\pi}{4})$ см. Найти максимальную силу F_{\max} действующую на точку, и полную энергию E колеблющейся точки.
6. Полная энергия тела, совершающего гармоническое колебательное движение, $E = 30$ мкДж; максимальная сила, действующая на тело, $F_{\max} = 1,5$ мН. Написать уравнение движения этого тела, если период колебаний $T = 2$ с и начальная фаза $\varphi_0 = \pi/3$.
7. К пружине подвешен груз массой 1 кг. Зная, что пружина под влиянием силы 10 Н растягивается на 15 см, определить период вертикальных колебаний груза.
8. Шарик массой $2 \cdot 10^{-3}$ кг, подвешенный на нити длиной 2 м, отклоняют на угол $\alpha = 4^\circ$ и отпускают. Считая угол малым и пренебрегая трением, найти скорость шарика и энергию маятника при прохождении им положения равновесия.
9. Груз, подвешенный на пружине, совершает вертикальные колебания с амплитудой $0,06$ м. Максимальная кинетическая энергия груза $1,2$ Дж. Найти коэффициент жесткости пружины. Массой пружины пренебречь.

10. Тонкий обруч радиусом $R = 50$ см подвешен на вбитый в стену гвоздь и колеблется в плоскости, параллельной стене. Определите период T колебаний обруча.
11. Тонкий однородный стержень длиной $l = 60$ см может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, отстоящей на расстоянии $x = 15$ см от его середины. Определите период колебаний стержня, если он совершает малые колебания.
12. Диск радиусом $0,24$ м колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно к плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого маятника.
13. Математический маятник длиной $0,4$ м и физический маятник в виде тонкого прямого стержня длиной $0,6$ м синхронно колеблются около одной и той же горизонтальной оси. Определить расстояние от центра тяжести стержня до оси колебаний.
14. Складываются два гармонических колебания одного направления, описываемых уравнениями $x_1 = 3 \cos 2\omega t$ см и $x_2 = 3 \cos(2\omega t + \frac{\pi}{4})$ см. Определите для результирующего колебания: 1) амплитуду; 2) начальную фазу. Запишите уравнение результирующего колебания и представьте векторную диаграмму сложения амплитуд.
15. Найти амплитуду A и начальную фазу φ_0 гармонического колебания, полученного от одинаково направленных колебаний, данных уравнениями $x_1 = 0,02 \sin(5\pi t + \frac{\pi}{2})$ м и $x_2 = 0,03 \sin(5\pi t + \frac{\pi}{4})$ м.
16. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = \sin \pi t$ м и $y = 2 \sin(\pi t + \frac{\pi}{2})$ м. Найти траекторию результирующего движения точки и начертить ее с нанесением масштаба.
17. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = 2 \sin \omega t$ м и $y = 2 \cos \omega t$ м. Найти траекторию результирующего движения точки.
18. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях $x = \sin \pi t$ м и $y = 4 \sin(\pi t + \pi)$ м. Найти траекторию результирующего движения точки.

- рующего движения точки и начертить ее с нанесением масштаба.
19. Период затухающих колебаний $T = 1$ с, логарифмический декремент затухания равен $0,3$ и начальная фаза равна нулю. Смещение точки при $t = 2T$ составляет 5 см. Запишите уравнение движения этого колебания.
 20. Найти логарифмический декремент затухания математического маятника, если за время $t = 1$ мин амплитуда колебаний уменьшилась в 2 раза. Длина маятника $l = 1$ м.
 21. Амплитуда затухающих колебаний математического маятника за время $t_1 = 1$ мин уменьшилась вдвое. Во сколько раз уменьшится амплитуда за время $t_2 = 3$ мин?
 22. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 минут уменьшилась в 2 раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?
 23. За время, в течение которого система совершает $N = 50$ полных колебаний, амплитуда уменьшается в 2 раза. Определите добротность Q системы.
 24. Определите резонансную частоту колебательной системы, если собственная частота колебаний $\nu_0 = 300$ Гц, а логарифмический декремент затухания $0,2$.
 25. Собственная частота ν_0 колебаний некоторой системы составляет 500 Гц. Определите частоту ν затухающих колебаний этой системы, если резонансная частота $\nu_{рез} = 499$ Гц.
 26. Гирия массой $m = 0,5$ кг, подвешенная на спиральной пружине жесткостью $k = 50$ Н/м, совершает колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления $r = 0,5$ кг/с. На верхний конец пружины действует вынуждающая сила, изменяющаяся по закону $F = 0,1 \cos \omega t$ Н. Определите для данной колебательной системы: 1) коэффициент затухания β ; 2) резонансную амплитуду $A_{рез}$.
 27. Две точки лежат на луче и находятся от источника колебаний на расстояниях $x_1 = 4$ м и $x_2 = 7$ м. Период колебаний $T = 20$ мс и скорость ν распространения волны равна 300 м/с. Определите разность фаз колебаний этих точек.
 28. Звуковые колебания с частотой $\nu = 450$ Гц и амплитудой $A = 0,3$ мм распространяются в упругой среде. Длина волны $\lambda = 80$ см. Определите: 1) скорость распространения волн; 2) максимальную скорость частиц среды.

29. Два когерентных источника колеблются в одинаковых фазах с частотой $\nu = 400$ Гц. Скорость распространения колебаний в среде $\nu = 1$ км/с. Определите, при какой наименьшей разности хода, не равной нулю, будет наблюдаться: 1) максимальное усиление колебаний; 2) максимальное ослабление колебаний.

IV МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Молекулярно-кинетическая теория газов

Количество вещества	$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ или } \nu = \frac{m}{\mu}$
Уравнение Клапейрона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа)	$pV = \frac{m}{\mu} RT$
Закон Дальтона	$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$
Концентрация молекул	$n = N/V = N_A \rho / M$
Уравнение молекулярно-кинетической теории газов	$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2$
Средняя кинетическая энергия молекулы	$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$
Внутренняя энергия идеального газа	$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$
Скорости молекул:	
наиболее вероятная	$\langle v_{\text{в}} \rangle = \sqrt{2kT/m_0} = \sqrt{2RT/M}$
средняя квадратичная	$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{3kT/m_0} = \sqrt{3RT/M}$
средняя арифметическая	$\langle v \rangle = \sqrt{8kT/(\pi m_0)} = \sqrt{8RT/M}$
Распределение молекул в потенциальном поле сил (распределение Больцмана)	$n = n_0 \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right)$
Барометрическая формула	$p = p_0 \exp\left(-\frac{m_0 g h}{kT}\right)$

1. Найти плотность ρ водорода при температуре $t = 15^\circ\text{C}$ и давлении $p = 97,3$ кПа.
2. Какое число молекул N находится в комнате объемом $V = 80$ м³ при температуре $t = 17^\circ\text{C}$ и давлении $p = 100$ кПа?

3. Сколько молекул будет находиться в 1 см^3 сосуда при $10 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $p = 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Па}$?
4. Первоначальное давление газа 150 кПа . За счет изотермического сжатия объем газа уменьшили на 12% . На сколько изменилось давление газа?
5. В шаре диаметром 20 см находится азот массой $m = 7,0 \text{ г}$. До какой температуры можно нагреть этот шар, если максимальное давление которое выдерживают стенки шара $p = 0,3 \text{ МПа}$?
6. Определить начальную температуру газа, если в изохорном процессе при нагревании на 14 К давление возрастает на 5% .
7. В сосуде вместимостью $V = 0,3 \text{ л}$ при температуре $T = 290 \text{ К}$ находится некоторый газ. На сколько понизится давление p газа в сосуде, если из него из-за утечки выйдет $N = 10^{19}$ молекул?
8. В баллоне находилась масса $m_1 = 10 \text{ кг}$ газа при давлении $p_1 = 10 \text{ МПа}$. Какую массу Δm газа взяли из баллона, если давление стало равным $p_2 = 2,5 \text{ МПа}$? Температуру газа считать постоянной.
9. Давление в цилиндре паровой машины объемом $V = 20 \text{ дм}^3$ после открывания клапана уменьшилось на $\Delta p = 0,81 \text{ МПа}$. Какова масса пара, выпущенного из цилиндра? Температуру пара считать $T = 373 \text{ К}$.
10. В колбе вместимостью $V = 240 \text{ см}^3$ находится газ при температуре $T = 290 \text{ К}$ и давлении $p = 50 \text{ кПа}$. Определить количество вещества ν газа и число N его молекул.
11. Давление p газа равно 1 мПа , концентрация n его молекул равна 10^{10} см^{-3} . Определить: 1) температуру T газа; 2) среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа.
12. В двух сосудах одинакового объема находятся гелий и аргон, массы которых равны. Во сколько раз давление гелия, больше чем аргона, если температуры газов одинаковы?
13. Средняя квадратичная скорость некоторого газа при нормальных условиях равна 480 м/с . Сколько молекул содержит 1 г этого газа?
14. Определите наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет $0,35 \text{ кг/м}^3$.
15. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с ?
16. Плотность некоторого газа $\rho = 0,06 \text{ кг/м}^3$, средняя квадратичная скорость его молекул $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 500 \text{ м/с}$. Найти давление p , которое газ оказывает на стенки сосуда.

17. В закрытом сосуде вместимостью 20 л находятся водород массой 6 г и гелий массой 12 г. Определите: 1) давление p ; 2) молярную массу газовой смеси M в сосуде, если температура смеси $T = 300$ К.
18. Баллон вместимостью 20 л содержит смесь водорода и азота при температуре 290 К и давлении 1 МПа. Определите массу водорода, если масса смеси равна 150 г.
19. Определите плотность смеси газов водорода массой $m_1 = 8$ г и кислорода массой $m_2 = 64$ г при температуре $T = 290$ К и при давлении $p = 0,1$ МПа. Газы считать идеальными.
20. В сосуде 1 объемом $V_1 = 3$ л находится газ под давлением $p_1 = 0,2$ МПа. В сосуде 2 объемом $V_2 = 4$ л находится тот же газ под давлением $p_2 = 0,1$ МПа. Температуры газа в обоих сосудах одинаковы. Под каким давлением p будет находиться газ, если соединить сосуды 1 и 2 трубкой?
21. На какой высоте h давление воздуха составляет 75 % от давления на уровне моря? Температуру воздуха считать, постоянной и равной $t = 0$ °С.
22. На какой высоте h плотность газа вдвое меньше его плотности на уровне моря? Температуру газа считать постоянной и равной $t = 0$ °С. Задачу решить для: а) воздуха, б) водорода.
23. Найти среднюю длину свободного пробега молекул углекислого газа при температуре $t = 100$ °С и давлении $p = 13,3$ Па. Диаметр молекул углекислого газа $\sigma = 0,32$ нм.
24. Найти среднее число столкновений в единицу времени молекул углекислого газа при температуре $t = 100$ °С, если средняя длина свободного пробега $\langle l \rangle = 870$ мкм.
25. Найти среднюю длину свободного пробега атомов гелия, если известно, что плотность гелия $\rho = 0,021$ кг/м³.
26. Найти среднее число столкновений в единицу времени молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега $\langle l \rangle = 5$ мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул $\langle v_{кв} \rangle = 500$ м/с.
27. Средняя длина свободного пробега молекул водорода $\langle l \rangle = 90$ нм при некотором давлении p и температуре $T = 294$ К. В результате изотермического процесса давление газа увеличилось в 3 раза. Найти среднее число столкновений $\langle Z \rangle$ молекул водорода за 1 с.

28. Какая часть молекул кислорода при $t = 0^\circ\text{C}$ обладает скоростями v от 100 до 110 м/с?
29. Используя закон распределения молекул идеального газа по скоростям, найдите формулу наиболее вероятной скорости v_B .

Термодинамика

Теплоемкость молярная:	
Изохорная	$C_V = \frac{i}{2}R, \quad C_V = c_V M$
Изобарная	$C_p = \frac{(i+2)}{2}R, \quad C_p = c_p M$
Первое начало термодинамики	$\delta Q = dU + \delta A$ $dU = (m/M)C_V dT, \quad dA = p dV$
Работа расширения газа при процессе:	
Изобарном	$A = p(V_2 - V_1)$
Изотермическом	$A = \frac{m}{M}RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M}RT \ln \frac{p_1}{p_2}$
Уравнения Пуассона, связывающие параметры идеального газа при адиабатическом процессе	$pV^\gamma = const, \quad TV^{\gamma-1} = const,$ $T^\gamma p^{1-\gamma} = const$
Коэффициент полезного действия цикла Карно	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
Изменение энтропии	$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$

1. Масса $m = 6,5$ г водорода, находящегося при температуре $t = 27^\circ\text{C}$, расширяется вдвое при постоянном давлении за счет притока тепла извне. Найти работу A расширения газа, приращение ΔU внутренней энергии газа и количество теплоты Q , сообщенное газу.

2. Масса $m = 10$ г кислорода находится при давлении $p = 300$ кПа и температуре $t = 10$ °С. После нагревания при $p = \text{const}$ газ занял объем $V = 10$ л. Найти количество теплоты Q , полученное газом, изменение ΔU внутренней энергии газа и работу A , совершенную газом при расширении.
3. Масса $m = 10,5$ г азота изотермически расширяется при температуре $t = -23$ °С, причем его давление изменяется от $p_1 = 250$ кПа до $p_2 = 100$ кПа. Найти работу A , совершенную газом при расширении.
4. Гелий, находящийся при нормальных условиях, изотермически расширяется от объема $V_1 = 1$ л до $V_2 = 2$ л. Найти работу, совершенную газом при расширении, и количество теплоты, сообщенное газу.
5. При изотермическом расширении газа, занимавшего объем $V = 2$ м³, давление его меняется от $p_1 = 0,5$ МПа до $p_2 = 0,4$ МПа. Найти работу A , совершенную при этом.
6. Расширяясь трехатомный газ совершит работу $A = 245$ Дж. Какое количество теплоты Q было подведено газу, если он расширяется: 1) изобарно; 2) изотермически?
7. Во время изобарного сжатия при начальной температуре $T = 200$ К объем кислорода массой $m = 10$ кг уменьшился в 1,25 раза. Определить работу A , совершенную газом, и количество отведенной теплоты Q .
8. Двухатомный идеальный газ ($\nu = 2$ моль) нагревают при постоянном объеме до температуры $T_1 = 289$ К. Определить количество теплоты Q , которое нужно сообщить газу, чтобы увеличить его давление в $n = 3$ раза.
9. До какой температуры t_2 охладится воздух, находящийся при $t_1 = 0$ °С, если он расширяется адиабатически от объема V_1 до $V_2 = 2V_1$?
10. Объем $V_1 = 7,5$ л кислорода адиабатически сжимается до объема $V_2 = 1$ л, причем в конце сжатия установилось давление $p_2 = 1,6$ МПа. Под каким давлением p_1 находился газ до сжатия?
11. Воздух в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания сжимается адиабатически и его давление при этом изменяется от $p_1 = 0,1$ МПа до $p_2 = 3,5$ МПа. Начальная температура воздуха 40 °С. Найти температуру воздуха в конце сжатия.

12. Количество $\nu = 1$ кмоль азота, находящегося при нормальных условиях, расширяется адиабатически от объема V_1 до $V_2 = 5V_1$. Найти изменение ΔU внутренней энергии газа и работу A , совершенную газом при расширении.
13. Какой объем V сжатого двухатомного газа нужно израсходовать для совершения работы $A = 250$ кДж, если при адиабатном расширении объем его увеличился в 2 раза при начальном давлении $p = 0,18$ МПа.
14. Азот, находившийся при температуре $T = 400$ К подвергли адиабатическому расширению, в результате которого его объем увеличился в $n = 5$ раз, и внутренняя энергия уменьшилась на 4 кДж. Определить массу азота.
15. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 2,512$ кДж. Температура нагревателя $T_1 = 400$ К, температура холодильника $T_2 = 300$ К. Найти работу A , совершаемую машиной за один цикл, и количество теплоты Q_2 , отдаваемое холодильнику за один цикл.
16. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за один цикл работу $A = 73,5$ кДж. Температура нагревателя $t_1 = 100$ °С, температура холодильника $t_2 = 0$ °С. Найти КПД η цикла, количество теплоты Q_1 , получаемое машиной за один цикл от нагревателя, и количество теплоты Q_2 , отдаваемое за один цикл холодильнику.
17. Паровая машина мощностью $P = 14,7$ кВт потребляет за время $t = 1$ ч работы массу $m = 8,1$ кг угля с удельной теплотой сгорания $q = 33$ МДж/кг. Температура котла $t_1 = 200$ °С, температура холодильника $t_2 = 58$ °С. Найти фактический КПД η машины и сравнить его с КПД η_0 идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно между теми же температурами.
18. Найти изменение ΔS энтропии при превращении массы $m = 10$ г льда, находящегося при температуре $t = -20$ °С, в пар ($t_n = 100$ °С). Учесть, что удельная теплоемкость льда $c_{л} = 2100$ Дж/кг·К, удельная теплоемкость воды $c_{в} = 4190$ Дж/кг·К, удельная теплота парообразования $r = 2,26$ МДж/кг.
19. Найти изменение ΔS энтропии при переходе массы $m = 8$ г кислорода от объема $V_1 = 10$ л при температуре $t_1 = 80$ °С к объему $V_2 = 40$ л при температуре $t_2 = 300$ °С.

20. Масса $m = 6,6$ г водорода расширяется изобарически от объема V_1 до объема $V_2 = 2V_1$. Найти изменение ΔS энтропии при этом расширении.
21. Найти изменение ΔS энтропии при изотермическом расширении массы $m = 6$ г водорода от давления $p_1 = 100$ кПа до давления $p_2 = 50$ кПа.
22. Масса $m = 10$ г кислорода нагревается от температуры $t_1 = 50$ °С до температуры $t_2 = 150$ °С. Найти изменение ΔS энтропии, если нагревание происходит: а) изохорически; б) изобарически.
23. Кислород массой $m = 2$ кг увеличил свой объем в $n = 5$ раз один раз изотермически, другой – адиабатно. Найти изменения энтропии в каждом из указанных процессов.

V ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Закон сохранения заряда	$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$
Закон Кулона	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$
Напряженность электрического поля	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
Принцип суперпозиции	$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$
Теорема Гаусса	$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_1^n q_i$
Потенциал электростатического поля	$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$
Работа сил по перемещению заряда	$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$
Емкость плоского конденсатора	$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$
Емкость сферического конденсатора	$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$
Емкость цилиндрического конденсатора	$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$
Последовательное соединение конденсаторов	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$
Параллельное соединение конденсаторов	$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
Энергия заряженного конденсатора	$W = \frac{q^2}{2C}$

1. В вершинах и центре правильного треугольника со стороной 5 см, расположены одинаковые положительные заряды 0,5 мКл каждый. Какая сила действует на отрицательный заряд 0,7 мКл, находящийся на продолжении высоты, на расстоянии 7 см от вершины.
2. В центре квадрата расположен положительный заряд 250 нКл. Какой отрицательный заряд надо поместить в каждой вершине

- квадрата, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Будет ли это равновесие устойчивым.
3. В вершинах шестиугольника помещены одинаковые положительные заряды 10 нКл каждый. Какой отрицательный заряд надо поместить в центре шестиугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю.
 4. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии $r = 60 \text{ см}$. Сила отталкивания F_1 шаров равна 70 мкН . После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160 \text{ мкН}$. Вычислить заряды q_1 и q_2 , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.
 5. Три одинаковых заряда $q = 1 \text{ нКл}$ каждый расположены по вершинам равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд q_1 нужно поместить в центре треугольника, чтобы его притяжение уравнесило силы взаимного отталкивания зарядов. Будет ли это равновесие устойчивым.
 6. Расстояние l между свободными зарядами $q_1 = 25 \text{ нКл}$ и $q_2 = 100 \text{ нКл}$ равно $0,3 \text{ м}$. Определить точку на прямой, проходящей через заряды, в которую нужно поместить третий заряд q_3 так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить величину и знак заряда. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие.
 7. Заряженный шарик массой $m = 3 \text{ г}$, подвешенный в воздухе на невесомой, нерастяжимой нити, образующей угол $\alpha = 45^\circ$ с вертикалью движется с постоянной угловой скоростью $\omega = 10 \text{ рад/с}$ по окружности радиусом $r = 5 \text{ см}$ (рис. 1). В точке В находится другой неподвижный, заряженный шарик, причем, расстояние $AO = OB$. Найти модули зарядов шариков q , считая их одинаковыми.

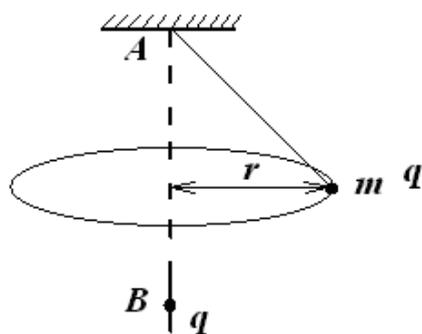


Рис. 1.

8. В вершинах правильного шестиугольника со стороной a помещаются точечные заряды одинаковой величины q . Найти напряженность поля \vec{E} в центре шестиугольника при условии: а) знак всех зарядов одинаков; б) знаки соседних зарядов противоположны.
9. Электрическое поле создано двумя зарядами $q_1 = -15$ нКл и $q_2 = -30$ нКл, находящимися на расстоянии $r = 5$ см друг от друга. Определить напряженность \vec{E} поля в точке, удаленной от первого заряда на расстоянии $r_1 = 10$ см и от второго на $r_2 = 8$ см.
10. Тонкий стержень длиной $l = 15$ см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью $\tau = 8$ нКл/м. Заряд $q = 15$ нКл равноудален от концов стержня на расстояние $r = 12$ см. Найти силу \vec{F} взаимодействия заряда и заряженного стержня.
11. Тонкий стержень длиной $l = 25$ см равномерно заряжен. Линейная плотность заряда $\tau = 15$ нКл/м. На продолжении стержня на расстоянии $r = 15$ см от ближайшего его конца, находится точечный заряд $q = 7,8 \cdot 10^{-7}$ Кл. Найти силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.
12. Тонкий стержень длиной $l = 12$ см заряжен с линейной плотностью $\tau = 200$ нКл/м. Найти напряженность \vec{E} электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $r = 5$ см от стержня против его середины.
13. Третью тонкого кольца радиуса $R = 15$ см несет распределенный заряд $q = 30$ нКл. Определить напряженность \vec{E} электрического

- поля, создаваемого распределенным зарядом в точке, совпадающей с центром кольца.
14. По тонкому кольцу радиусом $R = 10$ см равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 1$ нКл/м. В центре кольца находится заряд $q = 0,4$ мкКл. Определить силу F , растягивающую кольцо. Взаимодействием зарядов кольца пренебречь.
 15. На металлической сфере радиусом $R = 10$ см находится заряд $q = 1$ нКл. Определить напряженность \vec{E} электрического поля в следующих точках: 1) на расстоянии $r_1 = 8$ см от центра сферы; 2) на поверхности ее; 3) на расстоянии $r_2 = 15$ см от центра сферы. Построить график зависимости $E(r)$.
 16. Две концентрические металлические заряженные сферы радиусами $R_1 = 6$ см и $R_2 = 10$ см несут соответственно заряды $q_1 = 1$ нКл и $q_2 = -0,5$ нКл. Найти напряженность \vec{E} поля в точках, отстоящих от центра сферы на расстояниях $r_1 = 5$ см; $r_2 = 9$ см; $r_3 = 15$ см. Построить график зависимости $E(r)$.
 17. Определить работу $A_{1,2}$ сил поля по перемещению заряда $q = 1$ нКл из точки 1 в точку 2 поля, созданного заряженным проводящим шаром (рис. 2). Потенциал φ шара равен 1 кВ.

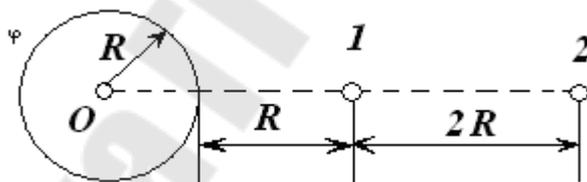


Рис. 2

18. На отрезке прямого провода равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau = 10$ мкКл/м. Определить работу A сил поля по перемещению заряда $q = 1$ нКл из точки В в точку С (рис. 3).

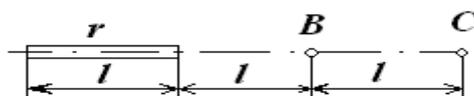


Рис. 3

19. Положительно заряженная частица, заряд которой равен элементарному заряду электрона e , прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 10$ кВ и летит на ядро атома натрия, заряд которого равен 11 элементарным зарядам. На какое наименьшее расстояние r_{\min} частица может приблизиться к ядру? Начальное расстояние частицы от ядра можно считать практически бесконечно большим, а массу частицы – пренебрежительно малой по сравнению с массой ядра.
20. Два протона, находящиеся на большом расстоянии друг от друга, сближаются с относительной начальной скоростью $\mathcal{G} = 1$ Мм/с. Определить минимальное расстояние r_{\min} на которое они могут подойти друг к другу.
21. В однородное электрическое поле напряженностью $E = 200$ В/м влетает (вдоль силовой линии) электрон со скоростью $\mathcal{G}_0 = 4$ Мм/с. Определить расстояние l , которое пройдет электрон до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.
22. Протон, летевший горизонтально со скоростью $\mathcal{G} = 0,9$ Мм/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью $E = 120$ В/см, направленное вертикально вверх. Какова будет по абсолютному значению и направлению скорость протона через 1 мс?
23. α - частица движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 250$ В α - частица имела скорость $\mathcal{G}_1 = 1,2 \cdot 10^4$ м/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость \mathcal{G}_2 α - частицы будет равна $4\mathcal{G}_1$.
24. Протон влетел в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью $\mathcal{G} = 5$ Мм/с, направленной параллельно пластинам. На сколько приблизится электрон к отрицательно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора, если расстояние между пластинами 20 мм, разность потенциалов $\Delta\varphi = 20$ В и длина пластин равна 5 см?
25. Пылинка массой $m = 20$ нг, несущая на себе заряд $q = 10$ нКл, влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов $U = 300$ В, пылинка имела скорость $\mathcal{G}_2 = 20$ Мм/с. Определить скорость \mathcal{G}_1 до того, как она влетела в поле.

26. Металлический шарик диаметром $d = 2$ см заряжен отрицательно до потенциала $\varphi = 150$ В. Сколько электронов находится на поверхности шарика?
27. Электрон влетел в плоский конденсатор, находясь на одинаковом расстоянии от каждой пластины и имея скорость $\mathcal{V} = 10$ м/с, направленную параллельно пластинам, расстояние d между которыми равно 2 см. Какую наименьшую разность потенциалов U нужно приложить к пластинам, чтобы электрон не вылетел из конденсатора?
28. Два электрона, находящиеся на большом расстоянии друг от друга, сближаются с относительной начальной скоростью $\mathcal{V} = 10$ Мм/с. Определить минимальное расстояние, на которое они могут подойти друг к другу.
29. Напряженность поля заряженного плоского конденсатора с расстоянием между пластинами 6 см равна 150 В/см. Параллельно пластинам в конденсатор вносится незаряженная металлическая пластина толщиной 1,5 см. Найти разность потенциалов между пластинами конденсатора до и после внесения металлической пластины.
30. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью $C_{1,2} = 100$ пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить насколько изменится емкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить стеклом.
31. Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиус внутренней сферы равен 10 см, а внешней 10,3 см. Промежуток между сферами заполнен парафином. Внутренней сфере сообщен заряд $q = 5$ мкКл. Определить разность потенциалов между сферами.
32. Конденсатор емкостью $C_1 = 0,2$ мкФ был заряжен до разности потенциалов $\Delta\varphi_1 = 300$ В. После того как его соединили параллельно со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов $\Delta\varphi_2 = 450$ В, разность потенциалов $\Delta\varphi$ на нем изменилась до 400 В. Вычислить емкость C_2 второго конденсатора.
33. Вычислить емкость цилиндрического конденсатора, если его длина 50 см, радиус внутреннего цилиндра 4 см, а внешнего

- 20 см. Полость между цилиндрами по всей длине конденсатора заполнена трансформаторным маслом.
34. Конденсатор емкостью $C_1 = 10$ мкФ был заряжен до разности потенциалов $\Delta\varphi_1 = 150$ В. К нему подсоединили параллельно незаряженный конденсатор емкостью $C_2 = 300$ мкФ. Какая разность потенциалов установится после их соединения?
35. После зарядки до разности потенциалов $\Delta\varphi = 1,5$ В плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами $d = 2,0$ см и площадью пластин $S = 0,2$ м² каждая, отключают от источника тока и увеличивают расстояние между пластинами вдвое. Определить работу, совершаемую против сил поля при раздвижении пластин, и плотность энергии электрического поля конденсатора до и после раздвижения пластин.
36. Конденсатор емкостью $C_1 = 600$ пФ заряжен до разности потенциалов $U = 1,5$ кВ и отключен от источника тока. Затем к конденсатору подсоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор емкостью $C_2 = 400$ пФ. Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.
37. Определить емкость плоского слюдяного конденсатора, площадь пластин которого равна 100 см², а расстояние между ними равно $0,1$ мм.
38. Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно $1,3$ см, площадь пластин равна 20 см². В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной $0,7$ мм и эбонита толщиной $0,3$ мм. Определить емкость конденсатора.
39. На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 0,2$ мкКл/м². Расстояние между пластинами равно 1 мм. Насколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния между пластинами до 3 мм?
40. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина толщиной 1 см, которая вплотную прилегает к его пластинам. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами, чтобы получить прежнюю емкость?

41. Электроемкость плоского конденсатора равна $1,5 \text{ мкФ}$. Расстояние между пластинами равно 5 мм . Какова будет электроемкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной 3 мм ?
42. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1 = 100 \text{ В}$. Какова будет разность потенциалов U_2 , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?
43. Конденсатор электроемкостью $C_1 = 0,6 \text{ мкФ}$ был заряжен до разности потенциалов $U_1 = 300 \text{ В}$ и соединен со вторым конденсатором электроемкостью $C_2 = 0,4 \text{ мкФ}$, заряженным до разности потенциалов $U_2 = 150 \text{ В}$. Найти заряд Δq , перетекший с пластин первого конденсатора на второй.
44. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Электроемкость такой батареи конденсаторов равна 89 пФ . Площадь каждой пластины равна 100 см^2 . Диэлектрик – стекло. Какова толщина стекла?
45. Плоский воздушный конденсатор электроемкостью $C = 100 \text{ нФ}$ заряжен до разности потенциалов $U = 300 \text{ В}$. После отключения от источника тока расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в пять раз. Определить: 1) разность потенциалов на обкладках конденсатора после их раздвижения; 2) работу внешних сил по раздвижению пластин.
46. Конденсатор электроемкостью $C_1 = 650 \text{ пФ}$ зарядили до разности потенциалов $U = 2 \text{ кВ}$ и отключили от источника тока. Затем к конденсатору присоединили параллельно второй, незаряженный конденсатор электроемкостью $C_2 = 400 \text{ пФ}$. Определить энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

VI ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Сила постоянного тока	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
Плотность тока	$j = \frac{I}{S}$
Сопротивление однородного проводника	$R = \rho \frac{l}{S}$
Зависимость удельного сопротивления от температуры	$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$
Последовательное соединение проводников	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
Параллельное соединение проводников	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Закон Ома для неоднородного участка цепи	$\pm I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon_{12}}{R}$
Закон Ома для однородного участка цепи	$I = \frac{U}{R}$
Закон Ома для полной цепи	$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$
Первое правило Кирхгофа	$\sum_{i=1}^n I_i = 0$
Второе правило Кирхгофа	$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$
Работа тока	$A = IUt$
Мощность тока	$P = IU$
Закон Джоуля-Ленца	$Q = I^2 R t$

- Сила тока I в проводнике меняется со временем t по уравнению $I = 1 + 5t$, где I - выражено в амперах и t - в секундах. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника за промежуток времени от $t_1 = 1$ с до $t_2 = 8$ с? При какой силе постоянного тока через поперечное сечение проводника это же время проходит такое же количество электричества? Сила тока в проводнике равномерно нарастает от

- $I_0 = 4 \text{ А}$ до $I = 10 \text{ А}$ в течение пяти секунд. Определить заряд q , прошедший в проводнике.
- Определить заряд q , прошедший по проводу с сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$, при равномерном нарастании напряжения на концах провода от $U_0 = 3 \text{ В}$ до $U = 7 \text{ В}$ в течение 15 с .
 - Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 20° C равно $35,8 \text{ Ом}$. Какова будет температура нити лампочки, если при включении в сеть напряжением 120 В по нити идет ток $0,33 \text{ А}$? Температурный коэффициент сопротивления вольфрама равен $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ \text{ C}^{-1}$.
 - Реостат из железной проволоки, миллиамперметр и генератор тока включены последовательно. Сопротивление реостата при 0° C равно 120 Ом , сопротивление миллиамперметра 20 Ом . Миллиамперметр показывает 22 мА . Что будет показывать миллиамперметр, если реостат нагреется на 50° C ? Температурный коэффициент сопротивления железа $6 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ \text{ C}^{-1}$. Сопротивлением генератора пренебречь.
 - Лампочка и реостат, соединенные последовательно, подсоединены к источнику тока. Напряжение на зажимах лампочки равно 40 В , сопротивление реостата равно 10 Ом . Внешняя цепь потребляет мощность $P = 120 \text{ Вт}$. Найти силу тока I в цепи.
 - Э.д.с. батареи аккумулятора $\varepsilon = 12 \text{ В}$, сила тока I короткого замыкания равна 5 А . Какую наибольшую мощность можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?
 - Два источника тока $\varepsilon_1 = 8 \text{ В}$, $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$, $r_2 = 1,5 \text{ Ом}$ и реостат $R = 10 \text{ Ом}$ соединены, как показано на рис. 4. Вычислить силу тока I , текущего через реостат.

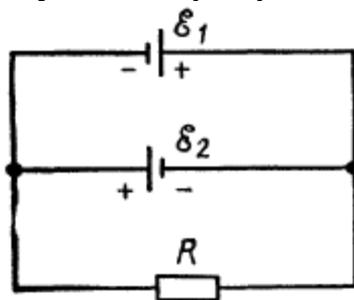


рис. 4

8. Определить силу тока I_3 в резисторе сопротивлением R_3 (рис. 5) и напряжение U_3 на концах резистора, $\varepsilon_1 = 4$ В, $R_1 = 2$ Ом, $\varepsilon_2 = 3$ В, $R_2 = 1$ Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

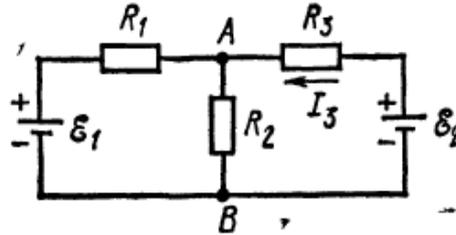


Рис. 5

9. Три батареи с ЭДС $\varepsilon_1 = 12$ В, $\varepsilon_2 = 5$ В, $\varepsilon_3 = 10$ В и одинаковыми внутренними сопротивлениями, равными 1 Ом, соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Определить силы токов I , идущих через каждую батарею.
10. Обмотка катушки из медной проволоки при температуре 14°C имеет сопротивление 10 Ом. После пропускания тока сопротивление обмотки стало равно 12,2 Ом. До какой температуры нагрелась обмотка? Температурный коэффициент сопротивления меди равен $4,15 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.
11. Найти внутреннее сопротивление генератора, если известно, что мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова при двух значениях внешнего сопротивления $R_1 = 5$ Ом и $R_2 = 0,2$ Ом. Найти КПД генератора в каждом из этих случаев.
12. От генератора, ЭДС которого равна 110 В, требуется передать энергию на расстояние 250 м. Потребляемая мощность 1 кВт. Найти минимальное сечение медных проводящих проводов, если потери мощности в сети не должны превышать 1%.
13. От батареи, ЭДС которой равна 500 В, требуется передать энергию на расстояние 2,5 км. Потребляемая мощность 10 кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных проводящих проводов 1,5 см.
14. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 40$ Ом равномерно нарастает от $I_0 = 3$ А до $I_{\text{max}} = 10$ А в течение времени $t = 10$ с. Определить количество теплоты Q , выделившееся за это время в проводнике.

15. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20$ Ом равномерно убывает от $I_1 = 15$ А до $I_2 = 3$ А в течение времени $t = 12$ с. Какое количество теплоты Q выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени.
16. В проводнике за время $t = 15$ с при равномерном возрастании силы тока от $I_1 = 4$ А до $I_2 = 12$ А выделилось количество теплоты $Q = 8$ кДж. Найти сопротивление проводника.
17. По проводнику сопротивлением 12 Ом течет ток, сила которого возрастает. Количество теплоты, выделяющееся в проводнике за время 15 с, равно 3500 Дж. Определить количество электричества, протекающее за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, сила тока в проводнике равна $I_0 = 3$ А.
18. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от $I_0 = 4$ А до некоторого максимального значения в течение времени $t = 5$ с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты $Q = 0,6$ кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если его сопротивление равно 3 Ом.

VII МАГНЕТИЗМ

Связь магнитной индукции и напряженности магнитного поля	$B = \mu\mu_0 H$
Закон Био-Савара-Лапласа	$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I_0 \sin \alpha}{r^2} dl$
Магнитная индукция в центре кругового витка	$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$
Магнитная индукция, созданная прямым бесконечно длинным проводником	$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$
Магнитная индукция, созданная отрезком проводника	$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$
Магнитная индукция поля длинного соленоида	$B = \mu\mu_0 nI$
Сила Ампера	$F = BIl \sin \alpha$
Сила Лоренца	$F = q \mathcal{E} B \sin \alpha$
Формула Лоренца	$F = qE + q \mathcal{E} B \sin \alpha$
Магнитный поток	$\Phi = BS \cos \alpha$
Потокоцепление	$\Psi = N\Phi$
ЭДС индукции	$\varepsilon_i = -\frac{d\Psi}{dt}$
Магнитный поток сквозь контур	$\Phi = LI$
ЭДС самоиндукции	$\varepsilon_s = -L \frac{dI}{dt}$
Индуктивность соленоида	$L = \mu\mu_0 n^2 V$
Энергия магнитного поля	$W = \frac{LI^2}{2}$
Объемная плотность энергии	$\omega = \frac{BH}{2}$

1. Длинный проводник с током 8 А изогнут под прямым углом. Найти магнитную индукцию в точке, которая отстоит от плоскости проводника на 35 см и находится на перпендикуляре к проводникам, проходящим через точку изгиба.
2. Два круговых витка, диаметром 6 см каждый, расположены в параллельных плоскостях на расстоянии 5 см друг от друга. По

- виткам текут токи силой 4 А в одном направлении. Найти индукцию магнитного поля в центре одного из витков.
3. Два круговых витка расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Диаметр каждого витка 6 см. По виткам текут одинаковые токи силой 10 А. Найти индукцию магнитного поля в центре этих витков.
 4. Из проволоки длиной 1 м согнута квадратная рамка. По рамке течет ток силой 12 А. Найти индукцию магнитного поля в центре рамки.
 5. Бесконечно длинный провод образует круговую петлю, касательную к проводу. По проводу идет ток силой 7 А. Радиус петли 12 см. Найти индукцию магнитного поля в центре петли.
 6. Ток силой 18 А течет по длинному проводнику, согнутому с закруглением 10 см так, что не согнутые участки становятся параллельными. Найти индукцию магнитного поля в центре закругления.
 7. Определить магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца диаметром 18 см, в точке, расположенной на расстоянии 20 см от центра кольца, если в центре кольца индукция магнитного поля равна 60 мкТл.
 8. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток силой 60 А. Длина сторон прямоугольника составляет 30 см и 80 см. Определить напряженность магнитного поля в точке пересечения диагоналей.
 9. Два круговых витка радиусом 4 см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии 5 см друг от друга. По виткам текут одинаковые токи силой 6 А. Найти индукцию магнитного поля в центре одного из витков. Токи в витках текут в противоположных направлениях.
 10. В однородном магнитном поле с индукцией 0,25 Тл находится прямой проводник длиной 15 см, по которому течет ток силой 5 А. На проводник действует сила 0,13 Н. Определить угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.
 11. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток 10 А. Под ним на расстоянии 1,5 см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток 1,5 А. Определить, какова должна быть площадь поперечно-

го сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

12. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 10 см друг от друга, текут одинаковые токи силой 100 А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу, действующую на отрезок длиной 1 м третьего провода. Оси проводников лежат в вершинах правильного треугольника.
13. Из проволоки длиной 40 см сделан квадратный контур. Найти вращающий момент сил, действующий на контур, помещенный в однородное магнитное поле, индукция которого 0,2 Тл. По контуру течет ток силой 3 А. Плоскость контура составляет 30° с направлением магнитного поля.
14. Из проволоки длиной 28 см согнут круговой контур. Найти вращающий момент сил, действующий на контур, помещенный в однородное магнитное поле, индукция которого 0,15 Тл. По контуру течет ток силой 5 А. Плоскость контура составляет угол 60° с направлением магнитного поля.
15. Тонкое проводящее кольцо с током 40 А помещено в однородное магнитное поле с индукцией 80 мТл. Плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. Диаметр кольца равен 30 см. Найти силу, растягивающую кольцо.
16. На рис. 6 изображены сечения двух прямолинейных бесконечно длинных проводников с токами. Расстояние АВ между проводниками равно 10 см, токи $I_1 = 20 \text{ А}$ и $I_2 = 30 \text{ А}$. Найти вектор индукции \vec{B} магнитного поля, вызванного токами I_1 и I_2 в точках M_1 , M_2 , M_3 . Расстояния $M_1A = 2 \text{ см}$, $AM_2 = 4 \text{ см}$, $BM_3 = 3 \text{ см}$.

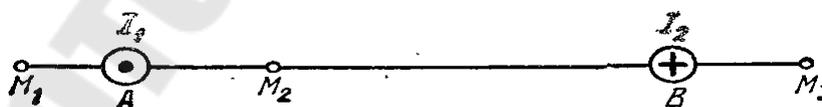


Рис. 6

17. На рис. 7 изображены сечения трех прямолинейных бесконечно длинных проводников с токами. Расстояния $AB = BC = 5 \text{ см}$, токи $I_1 = I_2 = I$ и $I_3 = 2I$. Найти точку на прямой AC , в которой индукция магнитного поля, вызванного токами I_2 и I_3 , равна нулю.

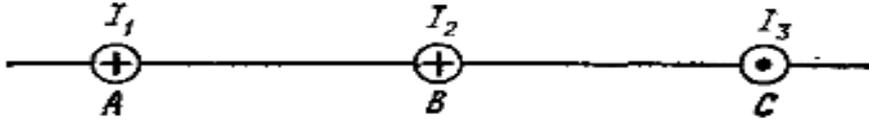


Рис. 7

18. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг к другу и находятся в одной плоскости (рис. 8). Найти вектор индукции магнитного поля в точках M_1 и M_2 , если токи $I_1 = 2$ А и $I_2 = 3$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 1$ см и $BM_1 = CM_2 = 2$ см.

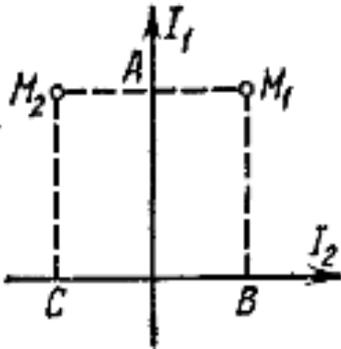


Рис. 8

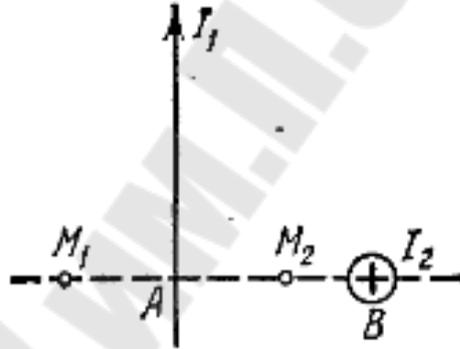


Рис. 9

19. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг к другу и находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 9). Найти вектор магнитной индукции магнитного поля в точках M_1 и M_2 , если токи $I_1 = 2$ А и $I_2 = 3$ А. Расстояния $AM_1 = AM_2 = 1$ см и $AB = 2$ см.
20. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно на расстоянии 10 см друг от друга. По проводникам текут токи $I_1 = I_2 = 5$ А в противоположных направлениях. Найти числовое значение и направление вектора индукции магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 10 см от каждого проводника.
21. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 2 мТл, движется по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.
22. Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см с линейной скоростью 1 Мм/с. Определить магнитный момент, создаваемый эквивалентным круговым током.
23. В атоме водорода электрон движется вокруг ядра по круговой орбите радиусом 53 пм. Найти магнитный момент эквивалентного кругового тока.

24. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл по окружности. Определить угловую скорость вращения электрона.
25. Электрон, обладая скоростью 10 Мм/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля равна 0,1 мТл. Определить нормальное и тангенциальное ускорение электрона.
26. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 480 В, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии 0,5 см от него. Определить силу, действующую на электрон, если по проводнику течет ток силой 10 А.
27. Электрон, обладая скоростью 1 Мм/с, влетает в однородное магнитное поле под углом 60° к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Индукция магнитного поля равна 2 мТл. Определить радиус витка и шаг спирали.
28. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,3 мТл по винтовой линии. Определить скорость электрона, если радиус винтовой линии равен 3 см, а шаг ее равен 9 см.
29. Ионы двух изотопов с массами равными $6,5 \cdot 10^{-26}$ кг и $6,8 \cdot 10^{-26}$ кг, ускоренные разностью потенциалов 500 В, влетают в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл перпендикулярно линиям индукции. Принимая заряд каждого иона равным элементарному электрическому заряду, определить, во сколько раз будут отличаться радиусы траекторий ионов изотопов.
30. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле, индукция которого равна 0,1 Тл.
31. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью 1 Мм/с. Индукция магнитного поля равна 0,25 Тл. Радиус окружности 4 см. Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия равна 12 кэВ.
32. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл по винтовой линии, радиус которой равен 1 см, а шаг равен 8 см. Определить период вращения электрона и его скорость.
33. В однородном магнитном поле с индукцией 3 Тл движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию, радиус которой 8 см, а шаг равен 40 см. Определить кинетическую энергию протона.

34. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 110 В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E = 12$ кВ/м) и магнитное ($B = 0,11$ Тл) поля. Найти отношение заряда частицы к ее массе, если двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.
35. Однородное электрическое поле с напряженностью 100 В/м перпендикулярно к однородному магнитному полю с индукцией 20 мТл. Электрон влетает перпендикулярно обоим полям. При какой начальной скорости электрон будет двигаться в этих полях прямолинейно?
36. Отрицательный ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 640$ В, попадает в однородные взаимно перпендикулярные электрическое ($E = 2$ В/см) и магнитное ($B = 1,5$ мТл) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион движется прямолинейно.
37. Протон влетел в скрещенные под углом $\alpha = 120^\circ$ электрическое ($E = 20$ кВ/м) и магнитное ($B = 50$ мТл) поля. Определить ускорение протона, если его скорость ($|\vec{v}| = 0,4$ Мм/с) перпендикулярна \vec{E} и \vec{B} .
38. В однородные взаимно перпендикулярные электрическое ($E = 0,5$ кВ/см) и магнитное ($H = 1$ МА/м) поля влетел ион. При какой скорости (по модулю и направлению) ион будет двигаться прямолинейно?
39. Однородное магнитное ($B = 3$ мТл) и электрическое ($E = 12$ кВ/см) поля скрещены под прямым углом. Электрон имеющий скорость $v = 4 \cdot 10^6$ м/с, влетает в эти поля так, что силы, действующие на него со стороны полей сонаправлены. Определить ускорение электрона.
40. Найти магнитный поток Φ , создаваемый соленоидом сечением $S = 10$ см², если он имеет $n = 10$ витков на каждый сантиметр его длины при силе тока $I = 10$ А.
41. Плоский контур, площадь которого равна 25 см², находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,04$ Тл. Определить магнитный поток Φ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол $\beta = 30^\circ$ с линиями индукции.

42. Соленоид длиной $L = 1$ м и сечением $S = 16$ см² содержит $N = 2000$ витков. Вычислить потокосцепление ψ при силе тока в обмотке 10 А.
43. В одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течет ток силой $I = 50$ А, расположена прямоугольная рамка так, что две большие стороны ее длиной $L = 65$ см параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Найти магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.
44. Квадратный проводящий контур со стороной 20 см и током 10 А находится в магнитном поле напряженностью 160 кА/м. Плоскость контура составляет с направлением поля угол 30° . Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы удалить контур за пределы поля.
45. Плоский проводящий виток радиусом 30 см и током 12 А расположен в однородном магнитном поле 0,3 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть виток на 180° вокруг оси, совпадающей с диаметром витка и перпендикулярной направлению магнитного поля.
46. Квадратный контур со стороной 0,1 м находится в однородном магнитном поле 0,8 Тл под углом 50° к линиям индукции. Какую работу нужно совершить, чтобы при силе тока 6 А в контуре изменить его форму на окружность.
47. Плоский контур ($S = 100$ см²), в котором течет ток 45 А, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить индукцию поля, если при перемещении контура из поля в область, где поле отсутствует, совершена работа 0,4 Дж.
48. Виток радиусом 5 см находится в равновесии в однородном магнитном поле напряженностью 40 кА/м. По витку течет ток 10 А. Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть виток около оси, совпадающей с диаметром витка на 90° .
49. Длинный прямой провод, по которому течет ток 50 А, расположен в одной плоскости с прямоугольной рамкой так, что две большие стороны ее длиной 0,6 м параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ши-

- рине 0,4 м. Определить магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.
50. Магнитный поток Φ сквозь сечение соленоида равен 50 мкВб. Длина соленоида 0,5 м. Найти магнитный момент соленоида, если его витки плотно прилегают друг к другу.
 51. Виток, в котором течет ток 60 А, свободно установился в однородном магнитном поле 0,02 Тл. Диаметр витка 0,14 м. Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол 60° .
 52. Виток диаметром 30 см помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,2 Тл. При токе в витке 1 А на него действует вращающий момент $p_m = 5,5 \cdot 10^{-4}$ Н·м. Определить, какой угол составляет плоскость контура с направлением магнитного поля.
 53. По витку диаметром 16 см течет ток 14 А. Виток находится в равновесии в однородном магнитном поле 0,06 Тл. Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть виток около оси, совпадающей с диаметром витка на 180° .
 54. В однородном магнитном поле находится кольцо из меди диаметром 20 см, плоскость которого перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить скорость изменения магнитного поля, если ток в кольце 2 А, а диаметр провода 3 мм ($\rho_{\text{меди}} = 17$ нОм·м)?
 55. Магнитная индукция однородного магнитного поля изменяется по закону $B = (2 + 5t^2) \cdot 10^{-2}$ Тл. Определить зависимость магнитного потока и ЭДС индукции от времени, если контур площадью $S = 0,01$ м² расположен перпендикулярно вектору магнитной индукции. Определить мгновенное значение магнитного потока и ЭДС индукции в конце пятой секунды.
 56. Кольцо из медного провода массой 10 г помещено в однородное магнитное поле ($B = 0,5$ Тл) так, что плоскость кольца составляет угол 60° с вектором магнитной индукции. Определить заряд, который пройдет по кольцу, если отключить магнитное поле.
 57. Тонкий медный провод массой 5 г согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ($B = 0,2$ Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд, который потечет по проводнику, ес-

- ли квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.
58. В однородном магнитном поле с индукцией 0,75 Тл вращается квадратная рамка со стороной 5 см, изготовленная из медной проволоки сечением 0,5 мм². Концы рамки замкнуты. Максимальное значение силы тока, индуцируемого в рамке при ее вращении 1,9 А. Определить число оборотов рамки в секунду.
 59. В однородном магнитном поле с индукцией 0,35 Тл равномерно с частотой 8 об/с вращается плоская рамка площадью 50 см², содержащая 1500 витков. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.
 60. В колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивностью 5 мГн, происходят электромагнитные колебания, при которых максимальная сила тока 10 мА. Определить емкость конденсатора, если максимальная разность потенциалов на его обкладках достигает 50 В, а активным сопротивлением катушки можно пренебречь.
 61. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 2 мкФ и катушки индуктивностью 0,1 Гн и сопротивлением 10 Ом. Определить логарифмический декремент затухания колебаний.
 62. На какую длину волны настроен радиоприемник, если его приемный контур обладает индуктивностью 1,5 мГн и емкостью 450 пФ?
 63. Собственные колебания в колебательном контуре протекают согласно уравнению $i = 2 \sin 100\pi t$ мА. Найти индуктивность катушки, если емкость конденсатора 10 мкФ.
 64. Катушка индуктивностью 1 мГн и воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин диаметром 20 см каждая, соединены параллельно. Расстояние между пластинами равно 1 см. Определить период колебаний.
 65. Конденсатор электроемкостью 500 пФ соединен параллельно с катушкой длиной 40 см и площадью сечения, равной 5 см². Катушка содержит 1000 витков. Сердечник немагнитный. Найти частоту собственных колебаний контура.
 66. Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью 8 пФ и катушку индуктивностью 0,5 мГн. Каково максимальное

напряжения на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 40 мА?

67. Колебательный контур состоит из параллельно соединенных конденсатора емкостью 1 мкФ и катушки индуктивностью 1 мГн. Сопротивление контура ничтожно мало. Найти частоту колебаний.
68. Индуктивность колебательного контура равна 0,5 мГн. Какова должна быть емкость контура, чтобы он резонировал на длине волны 300 м?
69. На какой длине волны будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивностью 4 мкГн и конденсатора емкостью 1,11 нФ?
70. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 10 пФ и катушку индуктивностью 1,5 мГн. Каково максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 25 мА?

VIII ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Интерференция

Скорость света в среде	$g = \frac{c}{n}$
Оптическая длина пути	$l = nS$
Оптическая разность хода двух световых волн	$\Delta = l_2 - l_1$
Условие максимумов интенсивности света при интерференции	$\Delta = \pm k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$
Условие минимумов интенсивности света при интерференции	$\Delta = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$
Связь разности фаз колебаний с оптической разностью хода световых волн	$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}$
Разность хода двух волн в опыте Юнга	$\Delta = \frac{xd}{L}$
Координаты максимумов интенсивности	$x_{\max} = \pm k \frac{L}{d} \lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$
Координаты минимумов интенсивности	$x_{\min} = \pm(2k + 1) \frac{\lambda L}{2d}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$
Расстояние между полосами в опыте Юнга	$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$
Оптическая разность хода световых волн, отраженной от верхней и нижней поверхностей тонкой пластинки или пленки, находящейся в воздухе	$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}$ $\Delta = 2d \cos r - \frac{\lambda}{2}$

Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных в проходящем)	$r_k = \sqrt{(2k-1)R \frac{\lambda}{2}}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$
Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых в проходящем)	$r_k = \sqrt{kR\lambda}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$
Радиус зоны Френеля для сферической волны	$r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda}$
Радиус зоны Френеля для плоской волны	$r_k = \sqrt{bk\lambda}$

1. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной 1 мм. Насколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку; 1) нормально; 2) под углом $\alpha = 30^\circ$?
2. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода Δ интерферирующих волн, равной 1,8 мкм.
3. В опыте Юнга расстояние между щелями равно 0,8 мм. На каком расстоянии от щелей следует расположить экран, чтобы ширина интерференционной полосы оказалась равной 1,5 мм.
4. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1 см укладывается 10 темных интерференционных полос. Длина волны $\lambda = 0,7$ мкм.
5. Расстояние между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно 0,1 мм. Расстояние между светлыми полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние от источника до экрана.
6. Определить, во сколько раз изменится ширина интерференционных полос на экране в опыте Юнга, если фиолетовый светофильтр (длина волны 0,4 мкм) заменить красным (длина волны 0,7 мкм).

7. В опыте Юнга расстояние между щелями равно 1,2 мм, источники посылают свет с длиной волны 0,57 мкм. На расстоянии 3,2 м от щелей помещен экран. Определить общее число световых интерференционных полос, расположенных на расстоянии 1 см от середины экрана.
8. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой. Свет падает на пластинку нормально. Показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны 600 нм. Какова толщина пластинки?
9. Расстояние между двумя когерентными источниками света равно 0,1 мм. Расстояние между светлыми полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Длина световой волны 0,5 мкм. Определить расстояние от источников до экрана.
10. В опыте Юнга расстояние от щелей до экрана равно 3 м. Определить угловое расстояние между соседними светлыми полосами, если третья светлая полоса на экране отстоит от центра интерференционной картины на расстоянии 4,5 мм.
11. На экране наблюдается интерференционная картина в результате наложения лучей от двух когерентных источников. Длина световой волны 500 нм. На пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили стеклянную пластинку с показателем преломления 1,6 и толщиной 5 мкм. Определить, на сколько полос сместится при этом интерференционная картина.
12. Пучок монохроматических световых волн ($\lambda = 0,6$ мкм) падает под углом $\alpha = 30^\circ$ на находящуюся в воздухе мыльную пленку с показателем преломления 1,3. При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут максимально усилены интерференцией?
13. На тонкую пленку с показателем преломления 1,5 расположенную в воздухе, падает нормально монохроматический свет с длиной волны λ . Определить, какой должна быть наименьшая толщина пленки, чтобы в отраженном свете она казалась темной. Какой цвет будет иметь пленка, если ее толщина будет $1,66 \lambda$?
14. На толстую стеклянную пластинку, покрытую очень тонкой пленкой, показатель преломления вещества которой равен 1,4,

- падает нормально параллельный пучок монохроматического света ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Отраженный свет максимально ослаблен вследствие интерференции. Определить толщину пленки.
15. На мыльную пленку (показатель преломления 1,33) падает белый свет под углом $\alpha = 45^\circ$. При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут окрашены в желтый свет? Длина волны желтого света 600 нм.
 16. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. В отраженном свете (длина волны 546 нм) наблюдаются интерференционные полосы. Расстояние между пятью полосами равно 2 см. Свет падает перпендикулярно поверхности пленки. Показатель преломления пленки 1,33. Найти угол клина в секундах.
 17. На стеклянный клин нормально падает монохроматический свет с длиной волны 668 нм. При какой наименьшей толщине клина будут видны интерференционные полосы? Определить угол клина, если расстояние между полосами 5,6 мм.
 18. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете 0,5 мм. Определить угол α между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, 1,6.
 19. На стеклянный клин с показателем преломления 1,5 нормально падает монохроматический свет с длиной волны 698 нм. Определить угол между поверхностями клина, если расстояние между двумя соседними минимумами в проходящем свете равно 2 мм.
 20. Расстояние между вторым и первым кольцами Ньютона в отраженном свете 1 мм. Определить расстояние между десятым и девятым кольцами.
 21. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластине. Определить толщину слоя воздуха, там, где в отраженном свете ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) видно первое светлое кольцо Ньютона.
 22. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом ($\lambda = 0,59 \text{ мкм}$). Радиус кривизны линзы равен 5 м. Определить толщину воз-

душного промежутка в том месте, где в отраженном свете наблюдается третье светлое кольцо.

23. Плосковыпуклая линза положена на стеклянную пластинку. Через эту оптическую систему проходит свет ($\lambda = 589$ нм). Диаметр пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете равен 8 мм. Определить оптическую силу линзы. Какая толщина воздушного зазора соответствует этому кольцу?

Дифракция

Условие максимумов интенсивности при дифракции света на щели	$a \sin \varphi = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad k = 1, 2, 3, \dots$
Условие минимумов интенсивности при дифракции света на щели	$a \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$
Условие главных максимумов интенсивности при дифракции света на дифракционной решетке	$d \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad k = 1, 2, 3, \dots$

1. Сферическая волна, распространяющаяся из точечного монохроматического источника света (длина волны 600 нм), встречает на своем пути диафрагму с круглым отверстием радиусом 0,4 мм. Расстояние от источника до диафрагмы равно 1 м. Определить расстояние от диафрагмы до точки, лежащей на линии, соединяющей источник с центром диафрагмы, где наблюдается максимум освещенности.
2. Между точечным источником монохроматического света с длиной волны 600 нм и экраном, посередине между ними, находится ширма с отверстием диаметра 4,4 мм. Как изменится освещенность экрана в точке, лежащей на оси пучка, если диаметр отверстия увеличить до 4,9 мм? Расстояние от источника до экрана 8 м.
3. От монохроматического источника с длиной волны 0,6 мкм, расположенного на расстоянии 1,2 м от диафрагмы с круглым отверстием диаметром 2,2 мм, падает сферическая волна. Определить расстояние от диафрагмы до точки наблюдения. Число зон Френеля, укладывающихся в отверстии, равно 4.

4. Определить радиус третьей зоны Френеля, если расстояние от точечного источника света до волновой поверхности и от волновой поверхности до точки наблюдения равны 1,5 м. Длина световой волны 600 нм.
5. Дифракция наблюдается на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света (длина волны 500 нм). Посередине между источником света и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Определить радиус отверстия, при котором центр дифракционных колец на экране является наиболее темным.
6. Точечный источник света ($\lambda = 0,5$ мкм) помещен на расстоянии 0,5 м перед непрозрачной преградой с отверстием радиуса 0,5 мм. Определить расстояние от преграды до точки, для которой число открываемых зон Френеля будет равно 2; 5.
7. Монохроматический свет нормально падает на диафрагму с круглым отверстием. Определить радиус четвертой зоны Френеля, если радиус второй зоны Френеля равен 2 мм.
8. Вычислить радиус пятидесятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ($\lambda = 0,5$ мкм), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии $b = 1$ м от фронта волны.
9. На экран с круглым отверстием радиусом 1,5 мм нормально падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 500 нм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии 1,5 м от него. Определить темное или светлое пятно наблюдается в центре дифракционной картины.
10. Радиус четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм. Определить радиус двадцать пятой зоны.
11. На непрозрачную пластину с узкой щелью падает нормально плоская монохроматическая световая волна ($\lambda = 0,6$ мкм). Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному максимуму, $\varphi = 20^\circ$. Определить ширину щели.
12. Какое наибольшее значение числа m (номера дифракционного минимума) для желтой линии натрия ($\lambda = 0,589$ мкм) при нормальном падении лучей на щель 1 мкм. Сколько всего наблюдается минимумов?
13. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 500 нм. Что будет наблюдаться на экране, если угол дифракции равен: а) 17; в) 43.

14. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.
15. На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Ширина щели в шесть раз больше длины волны. Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум интенсивности света?
16. Дифракционная решетка освещается нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр второго порядка на угол равный 14° . На какой угол она отклонит спектр третьего порядка.
17. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ($\lambda = 0,4 \cdot 10^{-6}$ м) спектра третьего порядка.
18. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть отдельно две желтые линии натрия с длинами волн $\lambda_1 = 589$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм? Какова длина такой решетки, если постоянная решетки 5 мкм?
19. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 410$ нм). Угол $\Delta\varphi$ между направлениями на максимумы первого и второго порядков равен $2^\circ 21'$. Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решетки.

Поляризация.

Закон Брюстера	$\operatorname{tg} i_B = n_{21}$
Закон Малюса	$I = I_0 \cos^2 \alpha$
Степень поляризации света	$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

1. Чему равен показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления 30° .
2. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли составляет 57° . Определить скорость света в этом кристалле.
3. Луч света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом 54° . Определить угол преломления луча, если отраженный луч максимально поляризован.
4. Угол падения луча на поверхность стекла равен 60° . При этом отраженный пучок света оказался максимально поляризованным. Определить угол преломления луча.
5. Пучок света переходит из жидкости в стекло. Угол падения пучка 60° , угол преломления 50° . При каком угле падения пучок света, отраженный от границы раздела этих сред, будет максимально поляризован?
6. Луч света, проходящий через слой воды, падает на кварцевую пластину, частично отражается, частично преломляется. Определить, каким должен быть угол падения, чтобы преломленный луч был перпендикулярен к отраженному лучу.
7. Параллельный пучок света переходит из глицерина в стекло так, что пучок, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол γ между падающим и преломленным пучками.
8. Степень поляризации P частично поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной интенсивности?
9. Частично - поляризованный свет проходит через николю. Интенсивность света увеличивается в 4 раза, если повернуть николю на 60° от положения, соответствующего минимальной интенсивности. Какова степень поляризации света?
10. Анализатор в два раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.
11. Во сколько раз ослабляется свет, проходя через два николя, угол между плоскостями поляризации которых составляет 30° , если в каждом из николей в отдельности теряется 10% падающего светового потока.

12. Угол между главными осями поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° .
13. Пучок света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол 40° . Коэффициент поглощения каждого николя равен 0,15. Найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.
14. Главные плоскости двух призм николя образуют между собой угол в 60° . Насколько следует изменить угол между главными плоскостями, чтобы интенсивность прошедшего света увеличилась вдвое?
15. Луч естественного света при прохождении двух николей был ослаблен в пять раз. В каждом николе интенсивность света за счет отражения и поглощения уменьшилась на 10%. Определить угол между плоскостями поляризации николей.
16. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле и коэффициент отражения границы раздела этих сред при угле падения пучка 60° .
17. Чему равен показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч будет полностью поляризован при угле преломления 30° . Определить степень поляризации лучей прошедших в стекло.
18. При прохождении света через слой 5% - ного сахарного раствора толщиной 15 см плоскость поляризации света повернулась на угол $6,5^\circ$. Насколько повернет плоскость поляризации 13% - ный раствор с толщиной слоя в 12 см?

IX ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. ФОТОЭФФЕКТ. ЭФФЕКТ КОМПТОНА

Тепловое излучение

Закон Стефана-Больцмана	$R_e = \sigma T^4$
Излучательность серого тела	$R_c = a_T \sigma T^4$
Закон смещения Вина	$\lambda_m = \frac{b}{T}$
Зависимость максимальной спектральной плотности излучательности температурой	$(r_{\lambda, T})_{\max} = c_1 T^5$

1. Температура абсолютно черного тела изменяется от 727°C до 1727°C . Во сколько раз изменится при этом полное количество получаемой телом энергии?
2. Длина волны, соответствующая максимуму энергии в спектре абсолютно черного тела, 720 нм . Излучающая поверхность 5 см^2 . Определить мощность излучения.
3. Максимум энергии излучения абсолютно черного тела приходится на длину волны 450 нм . Определить температуру и энергетическую светимость тела.
4. Поток излучения абсолютно черного тел $2,5\text{ кВт}$. Максимум энергии излучения приходится на длину волны $1,65\text{ мкм}$. Определить площадь излучающей поверхности.
5. Поток энергии, излучаемый из смотрового окошка плавильной печи 34 Вт . Определить температуру печи, если площадь отверстия 6 см^2 .
6. Абсолютно черное тело имеет температуру $T = 2900\text{ К}$. В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 9 \cdot 10^{-6}\text{ м}$. До какой температуры охладилось тело? ($b = 2,9 \cdot 10^{-3}\text{ м} \cdot \text{К}$).

7. Определить энергию W излучаемую за время 1 мин из смотрового окошка площадью 8 см^2 плавильной печи, если ее температура $1,2 \text{ кК}$.
8. Какую энергетическую светимость имеет затвердевший свинец. Отношение энергетических светимостей свинца и абсолютно черного тела $a = 0,6$.
9. При увеличении термодинамической температуры черного тела в два раза длина волны, на которую приходился максимум спектральной плотности энергетической светимости $(r_{\lambda, T})_{\max}$ уменьшилась на 400 нм . Определить начальную и конечную температуру.
10. Вычислить истинную температуру вольфрамовой раскаленной ленты, если радиационный пирометр показывает температуру $2,5 \text{ кК}$. Принять, что поглощательная способность для вольфрама не зависит от частоты излучения и равна $a_T = 0,35$.
11. Черное тело имеет температуру 500 К . Какова будет температура тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в 5 раз?
12. Температура абсолютно черного тела 2 кК . Определить длину волны, на которую приходится максимум энергии излучения, и спектральную плотность энергетической светимости (излучательности) $(r_{\lambda, T})_{\max}$ для этой длины волны.
13. Определить температуру и энергетическую светимость (излучательность) абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны 600 нм .
14. Из смотрового окошечка печи излучается поток 4 кДж/мин . Определить температуру печи, если площадь окошечка 8 см^2 .
15. Поток излучения абсолютно черного тела 10 кВт . Максимум энергии излучения приходится на длину волны $0,8 \text{ мкм}$. Определить площадь излучающей поверхности.
16. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_1 = 780 \text{ нм}$) на фиолетовую ($\lambda_2 = 390 \text{ нм}$)?
17. Средняя энергетическая светимость поверхности Земли равна $0,54 \text{ Дж}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$. Какова должна быть температура поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты $a_T = 0,25$?

18. Во сколько раз увеличится мощность излучения абсолютно черного тела, если максимум излучения переместится от красной границы видимого света (760 нм) к его фиолетовой границе (380 нм)?
19. При какой температуре энергетическая светимость абсолютно черного тела равна 1 кВт/м²?
20. Температура абсолютно черного тела уменьшилась на 1%. На сколько процентов уменьшилась энергетическая светимость тела?
21. Площадь поверхности нити накала 60-ваттной вольфрамовой лампы накаливания 0,5 см². Интегральная поглощательная способность вольфрама 0,6. Определить температуру нити накала.
22. Принимая температуру поверхности Солнца равной 5800 К, определить количество солнечной энергии, падающей за 1 с на площадку в 1 м², поставленную перпендикулярно солнечным лучам вблизи Земли за пределами земной атмосферы. Считать Солнце абсолютно черным телом.
23. Принимая температуру поверхности Солнца, равной 5800 К и считая излучение абсолютно черным, вычислить уменьшение массы Солнца вследствие излучения за 1 с. За сколько лет масса Солнца уменьшится на 0,001 %?
24. Стальной шар радиусом 4,5 см нагрет до температуры 1300 К. Шар остывает в открытом пространстве. За какое время температура шара понизится до 1200 К? Считать, что шар остывает как серое тело с поглощательной способностью $a_T = 0,5$.
25. При нагревании тела длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, изменилась от 1,45 мкм до 1,16 мкм. Насколько изменилась максимальная спектральная плотность энергетической светимости тела?

Фотоэлектрический эффект. Давление света.

Энергия фотона	$\varepsilon = h\nu$
Импульс фотона	$p = \frac{h}{\lambda}$
Формула Эйнштейна	$h\nu = A + T_{\max}$

Нерелятивистский случай	$T_{\max} = \frac{m_0 g_{\max}^2}{2}$
Релятивистский случай	$T_{\max} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right), \quad \beta = \frac{g_{\max}}{c}$
Энергия покоя электрона	$E_0 = m_0 c^2$
Красная граница фотоэффекта	$\nu_0 = \frac{A}{h}$ $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$

1. Фотон с длиной волны 0,12 мкм вырывает с поверхности натрия фотоэлектрон, кинетическая энергия которого 7,2 эВ. Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.
2. Работа выхода электронов из молибдена 4,2 эВ. Какова скорость электронов, вылетающих с поверхности молибдена при освещении его лучами с длиной волны 200 нм?
3. На цинковую пластинку направлен монохроматический пучок света. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов 1,5 В. Определить длину волны света, падающего на пластину.
4. На поверхность металла падает монохроматический свет длиной волны 0,15 мкм. Красная граница фотоэффекта 0,56 мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии? Определить величину максимальной скорости фотоэлектронов.
5. Красная граница фотоэффекта для цинка 310 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны 200 нм.
6. На поверхность калия падает свет с длиной волны 150 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов.
7. На фотоэлемент с катодом из лития падает свет длиной волны 200 нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

8. Выбиваемые светом при фотоэффекте электроны полностью задерживаются обратным потенциалом 4 В. Красная граница фотоэффекта 0,6 мкм. Определить частоту падающего света.
9. На металлическую пластину направлен монохроматический пучок света с частотой $7,3 \cdot 10^{14}$ Гц. Красная граница фотоэффекта для данного материала равна 560 нм. Определить величину максимальной скорости фотоэлектронов.
10. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения (длина волны 0,25 мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов 0,96 В. Определить работу выхода A электронов из металла.
11. Какова должна быть длина волны γ -излучения, падающего на платиновую пластину, чтобы величина максимальной скорости фотоэлектронов была 30 Мм/с?

Давление света.

Давление света	$p = \frac{E_e}{c}(1 + \rho)$ $p = \omega(1 + \rho)$
----------------	--

1. На зеркальную поверхность площадью 6 см^2 падает нормально поток излучения 0,8 Вт. Определить давление и силу давления света на эту поверхность.
2. Свет с длиной волны 600 нм нормально падает на зеркальную поверхность и производит на неё давление 4 мкПа. Определить число фотонов, падающих за время 10 с на площадь 1 мм^2 этой поверхности.
3. Параллельный пучок света длиной волны 500 нм падает нормально на зачерненную поверхность, производя давление 10 мкПа. Определить концентрацию фотонов в пучке.
4. Монохроматическое излучение с длиной волны 500 нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность. Поток энергии 0,6 Вт. Определить число фотонов, падающих на неё за время 5 с.
5. Определить коэффициент отражения поверхности, если при энергетической освещенности 120 Вт/м^2 давление света на неё оказалось равным 0,5 мкПа.

6. Определить энергетическую освещенность (облученность) зеркальной поверхности, если давление, производимое излучением, равно 40 мкПа. Излучение падает нормально к поверхности.
7. На расстоянии 5 м от точечного монохроматического (0,5 мкм) изотропного источника расположена площадка площадью 8 мм² перпендикулярно падающим пучкам. Определить число фотонов, ежесекундно падающих на площадку. Мощность излучения 100 Вт.
8. На зеркальную поверхность под углом 60° к нормали падает пучок монохроматического света с длиной волны 590 нм. Плотность потока энергии светового пучка 1 кВт/м². Определить давление, производимое светом на зеркальную поверхность.
9. Свет падает нормально на зеркальную поверхность, находящуюся на расстоянии 10 см от точечного изотропного излучателя. При какой мощности излучателя давление на зеркальную поверхность будет равным 1 мПа?
10. Определить давление солнечных лучей, падающих перпендикулярно на зеркальную пластинку, поставленную вблизи Земли выше границы земной атмосферы. Температуру поверхности Солнца принять равной 5800 К.
11. Поток монохроматических лучей с длиной волны 600 нм падает нормально на пластинку с коэффициентом отражения 0,2. Сколько фотонов ежесекундно падает на пластинку, если давление лучей на пластинку составляет 10⁻⁷ Н/м²?

Эффект Комптона.

Изменение длины волны при эффекте Комптона	$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ $\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos \Theta)$ $\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0c} \sin^2 \frac{\Theta}{2}$
Комптоновская длина волны	$\lambda_C = \frac{h}{m_0c}$

1. В результате эффекта Комптона фотон при соударении с электроном был рассеян на угол 90°. Энергия рассеянного фотона 0,4 МэВ. Определить энергию фотона до рассеяния.

2. Фотон с энергией 0,25 МэВ рассеялся на свободном электроном. Энергия рассеянного фотона 0,2 МэВ. Определить угол рассеяния.
3. Определить угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно 0,362 нм.
4. Фотон ($\lambda = 1$ пм) при соударении со свободным электроном испытал комптоновское рассеяние под углом 60° . Определить долю энергии, оставшуюся у фотона.
5. Определить угол, на который был рассеян фотон с энергией 1,53 МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи 0,51 МэВ.
6. Фотон с длиной волны 5 пм рассеялся на свободном электроном. Длина волны рассеянного фотона 6 пм. Определить угол рассеяния.
7. Определить величину импульса электрона отдачи, если фотон с энергией, равной энергии покоя электрона, был рассеян на угол 180° .
8. Определить величину импульса электрона отдачи, если фотон с энергией 1,53 МэВ в результате рассеяния на свободном электроном потерял $1/3$ своей энергии.
9. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол $\theta = \pi/2$. Определить величину импульса (в МэВ/с), приобретенного электроном, если энергия фотона до рассеяния была 1,02 МэВ.
10. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол $\theta = \pi/2$? Энергия фотона до рассеяния 0,51 МэВ.
11. Определить максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии света на свободных электронах и свободных протонах.
12. Фотон с длиной волны 15 пм рассеялся на свободном электроном. Длина волны рассеянного фотона 16 пм. Определить угол рассеяния.
13. Фотон с энергией 0,51 МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроном на угол 180° . Определить кинетическую энергию электрона отдачи.

14. В результате эффекта Комптона фотон с энергией 1,02 МэВ рассеян на свободных электронах на угол 150° . Определить энергию рассеянного фотона.
15. Фотон с энергией 0,49 МэВ рассеялся на свободном электроны под углом 60° . Определить энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.
16. Фотон рассеивается на свободном электроны. Определить угол рассеяния фотона и энергию фотона, если величина импульса рассеянного фотона равна половине величины импульса падающего фотона, а величина импульса электрона отдачи равна величине импульса падающего фотона.
17. Определить величину импульса электрона отдачи при эффекте Комптона, если энергия падающего фотона равна удвоенной энергии покоя электрона и фотон был рассеян на угол 60° .
18. Фотон с энергией 0,85 МэВ при рассеянии на свободном электроны потерял половину своей энергии. Определить угол рассеяния и энергию электрона отдачи.
19. Фотон с энергией 1,21 МэВ был рассеян при эффекте Комптона на свободном электроны на угол 120° . Определить кинетическую энергию и величину импульса электрона отдачи.

X АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Атом водорода.

Энергия светового фотона	$h\nu = E_k - E_n$ $h\nu = E_i \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$ $E_i = 13,6 \text{ эВ}$
Модуль момента импульса	$m v_n r_n = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \dots$
Длина волны де Бройля	$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p}$
Импульс частицы (не релятивистский случай)	$p = m_0 v, \quad p = \sqrt{2m_0 T}$
Импульс частицы (релятивистский случай)	$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad p = \frac{1}{c} \sqrt{(2E_0 + T)T}$

1. Найти длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в 1-ом возбужденном состоянии.
2. Определите изменение длины волны де Бройля для электрона, совершающего переход в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй.
3. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов 510 кВ. Определить длину волны де Бройля, учитывая релятивистские эффекты.
4. Фотон, соответствующий длине волны 0,02 мкм, выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Вычислить скорость электрона за пределами атома.
5. Определить границы спектральной области, в которой лежат линии серии Бальмера.
6. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

7. Какую энергию надо сообщить атому водорода для того, чтобы в спектре его появилась одна линия серии Бальмера?
8. Определить радиусы двух первых орбит электрона в атоме водорода и скорость электрона на этих орбитах.
9. Определить потенциальную, кинетическую и полную энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.
10. Какие спектральные линии появятся в видимой области спектра при возбуждении атомов водорода электронами с энергией 12,8 эВ.
11. При переходе электрона атома водорода с одной из возможных орбит на другую, более близкую к ядру, атом испустил фотон с длиной волны 1875,1 нм. Определить кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона в этом промежуточном возбужденном состоянии.
12. Во сколько раз изменится период вращения электрона в атоме водорода, если при переходе в невозбужденное состояние атом излучил фотон с длиной волны 97,5 нм?
13. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус орбиты, скорость и частоту обращения электрона в возбужденном состоянии атома водорода.
14. Определить первый потенциал возбуждения и потенциал ионизации атома водорода.
15. Найти энергию ионизации и потенциал ионизации ионов He^+ и Li^{++} .

Ядерная физика

Массовое число ядра (число нуклонов в ядре)	$A = Z + N$
Закон радиоактивного распада	$N = N_0 e^{-\lambda t}$
Число ядер, распавшихся за время t	$\Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$
Период полураспада	$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

Число атомов	$N = \frac{m}{\mu} N_A$
Активность радиоактивного изотопа	$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$
Удельная активность изотопа	$a = A / m$
Дефект массы ядра	$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}$
Энергия связи ядра	$E_{\text{св}} = \Delta mc^2$
Удельная энергия связи ядра	$\varepsilon_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$

1. Найти период полураспада радиоактивного препарата, если за сутки его активность уменьшится в четыре раза.
2. За какое время распадается 75% атомов кальция $^{45}_{20}\text{Ca}$?
3. Какая часть начального количества атомов распадается за один год в радиоактивном изотопе тория $^{229}_{90}\text{Th}$? Период полураспада тория $T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ лет.
4. Определить энергию связи, которая выделится при образовании из протонов и нейтронов ядер гелия ^4_2He массой 1 г.
5. Вычислить дефект массы, энергию связи ядра атома и его удельную энергию связи, т.е. энергию, приходящуюся на один нуклон, для элемента $^{24}_{12}\text{Mg}$.
6. Определить энергию связи, которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро.
7. Определить активность препарата массой 0,3 мг радиоактивного изотопа $^{228}_{88}\text{Ra}$ с периодом $T_{1/2} = 6,7$ года через 5 лет.
8. Активность некоторого радиоактивного элемента за 10 часов уменьшилась на 20%. Определить постоянную распада этого элемента.
9. Вычислить удельную активность кобальта ^{60}Co .
10. Написать недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях: 1) $^{227}_{13}\text{Al}(n, \alpha)X$, 2) $^{19}_9\text{Fe}(p, x)^{16}_8\text{O}$.

11. Ядро урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, захватив один нейтрон, разделилось на два осколка, причем освободелось два нейтрона. Одним из осколков оказалось ядро ксенона ${}^{104}_{54}\text{Xe}$. Определить порядковый номер и массовое число второго осколка.
12. Какой изотоп образуется из тория ${}^{229}_{90}\text{Th}$ после четырех α -распадов и двух β -распадов?
13. Сколько α и β -частиц выбрасывается при превращении ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ в ядро висмута ${}^{209}_{83}\text{Bi}$?
14. Найти энергию ядерных реакций:

$${}^2\text{H}(n, \gamma){}^3\text{H}$$

$${}^{19}\text{F}(p, \alpha){}^{16}\text{O}$$
15. При делении ядра урана ${}^{235}\text{U}$ выделяется энергия 200 МэВ. Какую долю энергии покоя ядра урана ${}^{235}\text{U}$ составляет выделившаяся энергия?
16. Энергия связи ядра, состоящая из двух протонов и одного нейтрона, равна 7,72 МэВ. Найти массу нейтрального атома, имеющего это ядро.
17. Ядро углерода ${}^{14}_6\text{C}$ выбросило отрицательно заряженную β -частицу и антинейтрино. Определить полную энергию β -распада ядра.
18. Найти энергию α -распада ядра полония ${}^{210}_{84}\text{Po}$.
19. Покоившееся ядро полония ${}^{210}_{84}\text{Po}$ выбросило α -частицу с кинетической энергией 5,3 МэВ. Определить кинетическую энергию ядра отдачи и полную энергию, выделившуюся при α -распаде.
20. Какой изотоп образуется из ${}^{238}_{92}\text{U}$ после трех α -распадов и одного β -распада?

Литература

1. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: Высш. шк., 2004. – 542 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1989. – Т.1. – 350 с.
3. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – М.: Академия, 2003. – 720 с.
4. Сивухин, Д.В. Общий курс физики / Д.В. Сивухин. – М.: Наука, 1989. – Т.1. – 576 с.

Приложение

1. Некоторые физические константы

Наименование	Обозначение	Числовое значение
Ускорение свободного падения	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м/кг}^2$
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	$8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$
Объем моля идеального газа при нормальных условиях	V_0	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{моль}$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса электрона	m_e	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кг}$
Удельный заряд электрона	e / m	$1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$
Постоянная смещения Вина	b	$2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
	\hbar	$1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга	R	$2,07 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$
Боровский радиус	a	$5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м}$

Комптоновская длина волны	λ_C	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Энергия ионизации	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж
Атомная единица массы	1 а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Диэлектрическая постоянная	ε_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

2. Плотность твердых тел

Вещество	$\rho \cdot 10^3$ кг/м ³	Вещество	$\rho \cdot 10^3$ кг/м ³
Алюминий	2,7	Марганец	7,4
Висмут	9,8	Медь	8,93
Вольфрам	19,3	Никель	8,8
Железо (чугун, сталь)	7,87	Платина	21,4
Золото	19,3	Свинец	11,3
Каменная соль	2,2	Серебро	10,5
Латунь	8,55	Уран	18,7

3. Плотность жидкостей при 15°С

Вещество	$\rho \cdot 10^3$ кг/м ³	Вещество	$\rho \cdot 10^3$ кг/м ³
Вода (дистиллированная при 4°С)	1	Ртуть	13,6
Глицерин	1,26	Сероуглерод	1,26
Керосин	0,8	Спирт	0,8
Масло (оливковое, смазочное)	0,9	Эфир	0,7
Масло касторовое	0,96		

4. Плотность газов при нормальных условиях (кг/м^3)

Вещество	ρ , кг/м^3	Вещество	ρ , кг/м^3
Азот	1,25	Воздух	1,29
Аргон	1,78	Гелий	0,18
Водород	0,09	Кислород	1,43

5. Диэлектрическая проницаемость среды ε

Вещество	ε	Вещество	ε
Вода	81	Стекло	7
Масло (трансформаторное)	2,2	Фарфор	5
Парафин	2	Эбонит	3
Слюда	7		

6. Удельное сопротивление и температурный коэффициент проводников

Вещество	ρ (при 20°C), $\text{нОм}\cdot\text{м}$	α , $10^{-3}\cdot\text{C}^{-1}$
Алюминий	26	3,6
Графит	$3,9\cdot 10^3$	-0,8
Железо	98	6,2
Медь	17	4,2

7. Показатель преломления n

Алмаз	2,42
Вода	1,33
Масло коричное	1,6
Сероуглерод	1,63
Стекло	1,5

8. Работа выхода электронов из металла

Металл	A , эВ	$A, 10^{-19}$ Дж	Металл	A , эВ	$A, 10^{-19}$ Дж
Калий	2,2	3,5	Платина	6,3	10,1
Литий	2,3	3,7	Серебро	4,7	7,5
Натрий	2,5	4	Цинк	4	6,4

9. Масса и энергия покоя некоторых элементарных и легких ядер

Частица	Масса		Энергия	
	m_0 , кг	m_0 , а.е.м.	E_0 , Дж	E_0 , МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Нейтральный π - мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14526	—	135
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,5 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00868	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3 \cdot 10^{-10}$	1876
α - частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733

10. Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Период полураспада	Изотоп	Период полураспада
Актиний ${}_{89}^{225}Ac$	10 суток	Радон ${}_{86}^{222}Rn$	3,8 суток
Йод ${}_{53}^{131}I$	8 суток	Стронций ${}_{38}^{90}Sr$	28 лет
Иридий ${}_{77}^{192}Ir$	75 суток	Торий ${}_{90}^{229}Th$	$7 \cdot 10^3$ лет
Кобальт ${}_{27}^{60}Co$	5,3 года	Уран ${}_{92}^{238}U$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Магний ${}_{12}^{27}Mg$	10 мин	Фосфор ${}_{15}^{32}P$	14,3 суток

Радий ${}_{88}^{219}Ra$	10^{-3} с	Натрий ${}_{11}^{22}Na$	2,6 года
Радий ${}_{88}^{226}Ra$	$1,62 \cdot 10^3$ лет		

11. Формулы приведения

β	$\sin\beta$	$\cos\beta$	$\operatorname{tg}\beta$	$\operatorname{ctg}\beta$
$\alpha + \frac{\pi}{2}$	Cosa	$-\operatorname{sina}$	$-\operatorname{ctga}$	$-\operatorname{tga}$
$\alpha + \pi$	$-\operatorname{sina}$	$-\operatorname{cosa}$	tga	ctga
$2\pi + \alpha$	Sina	cosa	tga	ctga
$-\alpha$	$-\operatorname{sina}$	cosa	$-\operatorname{tga}$	$-\operatorname{ctga}$
$\pi - \alpha$	sina	$-\operatorname{cosa}$	$-\operatorname{tga}$	$-\operatorname{ctga}$
$\frac{\pi}{2} - \alpha$	cosa	sina	ctga	tga

12. Некоторые значения тригонометрических функций

α	sina	cosa	tga	ctga
0°	0	1	0	—
30°	0,5	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$
45°	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	1	1
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	0,5	$\sqrt{3}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
90°	1	0	—	0
180°	0	-1	0	—
360°	0	1	0	—

Содержание

	стр.
Предисловие	3
1 Кинематика	4
2 Динамика	11
3 Механические колебания и волны	16
4 Молекулярная физика	21
5 Электричество	28
6 Законы постоянного тока	36
7 Магнетизм	40
8 Волновая оптика	50
9 Тепловое излучение. Фотоэффект. Эффект Комптона	59
10 Атомная и ядерная физика	67
Литература	71
Приложение	72

**Проневич Олег Иванович
Пискунов Сергей Васильевич
Матькунов Константин Константинович**

ФИЗИКА

Практикум

**по одноименному курсу для студентов
технических и экономических специальностей
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 14.10.15.

Пер. № 161Е.
<http://www.gstu.by>