

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

Сборник задач по физике

**для иностранных слушателей факультета
довузовской подготовки**

БРЕСТ 2013

УДК 538. 91, 548.73,378.147:53

ББК 74.265.1 я 73

Ч 75

Рецензент:

Котловский О.А., к. п. н., доцент, декан физико-математического факультета
БрГУ им. А.С. Пушкина

Кушнер Т. Л., Янусик И. С., Яромская Л. Н.

Ч 75 Сборник задач по физике. – Брест, из-во БрГТУ, 2013. – 84 с.

ISBN 978-985-493-245-3

Пособие представляет собой сборник задач, составленный в соответствии с программой по физике для поступающих в высшие учебные заведения Республики Беларусь, и адаптирован для подготовки иностранных слушателей факультета довузовской подготовки. Предлагаемые задачи призваны закрепить базовые знания слушателей по физике. Основная цель – привить необходимые навыки к решению элементарных физических задач, научить иностранных слушателей понимать физические термины на русском языке и закрепить теоретический материал. Задачи, обозначенные звездочкой, позволяют развить практику в математических вычислениях. В сборник включен справочный материал, необходимый для решения задач, а также пояснение формул с применением английской терминологии.

Сборник предназначен для самостоятельной работы иностранных слушателей факультета довузовской подготовки на аудиторных занятиях и дома.

УДК 538. 91, 548.73,378.147:53

ББК 74.265.1 я 73

ISBN 978-985-493-245-3

© Коллектив авторов, 2013

© Изд-во БрГТУ, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов	4	
1. Кинематика		
Равномерное прямолинейное движение. Равнопеременное прямолинейное движение	5	
Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально, горизонтально	8	
Движение по окружности (с постоянной по модулю линейной скоростью)	10	
2. Динамика материальной точки		
Законы Ньютона	12	
Импульс. Закон сохранения импульса	15	
Механическая работа. Мощность.....	17	
Энергия. Закон сохранения механической энергии.	19	
3. Статика		22
4. Гидростатика		24
5. Механические колебания и волны		26
6. Молекулярная физика и термодинамика		
Основы молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ	29	
Термодинамика. Циклические процессы	32	
Тепловые процессы	35	
7. Электродинамика		
Электростатика	37	
Конденсаторы	41	
Законы постоянного тока	43	
Магнитное поле тока. Сила Ампера. Сила Лоренца	46	
Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля	49	
Электромагнитные колебания в контуре	52	
Переменный электрический ток	54	

8. Оптика	
Геометрическая оптика	56
Волновая оптика	59
9. Основы специальной теории относительности	61
10. Основы квантовой физики	63
11. Физика атома	65
12. Атомное ядро и элементарные частицы	67
13. Приложения	69
14. Литература	79
Ответы	81

От авторов

Настоящий сборник предназначен для иностранных слушателей факультета довузовской подготовки. Он содержит задачи по всем разделам курса элементарной физики. В сборник помещены задачи, апробированные авторами в учебном процессе. Составители сборника широко использовали материал, имеющийся в методической литературе и задачниках по физике, список которых приводится в конце пособия. Выбирали задачи наиболее простые и понятные для обучающихся. Для решения многих требуется применить лишь одну формулу. Задачи со звёздочкой, решение которых основано на применении двух и более формул, призваны развить навык математических вычислений.

Авторы надеются, что решение простых заданий будет способствовать лучшему запоминанию физических формул, привьёт любовь к физике и будет стимулировать обучающихся к решению более сложных и интересных задач. Порядок расположения задач в сборнике соответствует последовательности изложения материала по физике на факультете довузовской подготовки Брестского государственного технического университета. Числовые значения искомых величин получены с учётом правил приближённых вычислений, которые приведены в конце сборника, в одном из приложений. Единицы измерений физических величин выдержаны, как правило, в системе СИ.

В начале каждого раздела для удобства обучающихся приведен ряд необходимых при решении задач формул. В конце сборника находятся некоторые справочные данные по физике и элементарной математике, имеются ответы к задачам.

Благодарим старшего преподавателя кафедры белорусского и русского языков Валуеву Т.Л. за редактирование текстов задач, преподавателя кафедры иностранных языков по экономическим специальностям Полищука Е.О. и переводчика ЦТТ Боголь О.Е. – за перевод физических терминов на английский язык.

1 Кинематика

Kinematics

Равномерное прямолинейное движение

Motion with Constant Velocity

$$\vec{S} = \vec{V} \cdot t \quad \left| \begin{array}{l} \text{— перемещение тела за время } t; \vec{V} = \text{const} \text{ — вектор скорости} \\ \text{тела} \end{array} \right.$$

\vec{S} — displacement of the body per time t ; $\vec{V} = \text{const}$ — velocity of the body

$$S_x = V_x \cdot t \quad \left| \begin{array}{l} S_x \text{ и } V_x \text{ — проекции перемещения и скорости на ось OX;} \\ S_x \text{ — displacement-projection and } V_x \text{ — velocity-projection on the axis OX} \end{array} \right.$$

S_x — displacement-projection and V_x — velocity-projection on the axis OX

$$L = |\vec{V}| \cdot t = V \cdot t \quad \left| \text{— путь за время } t; V \text{ — модуль скорости тела} \right.$$

L — length (distance) per time t ; V — speed of the body

$$x = x_0 + V_x t$$

— уравнение движения, где x_0 — начальная координата тела в момент времени $t = 0$; x — координата тела в момент времени t

motion equation; x_0 — initial coordinate of the body (position at the initial time); x — final coordinate (coordinate at the time t)

$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{U}$$

— закон сложения скоростей, где \vec{V} и \vec{V}' — скорости тела относительно неподвижной и подвижной систем отсчёта соответственно; \vec{U} — скорость подвижной системы отсчёта относительно неподвижной

velocity-addition law; \vec{V} — velocity of body relative to a fixed frame; \vec{V}' — velocity of body relative to moving frame; \vec{U} — velocity of a moving frame relative to a fixed frame

Равнопеременное прямолинейное движение

Linear Motion with Constant Acceleration

$$\vec{a} = \text{const} = \frac{\vec{V}_2 - \vec{V}_1}{t_2 - t_1} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— ускорение тела; } \vec{V}_2 \text{ — конечная скорость; } \vec{V}_1 \text{ — начальная скорость;} \\ t_2 - t_1 \text{ — интервал (промежуток) времени} \end{array} \right.$$

$\vec{a} = \text{const}$ — acceleration of the body; \vec{V}_2 — final velocity; \vec{V}_1 — initial velocity; $t_2 - t_1$ — time interval

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t$$

— скорость тела в момент времени t ; \vec{V}_0 — начальная скорость

\vec{V} — velocity of the body at the time t ; \vec{V}_0 — initial velocity

$$V_x = V_{0x} + a_x t$$

— проекция скорости тела в момент времени t ; V_x, V_{0x}, a_x — проекции скорости и ускорения на ось OX

V_x, V_{0x} — velocity-components at $t = 0$ and the time t ; a_x — acceleration-component on the axis OX

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

— перемещение тела за время t

\vec{S} — displacement of the body at the time t

$$S_x = V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

— проекция перемещения тела на ось OX

S_x — displacement-projection (displacement-component) of the body on the axis OX

$$V_x^2 = V_{0x}^2 + 2a_x S_x$$

— скорость тела через расстояние S_x

V_x — speed of the body on the end of distance S_x (over distance S_x)

$$x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

— уравнение движения; x_0 — начальная координата тела; x — координата тела в момент времени t

motion equation; x_0 — initial coordinate of the body; x — coordinate at the time t

1. Тело движется в положительном направлении оси X со скоростью $V = 3$ м/с. В начальный момент времени x -координата тела равна $x_0 = 5$ м. Определить x -координату тела через $t = 4$ с после начала отсчета времени.
2. Координата тела при движении вдоль оси X меняется по закону $x = (4 + 2t)$, м, где t – время в секундах. За какое время тело проходит путь $L = 9$ м?
3. Два велосипедиста стартуют одновременно на дистанции $S = 2,2$ км. Средняя путевая скорость первого велосипедиста равна $V_1 = 10$ м/с, второго – $V_2 = 11$ м/с. На сколько секунд второй велосипедист опередит первого?
4. Первые $t_1 = 2$ с после начала отсчета времени тело движется со скоростью $V_1 = 5$ м/с, а затем в течение $t_2 = 3$ с – со скоростью $V_2 = 7$ м/с. Определить среднюю скорость тела.
5. Автомобиль проходит по проселочной дороге $S_1 = 150$ км за $t_1 = 4$ ч, а оставшиеся $S_2 = 100$ км – по шоссе за $t_2 = 1$ ч. Определить в километрах в час (км/ч) скорость автомобиля.
6. Половину пути тело двигалось со скоростью $V_1 = 12$ м/с, а путь, который остался – со скоростью $V_2 = 8$ м/с. Определить среднюю скорость тела.
7. Одну треть времени автомобиль двигался со скоростью $V_1 = 60$ км/ч, вторую треть – со скоростью $V_2 = 30$ км/ч, а остальное время стоял. Определить в километрах в час (км/ч) среднюю скорость автомобиля.
8. Три четверти своего пути велосипедист проехал со скоростью V , а остальную часть пути – со скоростью $3V$. Определить среднюю скорость велосипедиста.
9. Материальная точка движется прямолинейно вдоль оси X , а его координата изменяется по закону $x = 9 + 0,5 \cdot t^2$, где x – координата в метрах, t – время в секундах. Определить модуль скорости точки в момент времени $t = 1$ с.
10. Когда автомобиль трогается с места, он движется равноускоренно и достигает скорости $V = 5$ м/с. Определить среднюю скорость автомобиля за время набора скорости.
11. Материальная точка движется вдоль оси X по закону: $x = 3 + 2t - 1,5 \cdot t^2$, где x – расстояние в метрах, t – время в секундах. Определить модуль ускорения точки.
12. Материальная точка движется вдоль оси X по закону $x = 2 \cdot (5 + t)^2$, м, где t – время в секундах. Определить модуль начальной скорости точки.
13. Проекция скорости тела на ось X при движении вдоль оси X меняется по закону $V_x = (4 - 2t)$, м/с, где t – время в секундах. В какой момент времени движение тела становится равноускоренным?
14. Автомобиль, который начал двигаться равноускоренно из состояния покоя, проехал за $t = 10$ с расстояние $S = 100$ м. Найти ускорение автомобиля.
15. Тело движется равноускоренно из состояния покоя. Во сколько раз путь, который прошло тело за вторую секунду движения, больше пути, который прошло тело за первую секунду?
16. Тело движется равнозамедленно с ускорением $a = 2$ м/с² и начальной скоростью $V_0 = 4$ м/с. Определить модуль скорости тела после прохождения им пути $L = 3$ м.

17. Тело, которое движется равнозамедленно, к концу второй секунды после начала отсчета времени имело скорость $V = 2 \text{ м/с}$ и прошло путь $S = 10 \text{ м}$. Определить модуль ускорения тела.

18. Тело движется равнозамедленно с начальной скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$ и постоянным ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Определить время движения тела до остановки.

19. Скорость тела при равноускоренном движении меняется от $V_1 = 3 \text{ м/с}$ до $V_2 = 9 \text{ м/с}$. За какое время скорость изменилась, если ускорение тела равно $a = 3 \text{ м/с}^2$?

20. Автомобиль, который движется прямолинейно со скоростью $V_0 = 20 \text{ м/с}$, начал тормозить с ускорением $a = 4 \text{ м/с}^2$. Какой путь пройдет автомобиль с момента начала торможения до остановки?

21. Тело соскальзывает по наклонной плоскости и проходит за $t = 10 \text{ с}$ путь $S = 2 \text{ м}$. Начальная скорость тела равна нулю. Определить модуль ускорения тела, если движение равноускоренное.

22. Скорость автомобиля, который движется равноускоренно с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$, возросла с $V_1 = 10 \text{ м/с}$ до $V_2 = 14 \text{ м/с}$. Определить путь, который прошёл автомобиль за время указанного изменения скорости.

23. При равнозамедленном движении скорость тела за $t = 2 \text{ с}$ уменьшается с $V_1 = 5 \text{ м/с}$ до $V_2 = 2 \text{ м/с}$. Определить модуль ускорения тела.

24. В момент начала отсчета времени тело движется со скоростью $V_0 = 5 \text{ м/с}$ и ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Определить, за какой промежуток времени тело пройдет путь, равный $S = 4 \text{ м}$. Движение равнозамедленное.

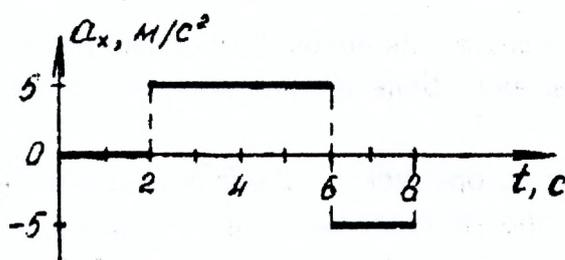
25. Автомобиль трогается с места и движется равноускоренно. К концу второй секунды движения он приобретает скорость $V = 3 \text{ м/с}$. Определить модуль ускорения автомобиля.

26. Тело движется равнозамедленно с начальной скоростью $V_0 = 6 \text{ м/с}$ и ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Какой путь пройдет тело за $t = 2 \text{ с}$ после начала отсчета времени?

27*. Координата материальной точки изменяется по закону $x = 10 + 5t + 2t^2$. Найти среднюю скорость точки за первые 5 с движения.

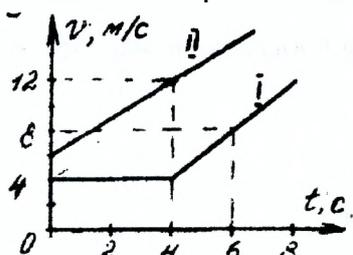
28*. График зависимости скорости от времени для первого тела изображается прямой, которая проходит через точки (0; 0) и (4; 4), а второго – через точки (0; 4) и (3; 5) (время – в секундах, скорость – в метрах в секунду). Во сколько раз отличаются модули ускорения первого и второго тел?

29. На рисунке дан график* зависимости проекции ускорения тела от времени. Определить характер движения в отдельные интервалы времени. Построить графики зависимости проекции скорости, перемещения от времени, а также график пути. Начальная скорость тела равна нулю.



*дан график = есть график

30. На рисунке даны графики* скоростей для двух материальных точек, которые движутся по одной прямой из одного и того же начального положения, в одном направлении. Найти расстояние между точками через $t = 10$ с от начала движения.



*даны графики = есть графики

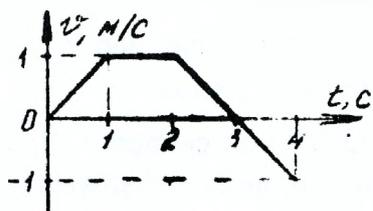
31*. Катер движется вниз по течению, и проходит относительно берега $S = 96$ м за $t_1 = 10$ с. Это же расстояние вверх по течению катер проходит за $t_2 = 15$ с. Определить модуль скорости катера относительно воды.

32*. Пловец переплывает реку и движется относительно воды со скоростью $V = 0,4$ м/с перпендикулярно берегу. Определить модуль скорости пловца относительно берега, если скорость течения реки равна $V_T = 0,3$ м/с.

33*. Тело движется равноускоренно из состояния покоя. Во сколько раз путь, который прошло тело за одиннадцатую секунду, больше пути, который прошло тело за третью секунду?

34*. График зависимости скорости тела от времени изображается прямой, которая проходит через точки $(0; 5)$ и $(2; 0)$ (t – время в секундах, V – скорость в метрах в секунду). Во сколько раз путь, который прошло тело, больше модуля перемещения тела за $t = 8$ с движения?

35*. На рисунке дан график зависимости скорости материальной точки от времени. Начертить графики зависимости ускорения и координаты точки, а также пройденного пути от времени.



36*. Пассажир стоит на ступеньке эскалатора метро и съезжает вниз за $t_1 = 30$ с, а по неподвижному эскалатору он спускается за $t_2 = 20$ с. За какое время спустится пассажир по эскалатору, который движется вниз?

Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально, горизонтально

Free-Fall

$\bar{g} = const$ | – ускорение свободного падения
 \bar{g} – free-fall acceleration

$V_y = V_{0y} + g_y t$ | – проекция скорости тела в момент времени t ; V_{0y} , g_y – проекции начальной скорости и ускорения на ось OY

V_y – velocity-projection at the time t ; V_{0y} , g_y – initial velocity-projection and acceleration-projection on the axis OY

$$y = y_0 + V_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— уравнение движения, где } y_0 \text{ — начальная координата} \\ \text{motion equation; } y_0 \text{ — initial coordinate (position at the initial time)} \end{array} \right.$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— время падения тела на землю с высоты } h \text{ над её поверх-} \\ \text{ностью без начальной скорости} \end{array} \right.$$

t — the free-fall time on to the earth from the height h

$$h_{\max} = \frac{V_0^2}{2g} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— максимальная высота подъёма} \end{array} \right.$$

h_{\max} — maximum height relative to the point of release

1*. Свободно падающий камень* пролетел последние три четверти пути за $t = 1$ с. С какой высоты падал камень, если его начальная скорость равна нулю? Сопротивление воздуха не учитывать (в данной и последующих задачах).

***падающий камень = камень, который падает**

2*. Материальная точка при свободном падении за последнюю секунду прошла половину всего пути. Найти время падения.

3*. С какой по модулю начальной скоростью нужно бросить камень с башни высотой $h = 20$ м в горизонтальном направлении, чтобы он упал на землю на расстоянии $S = 30$ м от основания башни?

4*. Тело свободно упало на землю с высоты $h = 50$ м. Чему равна скорость тела в момент падения? Сколько времени падало тело?

5. Тело, брошенное* с высоты $h = 40$ м, упало на землю через $t = 2$ с. С какой начальной скоростью тело брошено вниз?

***тело, брошенное = тело, которое бросили**

6*. Тело свободно падало с высоты $h = 80$ м с начальной скоростью $V_0 = 2$ м/с. Сколько времени падало тело? Чему равна средняя скорость падения?

7*. Тело свободно падало с высоты $h = 40$ м без начальной скорости. На какой высоте его скорость будет меньше в два раза, чем в момент падения на землю?

8*. Тело, которое бросили вертикально вверх с поверхности Земли, упало на землю через $t = 4$ с. На какую максимальную высоту поднялось тело?

9*. Камень брошен с башни с начальной скоростью $V_0 = 8$ м/с в горизонтальном направлении. Через какое время после начала движения его скорость станет по модулю равной $V = 10$ м/с?

10*. За последнюю секунду тело, которое свободно падает, пролетело $3/4$ всего пути. Найти время падения тела.

11. Мяч бросили с земли вертикально вверх. Через $t = 3$ с он упал на землю. Найти скорость мяча в момент падения на землю.

12. Вертолёт опускается со скоростью $V = 5$ м/с. С вертолёта, когда он находился на высоте $h = 30$ м, упал камень. Найти время падения камня.

13*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью $V_0 = 30$ м/с. За какое время с момента бросания тело пройдет путь, который равен $L = 50$ м?

14*. Тело поднимают с земли на верёвке с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$, которое направлено вертикально вверх. Через $t = 5 \text{ с}$ верёвка оборвалась. Найти время падения тела на землю.

15*. Тело свободно падает с высоты $h = 270 \text{ м}$. Время падения разделили на три равных отрезка. Определить пути, который прошло тело, за каждый промежуток времени.

16*. Тело бросили вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 24 \text{ м/с}$. Какой путь пройдёт тело за $t = 4 \text{ с}$?

17*. Тело бросили вертикально вниз. Через $t_1 = 1 \text{ с}$ скорость тела увеличилась в 6 раз. Во сколько раз увеличится его скорость через $t_2 = 2 \text{ с}$ после того, как тело бросили.

18*. Тело бросили горизонтально со скоростью $V_0 = 39,2 \text{ м/с}$. Найти скорость тела через $t = 3 \text{ с}$ его полёта.

19*. Камень бросили горизонтально. Через $t = 3 \text{ с}$ его скорость была направлена под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Найти начальную скорость камня.

20*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью $V_0 = 20 \text{ м/с}$. На какой высоте и через какое время скорость тела уменьшится в четыре раза?

21*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью $V_0 = 28 \text{ м/с}$. Через сколько времени оно достигнет высоты, которая равна половине максимальной?

Движение по окружности (с постоянной по модулю линейной скоростью)

Uniform Circular Motion

$$V = \frac{l}{t}$$

– линейная скорость тела, где l – длина дуги, которую описало тело (или материальная точка) за время t

V – linear speed of the point; l – the length of the arc (circular path) described at time t

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

– угловая скорость тела, где φ – угол поворота радиуса за время t

ω – angular speed of the point; φ – angular coordinate (angle in radian); t – time of rotation

$$V = \omega \cdot R$$

– связь линейной скорости с угловой, где R – радиус окружности

connection of linear speed and angular speed; R – distance from the axis of rotation

$$T = \frac{t}{N}$$

– период вращения; N – число оборотов за время t

T – period of the rotation; N – number of rotations; t – time of rotations

$$\nu = \frac{1}{T}$$

– частота вращения

ν – the frequency of rotations

$$a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

– центростремительное ускорение

$a_{\text{ц}} = a_n$ – centripetal acceleration

1. Точка равномерно движется по окружности радиусом $r = 1,5 \text{ м}$ с угловой скоростью $\omega = 3 \text{ рад/с}$. Определить линейную скорость точки.

2. Тело равномерно движется по окружности радиусом $r = 2$ м с частотой $\nu = 0,5$ с⁻¹. Определить модуль линейной скорости тела.

3. Точка равномерно движется по окружности, совершая один оборот за время $t = \pi/2$ с. Определить угловую скорость точки.

4. Угловая скорость вентилятора $\omega = 6,28$ рад/с. Найти число оборотов вентилятора за время $t = 30$ мин.

5*. Тело равномерно движется по окружности радиусом $R = 2$ м с частотой $\nu = 0,5$ с⁻¹. Определить модуль центростремительного ускорения тела.

6*. При равномерном движении по окружности тело проходит $S = 5$ м за $t = 2$ с. Определить модуль центростремительного ускорения тела, если период обращения равен $T = 5$ с.

7*. Самолет летит по окружности с постоянной угловой скоростью $\omega = 0,1$ рад/с и пролетает $S = 18$ км за $t = 1$ мин. Определить модуль центростремительного ускорения самолета.

8. Во сколько раз угловая скорость часовой стрелки больше угловой скорости суточного вращения Земли?

9*. Диаметр колеса машины равен $d = 1,2$ м. Колесо вращается с частотой $n = 300$ об/мин. С какой скоростью движется колесо машины?

10. Во сколько раз центростремительное ускорение тела на экваторе больше, чем на широте $\varphi = 60^\circ$?

11*. Радиус Земли равен $R = 6400$ км. Найти линейную скорость точек земной поверхности, которые находятся на широте $\varphi = 60^\circ$.

12. Машина движется со скоростью $V = 12$ м/с. Найти модуль линейной скорости верхней точки колеса автомобиля.

13*. Колесо вращается с угловой скоростью $\omega = 3,14$ рад/с. Найти время, за которое колесо сделает $N = 50$ оборотов.

14*. Два тела равномерно движутся по окружности радиусом R . Центростремительные ускорения двух тел равны $a_{ц1} = a_{ц2}$. Найти отношение частот вращения этих тел.

15*. Автомобиль движется без проскальзывания со скоростью $V = 30$ м/с. Внешний диаметр покрышек колес равен $d = 60$ см. Сколько оборотов сделает колесо за время $t = 6,28$ с?

16*. Велосипедист едет с угловой скоростью $\omega = 0,1$ рад/с по окружности радиусом $R = 100$ м. Вычислить путь, который проехал велосипедист за время $t = 30$ с.

17*. Минутная стрелка в 3 раза длиннее секундной стрелки. Во сколько раз линейная скорость конца секундной стрелки больше линейной скорости конца минутной стрелки?

18*. Минутная стрелка часов в 3 раза длиннее, чем часовая. Во сколько раз линейная скорость конца минутной стрелки больше линейной скорости конца часовой?

19*. Во сколько раз путь, который прошёл конец часовой стрелки за $t = 3$ ч, больше его перемещения?

20*. Тело равномерно движется по окружности радиусом $r = 2$ м. Период обращения тела равен $T = 2$ с. Определить модуль вектора перемещения тела за время $t = 3$ с.

21*. Линейная скорость точек на ободе колеса $V_1 = 10 \text{ м/с}$, а точек, которые находятся на $S = 20 \text{ см}$ ближе к центру, – $V_2 = 5 \text{ м/с}$. Сколько оборотов сделает колесо за время $t = 6,28 \text{ с}$?

22*. Скорость точек на ободе диска, который вращается, равна $V = 6 \text{ м/с}$. Скорость точек, которые расположены на $r = 15 \text{ см}$ ближе к оси, равна $V_2 = 5,5 \text{ м/с}$. Определить радиус диска.

23*. Диаметр колеса равен $d = 80 \text{ см}$. Линейная скорость точки на ободе колеса равна $V = 4 \text{ м/с}$. Найти центростремительное ускорение этой точки.

24*. Кончик минутной стрелки часов на башне за $t = 1 \text{ мин}$ прошёл путь $S = 0,4 \text{ м}$. Определить длину минутной стрелки часов.

25*. Волчок, который вращается с частотой $\nu = 45 \text{ с}^{-1}$, свободно падает с высоты $h = 2 \text{ м}$ без начальной скорости. Сколько оборотов N сделает волчок за время падения?

2 Динамика материальной точки

Dynamics of Material Point

Законы Ньютона

Newton's laws

$$m = \rho \cdot V$$

– масса однородного тела, где ρ – плотность тела; V – объём тела

m – mass of homogenous body; ρ – density; V – volume of the body

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

– равнодействующая сил $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$, действующих на материальную точку (принцип суперпозиции)

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ – the resultant of forces (net force); $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots$ – individual forces

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

– первый закон Ньютона

Newton's 1st law

$$m \cdot \vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

– второй закон Ньютона для случая $m = \text{const}$, где \vec{a} – ускорение материальной точки

Newton's 2nd law; \vec{a} – acceleration of the body or material point

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

– третий закон Ньютона, где $\vec{F}_{1,2}, \vec{F}_{2,1}$ – силы, действующие на материальные точки 1 и 2 при их взаимодействии

Newton's 3rd law; $\vec{F}_{1,2}, \vec{F}_{2,1}$ – the interaction-forces between bodies 1 and 2

$$|\vec{F}_{\text{упр}}| = k \cdot |\Delta \vec{l}|$$

закон Гука, где $|\Delta \vec{l}|$ – модуль линейной деформации пружины или тела (удлинение, сжатие), k – коэффициент жёсткости

Hooke's law; $|\Delta \vec{l}|$ – extension magnitude of the spring; k – spring constant

$$F_{\text{упр}X} = -k \cdot \Delta l_X$$

– закон Гука в проекции на ось OX

Hooke's law in projection on the axis OX; Δl_X – OX-projection of the spring extension from its relaxed position

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

– закон всемирного тяготения, где F – сила притяжения тел массами m_1 и m_2 ; r – расстояние между телами

law of universal gravitation; F – the force between masses m_1 and m_2 ; r – distance between masses; G – the gravitational constant

$$\vec{F} = m \cdot \vec{g}$$

– сила тяжести материальной точки массой m , где g – ускорение свободного падения

gravitational force at the surface of the earth; g – free-fall acceleration

$$F_{mp} = \mu \cdot N$$

– сила трения скольжения, где N – сила реакции опоры; μ – коэффициент трения скольжения

F_{mp} – frictional force; N – normal force; μ – the coefficient of kinetic friction

$$\vec{P} = -\vec{N}_p$$

– вес тела, где \vec{N}_p – сила реакции опоры

\vec{P} – weight of the body; \vec{N}_p – normal force

1. На тело, которое движется по горизонтальной поверхности, действуют следующие силы: сила тяжести, сила реакции опоры, сила трения, равная по модулю $F_{mp} = 6 \text{ Н}$, и сила тяги, равная по модулю $F_T = 20 \text{ Н}$ и приложенная* под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определить модуль равнодействующей силы.

***приложенная сила = сила, которую приложили**

2*. Если модуль равнодействующей всех сил, которые действуют на тело, равен $F_p = 6 \text{ Н}$, то тело движется с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Найти вес этого тела, когда оно покоится на земле.

3. На тело массой $m = 1 \text{ кг}$ действуют три силы, числовые значения которых равны $F_1 = 5 \text{ Н}$, $F_2 = 4 \text{ Н}$, $F_3 = 3 \text{ Н}$ соответственно. Определить максимальное и минимальное значения ускорения тела в инерциальной системе отсчета.

4*. Ящик равномерно передвигают в горизонтальном направлении с силой $F = 5000 \text{ Н}$. Коэффициент трения ящика о поверхность равен $\mu = 0,1$. Найти массу ящика, который передвигают.

5. На тело массой $m = 2,0 \text{ кг}$, которое лежит на поверхности Луны, действует сила тяжести, равная по модулю $F = 3,32 \text{ Н}$. Определить модуль ускорения свободного падения для Луны.

6. Модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности Луны равен $a = 1,66 \text{ м/с}^2$. Определить модуль силы тяжести, которая действует на тело на поверхности Луны, если на поверхности Земли на это тело действует сила тяжести $F_T = 100 \text{ Н}$.

7. О пружине известно, что сила $F = 50 \text{ Н}$ удлиняет ее на $\Delta l = 1 \text{ см}$. Найти коэффициент упругости пружины.

8*. Пружину игрушечного пистолета сжали на $\Delta l = 5 \text{ см}$. Найти модуль начального ускорения шарика массой $m = 10 \text{ г}$ при выстреле в горизонтальном направлении, если жёсткость пружины равна $k = 10 \text{ Н/м}$. Трением пренебречь.

9*. На тело массой $m = 3,0 \text{ кг}$ действует сила $F = 0,6 \text{ Н}$. С каким ускорением движется тело? Определить скорость тела в конце шестой секунды после начала движения.

10*. Тело массой $m = 5$ кг начинают тянуть в горизонтальном направлении с помощью пружины, коэффициент жёсткости которой равен $k = 100$ Н/м. Определить модуль абсолютной деформации пружины к моменту начала движения тела, если коэффициент трения равен $\mu = 0,3$.

11. Шарик массой $m = 100$ г висит на резинке, коэффициент жёсткости которой равен $k = 1$ Н/см. Определить модуль абсолютной деформации резинки.

12. Тело массой $m = 2$ кг свободно падает на планету с ускорением $a = 0,8$ м/с² с некоторой высоты. Найти модуль силы, с которой планета притягивает это тело.

13*. Тело массой $m = 3$ кг равномерно движется со скоростью $V = 3$ м/с по окружности радиусом $R = 1$ м. Определить модуль равнодействующей всех сил, которые действуют на тело.

14. Имеется полная цистерна нефти. Найти в тоннах массу нефти в цистерне, если ее объём равен $V = 60$ м³, а плотность нефти равна $\rho = 800$ кг/м³.

15. Найти плотность масла, если $m = 0,45$ кг масла занимает объём $V = 0,5$ л.

16*. Под действием двух взаимно перпендикулярных сил, равных по модулю $F_1 = 3$ Н и $F_2 = 4$ Н, тело из состояния покоя за время $t = 2$ с переместилось на расстояние $S = 20$ м в направлении равнодействующей силы. Определить массу тела.

17*. Коэффициент упругости пружины, которую составили из двух параллельно соединённых пружин одинаковой длины, равен $k = 450$ Н/м. Коэффициент упругости одной из этих пружин равен $k_2 = 250$ Н/м. Определить коэффициент упругости второй пружины.

18*. Тело движется по горизонтальной шероховатой поверхности под действием горизонтальной силы, равной $F = 50$ Н, с ускорением $a = 2$ м/с². Масса тела равна $m = 5$ кг. Определить модуль силы трения тела о поверхность.

19*. Тело соскальзывает с вершины наклонной плоскости высотой $h = 8$ м и углом наклона $\alpha = 45^\circ$ за $t = 2$ с. Определить коэффициент трения скольжения. Начальная скорость тела равна нулю.

20*. Тело движется по горизонтальной шероховатой поверхности под действием горизонтальной силы с постоянным ускорением $a = 8$ м/с². Коэффициент трения тела о поверхность равен $\mu = 0,2$, а масса тела $m = 5$ кг. Определить модуль силы, который приложили к телу в горизонтальном направлении.

21*. Два тела, связанные невесомой и нерастяжимой нитью, движутся равномерно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 20$ Н, которая направлена горизонтально и приложена к одному из тел. Определить модуль силы натяжения нити, если массы тел одинаковы и равны $m = 10$ кг.

22*. Тело массой $m = 673$ г начинает двигаться с ускорением $a = 1$ м/с² по горизонтальной поверхности под действием силы, которая образует с горизонтом угол $\alpha = 60^\circ$. Определить модуль этой силы, если коэффициент трения между телом и поверхностью равен $\mu = 0,2$.

23*. Груз массой $m = 5$ кг, который привязали к невесомой и нерастяжимой верёвке, поднимают вертикально вверх с ускорением $a = 3$ м/с². Определить модуль силы натяжения верёвки. Груз находится вблизи поверхности Земли.

24*. К грузу, который находится в покое, массой $m = 1$ кг приложена постоянная вертикальная сила, поднимающая* его за $t = 1$ с на высоту $h = 2$ м. Определить модуль этой силы.

* сила, поднимающая = сила, которая поднимает

25*. На расстоянии $r = 4$ см от оси горизонтально расположенного диска лежит бусинка, коэффициент трения которой о диск равен $\mu = 0,1$. Определить угловую скорость вращения диска, при которой начнётся скольжение бусинки.

26*. Автомобиль массой $m = 5$ т движется с постоянной по модулю скоростью $V = 10$ м/с по выпуклому мосту радиусом $R = 100$ м. Определить в килоньютонах (кН) максимальное значение модуля силы давления автомобиля на мост.

Импульс. Закон сохранения импульса Momentum. Momentum Conservation Law

$$\vec{p} = m\vec{V} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— импульс тела (количество движения), где } m \text{ — масса тела,} \\ \vec{V} \text{ — скорость тела} \end{array} \right.$$

\vec{p} — momentum of the body; m — mass of the body; \vec{V} — velocity of the body

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— второй закон Ньютона, где } \vec{F}\Delta t \text{ — импульс силы; } \Delta t \text{ —} \\ \text{время действия силы; } \Delta\vec{p} \text{ — изменение импульса тела} \end{array} \right.$$

Newton's 2nd law; $\vec{F}\Delta t$ — impulse; Δt — time interval of action; $\Delta\vec{p}$ — change of the momentum

$$m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = m_1\vec{V}'_1 + m_2\vec{V}'_2 \quad \left| \begin{array}{l} \text{— закон сохранения импульса, где } m_1\vec{V}_1, m_2\vec{V}_2 \text{ — импульсы тел} \\ \text{до взаимодействия; } m_1\vec{V}'_1, m_2\vec{V}'_2 \text{ — импульсы тел после взаи-} \\ \text{модействия} \end{array} \right.$$

principle of conservation of momentum; $m_1\vec{V}_1, m_2\vec{V}_2$ — momenta of the bodies before interaction; $m_1\vec{V}'_1, m_2\vec{V}'_2$ — momenta of the bodies after interaction

1. На финише стометровки спортсмен развил скорость $V = 10$ м/с, причём его импульс стал равен $p = 645$ кг·м/с. Найти массу спортсмена.

2. Игрушечный автомобиль массой $m = 0,5$ кг движется прямолинейно с постоянной скоростью. Определить модуль скорости автомобиля, если его импульс равен $p = 2$ кг·м/с.

3. Поезд массой $m = 2000$ т, который движется прямолинейно, увеличил скорость с $V_1 = 36$ км/ч до $V_2 = 72$ км/ч. Найти изменение импульса Δp поезда.

4*. Вагон массой $m_1 = 15$ т движется по горизонтальному участку железнодорожного пути со скоростью $V_1 = 1$ м/с. Второй вагон движется со скоростью $V_2 = 2$ м/с. Масса второго вагона $m_2 = 20$ т. Какой будет скорость вагонов после их сцепки?

5. Масса ракеты, которая стоит на Земле, $M = 20$ кг. Из ракеты мгновенно вылетела масса топлива $m = 1$ кг со скоростью $V = 2$ км/с. С какой скоростью начнет двигаться ракета?

6*. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется по окружности с постоянной по модулю скоростью $V = 10$ м/с. Найдите изменение импульса Δp за одну четверть периода и за половину периода обращения точки по окружности.

7*. Тело массой $m = 1$ кг движется равномерно по окружности. Радиус окружности $R = 1,2$ м. Тело за $t = 2$ с проходит одну четверть окружности. Найти изменение импульса тела Δp .

8. Два шарика массами $m_1 = 2$ г и $m_2 = 3$ г движутся в горизонтальной плоскости со скоростями равными $V_1 = 6$ м/с и $V_2 = 4$ м/с. Направления движения шариков составляют друг с другом $\alpha = 90^\circ$. Найти сумму импульсов двух шариков.

9*. Шарик массой $m = 200$ г падает на пол. Его скорость на полу равна $V = 5$ м/с. После удара шарик подпрыгнул на высоту $h = 80$ см. Найти модуль изменения импульса.

10. Шарик массой $m = 10$ г летит перпендикулярно стенке со скоростью $V = 2$ м/с. Удар абсолютно упругий. Найти модуль изменения импульса шарика за время удара.

11*. На вагонетку массой $m_1 = 800$ кг, которая движется горизонтально со скоростью $V_1 = 0,2$ м/с, насыпали сверху $m_2 = 200$ кг щебня. Насколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

12. С какой скоростью должна лететь хоккейная шайба массой $m_1 = 160$ г, чтобы её импульс был равен импульсу пули массой $m_2 = 8$ г, летящей со скоростью $V = 600$ м/с?

13. С какой скоростью должен лететь мяч массой $m_1 = 300$ г, чтобы его импульс был в 10 раз меньше импульса хоккейной шайбы массой $m_2 = 150$ г, которая летит со скоростью $V_2 = 30$ м/с?

14. Два тела одинакового объёма – стальное и свинцовое – движутся с одинаковыми скоростями. Во сколько раз импульс свинцового тела больше по сравнению с импульсом стального?

15*. Два тела летят навстречу друг другу со скоростями $V = 5$ м/с каждое. Удар абсолютно неупругий. Скорость после удара равна $U' = 2,5$ м/с. Найти отношение масс этих тел.

16*. Первое тело, которое движется, сталкивается со вторым телом, которое покоится. После удара тела движутся в противоположных направлениях. Модули импульсов тел после удара равны соответственно $p_1' = 3$ кг·м/с и $p_2' = 7$ кг·м/с. Определить модуль импульса первого тела до удара.

17*. Человек массой $m = 70$ кг стоит на носу неподвижной лодки массой $M = 280$ кг. На какое расстояние сместится лодка, когда человек перейдет с носа на корму, если длина лодки $L = 5$ м.

18*. Граната, которая летела горизонтально со скоростью $V = 15$ м/с, разорвалась на две части с массами $m_1 = 6$ кг и $m_2 = 14$ кг. Скорость большего осколка направлена так же, как скорость гранаты до разрыва и равна $V_2 = 24$ м/с. Найти направление и модуль скорости меньшего осколка.

19*. Движение материальной точки описывается уравнением $x = 5 - 8t + 4t^2$. Если масса материальной точки равна $m = 2$ кг, найдите импульс через $t_1 = 2$ с и через $t_2 = 4$ с после начала отсчёта времени, а также силу, которая вызвала это изменение импульса.

20*. Молот массой $m = 10$ кг падает на наковальню со скоростью $V = 10$ м/с. Найдите силу F удара молота, если его длительность $\Delta t = 0,01$ с. Чему равно изменение импульса молота Δp ?

21*. Сколько времени нужно для остановки тела массой $m = 10$ кг, которая движется со скоростью $V = 20$ м/с под действием силы $F = 10$ Н? Чему равно изменение импульса тела Δp ?

Механическая работа. Мощность

Work. Power.

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

– работа постоянной силы F , где F – модуль силы;
 S – модуль перемещения; α – угол между силой и перемещением

A – work of constant force; F – magnitude of force; S – magnitude of the displacement; α – angle between force and displacement

$$A_{mg} = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)$$

– работа силы тяжести, где h_1 и h_2 – начальная и конечная высота тела относительно нулевого уровня

A_{mg} – work done by the gravitational force; h_1 and h_2 – initial and final height relative to zero level

$$A_{упр} = \frac{k\Delta l_1^2}{2} - \frac{k\Delta l_2^2}{2}$$

– работа силы упругости; k – жёсткость пружины; Δl_1 и Δl_2 – начальная и конечная величины линейной деформации

$A_{упр}$ – work done by elasticity force; Δl_1 and Δl_2 – initial and final extension of the spring respectively (magnitudes of linear strain); k – spring constant

$$A_{тр} = -F_{тр} \cdot S$$

– работа силы трения

$A_{тр}$ – work done by frictional force

$$P = \frac{A}{t} = F \cdot V \cdot \cos \alpha$$

– мощность силы, где t – время совершения работы A ;
 V – скорость; α – угол между векторами силы и скорости

P – power of force; t – time interval, during which work is performed; V – velocity; α – angle between force and velocity

$$\eta = \frac{P_{п}}{P} \cdot 100\%$$

– КПД механизма, где $P_{п}$ – полезная мощность; P – затраченная мощность

η – efficiency of a mechanism; $P_{п}$ – effective power; P – supplied power

1. Человек поднимает из колодца ведро с водой за $t = 5$ с и совершает при подъёме работу $A = 450$ Дж. Определить среднюю мощность, которую развивает человек.

2. Машина движется по горизонтальной прямой дороге со скоростью $V = 20$ м/с. Модуль силы сопротивления движению машины при данной скорости равен $F = 1000$ Н. Определить мощность, которую развивает двигатель машины. Ответ дать в киловаттах (кВт).

3*. Какую работу совершает постоянная сила по перемещению на $S = 5$ м тела массой $m = 3$ кг по гладкой горизонтальной поверхности, если модуль ускорения тела равен $a = 2$ м/с²?

4*. Определить среднюю мощность машины, которая поднимает груз массой $m = 100$ кг с постоянной скоростью на высоту $h = 10$ м относительно поверхности Земли за $t = 20$ с.

5*. Тело движется по горизонтальной поверхности под действием постоянной силы $F = 5 \text{ Н}$, которая совпадает по направлению с направлением перемещения. Определить среднюю мощность этой силы, если за время $t = 2 \text{ с}$ тело проходит путь $L = 5 \text{ м}$.

6. Тело движется по горизонтальной поверхности. Определить работу силы трения, если модуль силы трения равен $F = 8 \text{ Н}$, а пройденный телом путь* равен $L = 2 \text{ м}$.

***пройденный телом путь = путь, который прошло тело**

7*. При сжатии пружины на $\Delta l = 1 \text{ см}$ была совершена работа $A = 0,4 \text{ Дж}$. Определить коэффициент жёсткости пружины.

8. При затяжном прыжке парашютист массой $m = 80 \text{ кг}$ падает вертикально вниз с постоянной скоростью. Найти работу силы тяжести на участке от отметки $h_1 = 1860 \text{ м}$ до отметки $h_2 = 1856 \text{ м}$. Высота отсчитывается от поверхности Земли.

9. Определить работу силы тяжести при подъеме тела массой $m = 2 \text{ кг}$ на высоту $h = 10 \text{ м}$ относительно поверхности Земли.

10*. На тело массой $m = 1 \text{ кг}$, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 11 \text{ м/с}$, действует постоянная сила сопротивления, равная по модулю $F = 1 \text{ Н}$. Определить работу силы тяжести за время подъёма тела до максимальной высоты.

11. Столб массой $m = 10 \text{ кг}$ и длиной $L = 1,4 \text{ м}$ лежит на горизонтальной поверхности. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы перевести его в вертикальное положение?

12. Грузовой лифт массой $m = 10 \text{ т}$ поднимается с ускорением $a = 0,5 \text{ м/с}^2$. Определить работу по подъёму лифта за $t = 10 \text{ с}$ движения.

13*. На невесомой нерастяжимой нити длиной $L = 30 \text{ см}$ висит шарик массой $m = 100 \text{ г}$. Определите работу силы тяжести при отклонении нити на угол $\alpha = 60^\circ$.

14. Определите мощность силы тяги двигателя автомобиля, который имеет на горизонтальной дороге скорость $V = 15 \text{ м/с}$. Масса автомобиля $m = 2,0 \text{ т}$, коэффициент трения $\mu = 0,1$.

15. Какую работу совершает сила тяжести, которая действует на дождевую каплю массой $m = 20 \text{ мг}$, при её падении с высоты $h = 2 \text{ км}$?

16*. Какую работу в килоджоулях должен совершить двигатель, чтобы разогнать по горизонтальной поверхности первоначально неподвижный самосвал массой $m = 3 \text{ т}$ до скорости $V = 36 \text{ км/ч}$? Потерями на трение пренебречь.

17*. Тело движется по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 20 \text{ Н}$, которая приложена к телу под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определить работу этой силы при перемещении тела на $S = 5 \text{ м}$.

18*. Тело массой $m = 1 \text{ кг}$ движется с постоянной скоростью по горизонтальной плоскости. Коэффициент трения тела о плоскость равен $\mu = 0,1$. Определить работу силы тяги, приложенной к телу в горизонтальном направлении, при перемещении тела на $S = 1 \text{ м}$.

19*. На тело массой $m = 2 \text{ кг}$, которое движется по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью $V_0 = 15 \text{ м/с}$, начинает действовать тормозящая сила. Определить работу этой силы к моменту, когда модуль скорости тела станет равным $V = 5 \text{ м/с}$.

20*. Пуля массой $m = 10 \text{ г}$, которая летит со скоростью $V = 600 \text{ м/с}$, попадает в стенку. Определить, насколько углубится пуля в стенку, если модуль силы сопротивления движению пули в стене постоянен и равен $F = 10000 \text{ Н}$.

21*. Тело массой $m = 0,5 \text{ кг}$ скатывается с вершины наклонной плоскости длиной $L = 1 \text{ м}$ и углом при основании $\alpha = 30^\circ$. Определить работу силы тяжести при скатывании тела.

22*. Тело массой $m = 1 \text{ кг}$, которое бросили с башни высотой $h = 7 \text{ м}$ со скоростью $V_0 = 8 \text{ м/с}$, упало на землю со скоростью $V = 14 \text{ м/с}$. Определить работу силы сопротивления воздуха.

23*. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть на $\Delta l = 0,01 \text{ м}$ упругую пружину, которую составили из двух одинаковых пружин с коэффициентом жёсткости $k = 3000 \text{ Н/м}$ и соединили их параллельно?

24*. Две пружины с коэффициентами жёсткости $k_1 = 100 \text{ кН/м}$ и $k_2 = 200 \text{ кН/м}$ соединены последовательно. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть эти две пружины на $\Delta l = 0,3 \text{ см}$?

25*. Электровоз тянет состав со скоростью $V = 54 \text{ км/ч}$, при этом двигатели развивают мощность $P = 0,8 \text{ МВт}$. Определите силу тяги электровоза, если КПД его двигателей $\eta = 80\%$.

Энергия. Закон сохранения механической энергии Energy. The Law of Conservation of the Mechanical Energy

$E_K = \frac{mV^2}{2}$		– кинетическая энергия тела, где m – масса тела; V – модуль скорости тела;
E_K – kinetic energy of the body (object); m – mass of the body; V – velocity of the body		
$E_P = mgh$		– потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h , где h – высота тела относительно нулевого уровня
E_P – gravitational potential energy; h – height of the body relative to zero level		
$E_P = \frac{kx^2}{2}$		– потенциальная энергия упругодеформированного тела; k – жёсткость пружины; x – величина линейной деформации
E_P – elastic potential energy; k – spring constant; x – magnitudes of linear spring-deformation		
$E = E_K + E_P$		– полная механическая энергия
E – total mechanical energy		
$E_{K1} + E_{P1} = E_{K2} + E_{P2}$		– закон сохранения механической энергии
the law of conservation of mechanical energy		
$\Delta E = A_1 + A_2$		– изменение механической энергии, где A_1 – работа внешних сил; A_2 – работа силы трения
ΔE – change of mechanical energy; A_1 – work of external forces; A_2 – work of frictional forces		
$\Delta E_K = A_1 + A_2 + \dots A_n$		– теорема о кинетической энергии, где $A_1 + A_2 + \dots A_n$ – работа всех сил, действующих на тело
work-energy theorem; ΔE_K – change of the kinetic energy; $A_1 + A_2 + \dots A_n$ – work done by the net force		

$$\eta = \frac{A_{\text{п.}}}{A} \cdot 100\%$$

– КПД механизма, где $A_{\text{п}}$ – полезная работа; A – вся совершённая работа*

η – efficiency of a mechanism; $A_{\text{п}}$ – effective work; A – the total work done

***совершённая работа = работа, которую совершили**

1. Какой потенциальной энергией обладает тело массой $m = 5 \text{ кг}$, которое подняли на высоту $h = 3 \text{ м}$ от поверхности Земли? Потенциальную энергию тела на поверхности Земли принять равной нулю.

2. Тело движется с постоянной скоростью $V = 10 \text{ м/с}$. Кинетическая энергия тела равна $E_k = 15 \text{ Дж}$. Определить массу тела.

3*. Импульс тела равен $p = 8 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а кинетическая энергия – $E_k = 16 \text{ Дж}$. Найти массу и скорость тела.

4*. Определить кинетическую энергию тела при скорости $V = 3 \text{ м/с}$, если известно, что сила $F = 1 \text{ Н}$ сообщает этому телу ускорение $a = 1 \text{ м/с}^2$.

5. При выстреле из ружья вертикально вверх пуля массой $m = 0,04 \text{ кг}$ вылетает со скоростью $V_0 = 300 \text{ м/с}$. Определить изменение потенциальной энергии пули к моменту достижения ею максимальной высоты. Соппротивлением воздуха пренебречь.

6. За время ускоренного движения тела его кинетическая энергия возросла в 4 раза. Во сколько раз увеличилось при этом численное значение импульса тела?

7. Масса ракеты при разгоне уменьшается в 4 раза, а её скорость возрастает в 4 раза. Во сколько раз увеличилась при разгоне кинетическая энергия ракеты?

8*. Покоящееся тело* массой $m = 1 \text{ кг}$ начинает двигаться прямолинейно с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$. Определить кинетическую энергию тела в конце второй секунды движения.

***покоящееся тело = тело, которое находится в покое**

9*. Тело массой $m = 1 \text{ кг}$, которое бросили с вышки в горизонтальном направлении со скоростью $V_0 = 20 \text{ м/с}$, через $t = 6 \text{ с}$ упало на землю. Определить кинетическую энергию тела в момент удара о землю.

10*. Имеются* две одинаковые упругие пружины в недеформированном состоянии. Пружины растягивают так, что абсолютная деформация второй пружины в 1,5 раза больше, чем первой. Во сколько раз потенциальная энергия упругой деформации второй пружины больше, чем первой?

***имеются = есть**

11*. Вагон массой $m = 2 \text{ т}$, который движется по горизонтальному пути со скоростью $V_1 = 2 \text{ м/с}$, догоняет такой же вагон, скорость движения которого $V_2 = 1 \text{ м/с}$, и сцепляется с ним. Определить в килоджоулях (кДж) суммарную кинетическую энергию вагонов после сцепки.

12*. Груз массой $m = 50 \text{ кг}$ поднимают от основания наклонной плоскости до её вершины. На сколько возрастёт потенциальная энергия груза, если длина наклонной плоскости равна $L = 3 \text{ м}$, а угол при основании равен $\alpha = 30^\circ$?

13*. Груз массой $m = 10 \text{ кг}$ висит на вертикальной невесомой пружине с коэффициентом жёсткости $k = 1000 \text{ Н/м}$. Определить потенциальную энергию пружины.

14*. Тело массой $m = 10$ кг равномерно движется по горизонтальной поверхности. Горизонтальная сила приложена к телу через невесомую пружину с коэффициентом жёсткости $k = 100$ Н/м. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен $\mu = 0,1$. Найти потенциальную энергию пружины.

15*. Какую горизонтальную скорость нужно сообщить шарик, который висит на легкой нерастяжимой нити, для подъема на высоту $h = 10$ см? Сопротивление воздуха не учитывать.

16*. Тело падает без начальной скорости с высоты $h = 10$ м относительно поверхности Земли. На какой высоте кинетическая энергия тела равна $E_k = 10$ Дж? Масса тела равна $m = 1$ кг.

17*. Какую минимальную горизонтальную скорость должен иметь шарик, который висит на легкой нерастяжимой нити длиной $L = 0,4$ м, для того, чтобы нить отклонилась от вертикали на угол $\alpha = 60^\circ$?

18*. Тело, которое находится в покое на некоторой высоте обладает потенциальной энергией $E_n = 44$ Дж. К моменту удара о землю после свободного падения с этой высоты кинетическая энергия тела равна $E_k = 37$ Дж. Определить работу сил сопротивления воздуха.

19*. Тело массой $m = 0,1$ кг при бросании с поверхности Земли вертикально вверх достигло максимальной высоты $h = 18$ м. Определить начальную кинетическую энергию тела, если на преодоление сопротивления воздуха израсходована энергия $E = 3$ Дж.

20*. Тело падает без начальной скорости с высоты $h_1 = 10$ м и после удара о горизонтальную поверхность поднимается на высоту $h_2 = 9$ м. Определить, какое количество механической энергии переходит в теплоту. Масса тела равна $m = 0,2$ кг.

21*. Тело массой $m = 2,5$ кг свободно падает с высоты $h_1 = 10$ м. Определить кинетическую энергию тела на высоте $h_2 = 3$ м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

22*. Шарик массой $m = 0,1$ кг подвешен на нерастяжимой и невесомой нити. Нить с шариком отклонили от вертикали на угол $\alpha = 60^\circ$ и отпустили. Определить модуль силы натяжения нити при прохождении шариком положения равновесия.

23*. После прохождения трассы горнолыжник массой $m = 80$ кг на горизонтальном участке уменьшает свою скорость от $V = 30$ м/с до нуля. Сколько механической энергии переходит при торможении в теплоту?

24*. Два шара массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 3$ кг движутся навстречу друг другу, со скоростями $V_1 = 4$ м/с и $V_2 = 8$ м/с. Определить количество тепла, которое выделяется после абсолютно неупругого удара шаров.

25*. На тело массой $m = 10$ кг, которое лежит на гладкой горизонтальной поверхности, начинает действовать постоянная сила $F = 5$ Н, которую направили горизонтально. Определить кинетическую энергию тела через $t = 2$ с после начала движения.

Статика

Statics

$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_p$	– равнодействующая сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ – the resultant of forces \vec{F}_1 and \vec{F}_2	
$F_p = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$	– модуль равнодействующей двух сил, где α – угол между силами \vec{F}_1 и \vec{F}_2
F_p – magnitude of the resultant of forces \vec{F}_1 and \vec{F}_2 ; α – angle between forces \vec{F}_1 and \vec{F}_2	
$M_0 = F \cdot d$	– момент силы F , где d – плечо силы относительно оси, которая проходит через точку O
M_0 – moment of the force relative to point O (torque); d – moment arm of the force	
$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0; \quad \sum_{i=1}^n M_i = 0$	– условия равновесия твёрдого тела, где \vec{F}_i – сила, которая действует на тело; M_i – момент силы
conditions of equilibrium of a rigid body; \vec{F}_i – separate force; M_i – moment of separate force	
$x_c = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots}{m_1 + m_2 + \dots} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$	– координата центра масс системы тел, где x_i – координата центра масс; m_i – масса i -го тела, входящего в систему
x_c – coordinate of the mass centre at the system of bodies; x_i – coordinate of the mass centre of the body with mass m_i	

1. На обод колеса действует сила $F = 2,0 \text{ Н}$, которая направлена перпендикулярно радиусу. Найти момент M_0 этой силы относительно оси O , проходящей через центр колеса, если радиус колеса $R = 0,50 \text{ м}$.

2. Момент силы $M = 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$, её плечо $d = 1,0 \text{ м}$. Найти равнодействующую силу?

3. Показать на рисунке плечо силы F , которая расположена в плоскости, относительно оси вращения O . Записать, чему будет равен вращающий момент силы.



4. Три силы $F_1 = 6 \text{ Н}$, $F_2 = 8 \text{ Н}$, $F_3 = 10 \text{ Н}$ расположены в одной плоскости. Как нужно приложить к телу эти силы, чтобы оно находилось в равновесии?

5. Вычислить равнодействующую двух сил $F_1 = 100 \text{ Н}$ и $F_2 = 250 \text{ Н}$, которые действуют на тело под углом 90° друг к другу.

6. Равнодействующая двух сил $F_p = 5 \text{ Н}$. Определить одну из сил, если другая сила $F_2 = 4 \text{ Н}$ направлена перпендикулярно первой.

7. Могут ли силы $F_1 = 15 \text{ Н}$ и $F_2 = 30 \text{ Н}$, которые приложены к одной точке, иметь равнодействующую $F_p = 15 \text{ Н}$? Поясните ответ рисунком.

8*. Лодку равномерно тянут к берегу двумя канатами, которые расположены в горизонтальной плоскости. Угол между канатами $\alpha = 90^\circ$. К канатам приложены силы $F = 120 \text{ Н}$ каждая. Какова сила сопротивления воды?

9. Определить модуль равнодействующей двух сил, которые равны по модулю $F_1 = 3 \text{ Н}$ и $F_2 = 4 \text{ Н}$ и направленных в одном направлении; в противоположных направлениях; перпендикулярно друг другу.

10. Тело массой $m = 0,6 \text{ кг}$ покоится на плоскости, которая располагается под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Найти модуль силы нормальной реакции наклонной плоскости, которая действует на тело.

11. Тело лежит на наклонной плоскости, которая составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Масса тела $m = 1 \text{ кг}$. Определить модуль силы трения покоя.

12*. На тело массой $m = 2 \text{ кг}$, которое покоится на наклонной плоскости с углом при основании $\alpha = 30^\circ$, действует прижимающая сила $F = 10 \text{ Н}$, направленная горизонтально. Определить модуль нормальной реакции опоры.

13. Однородный цилиндр высотой $h = 2 \text{ м}$ и радиусом основания $R = 1 \text{ м}$ покоится на наклонной плоскости. Какой максимальный угол в градусах может составлять наклонная плоскость с горизонтом?

14. На тело массой $m = 6 \text{ кг}$, которое лежит неподвижно на горизонтальной поверхности, действуют три силы: сила тяжести, горизонтальная сила величиной $F = 80 \text{ Н}$ и сила, направленная под некоторым углом к горизонту. Определить модуль этой силы, если тело остается в состоянии покоя.

15. Тело массой $m = 0,2 \text{ кг}$, которое висит на невесомой и нерастяжимой нити, отклоняется от вертикали под действием горизонтально направленной силы на угол $\alpha = 60^\circ$. Определить модуль силы натяжения нити в отклонённом положении шарика.

16. Определить модуль равнодействующей двух сил, которые равны по модулю $F = 10 \text{ Н}$ и направлены так, что угол между ними составляет $\alpha = 60^\circ$; $\beta = 120^\circ$.

17. На тело массой $m = 2 \text{ кг}$, которое покоится на наклонной плоскости с углом при основании $\alpha = 30^\circ$, действует прижимающая сила $F = 10 \text{ Н}$, направленная горизонтально. Определить модуль силы трения.

18*. Телеграфный столб массой $m = 100 \text{ кг}$ лежит на земле. Какую наименьшую силу надо приложить, чтобы приподнять столб за один из его концов?

19*. Система состоит из двух тел с массами $m_1 = 3 \text{ кг}$ и $m_2 = 2 \text{ кг}$, которые соединили тонким стержнем длиной $L = 1 \text{ м}$. Определить результирующий момент сил тяжести, действующих на тела системы, относительно оси, которая проходит через центр тяжести системы.

20*. Невесомый стержень длиной $L = 1 \text{ м}$ закрепили одним концом на горизонтальной оси, перпендикулярной стержню, а к другому концу прикрепили точечную массу $m = 100 \text{ г}$. Определить модуль момента силы тяжести, когда стержень находится в горизонтальном положении.

21*. Две точечные массы $m_1 = 2 \text{ кг}$ и $m_2 = 8 \text{ кг}$ соединили невесомым стержнем длиной $L = 8 \text{ м}$. Найти расстояние от центра тяжести конструкции до меньшей массы.

22*. На невесомой нити закрепили две бусинки массами $m_1 = 4 \text{ г}$ и $m_2 = 16 \text{ г}$ на высотах $h_1 = 50 \text{ см}$ и $h_2 = 1,5 \text{ м}$ соответственно. На какой высоте расположен центр тяжести системы?

Гидростатика

Hydrostatics

$$p = \frac{F}{S}$$

p – pressure; S – area of the surface; F – force applied perpendicularly to the surface

– давление, где F – сила, которая действует нормально на площадку, S – величина площадки

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

correlation of forces in the hydraulic press; F_1 – force exerting on small piston; F_2 – fluid-pressure-induced force on large piston; S_1 and S_2 – squares of small and large pistons

– соотношение сил в гидравлическом прессе, где F_1 – сила, которая действует на малый поршень; F_2 – сила давления жидкости на большой поршень; S_1 и S_2 – площади малого и большого поршней соответственно

$$p = \rho gh$$

p – gauge pressure (hydrostatic pressure); ρ – liquid density; g – gravity acceleration; h – height of liquid column

– гидростатическое давление, где ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h – высота столба жидкости

$$p = p_0 + \rho gh$$

p – total pressure in any point of liquid (pressure as a function of depth); p_0 – pressure at the top surface of the liquid

– полное давление в любой точке жидкости, где p_0 – давление на свободную поверхность жидкости

$$F_A = \rho_{ж} g V$$

Archimedes' principle; F_A – buoyant force; $\rho_{ж}$ – density of liquid; V – volume of a body part dipped into liquid (displaced fluid)

– закон Архимеда, где F_A – выталкивающая сила*; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости; V – объём части тела, которое погрузили в жидкость

*выталкивающая сила = сила, которая выталкивает

1. Какая часть объёма тела, которое плавает, находится над поверхностью жидкости? Плотность жидкости в пять раз больше плотности тела.

2. На тело, которое погружено в воду, действует выталкивающая сила $F_A = 50$ Н. Найти массу воды, которую выталкивает тело.

3. В узкий сосуд налита вода до уровня $h = 10$ см. Определить давление воды на дно сосуда, если его отклонили на угол $\alpha = 30^\circ$ от вертикали. Плотность воды равна $\rho = 1000$ кг/м³.

4. Тело объёмом $V = 0,005$ м³ полностью погружено в воду плотностью $\rho = 1000$ кг/м³. Определить модуль силы Архимеда, которая действует на тело.

5*. Сосуд с площадью дна $S = 10$ см² при помощи тонкого шланга сообщается* с сосудом, диаметр которого в два раза меньше. В сосуды налита $V = 0,5$ л воды. Найти высоту воды в широком сосуде.

*сообщается = соединяется

6. На какой глубине давление в воде больше атмосферного в 7 раз? Атмосферное давление равно $p_0 = 100 \text{ кПа}$.
7. На поршень гидравлического пресса действует сила $F = 50 \text{ Н}$. Найти давление, которое создаёт поршень в рабочей жидкости, если его площадь равна $S = 0,01 \text{ м}^2$. Массой поршня и силами трения пренебречь.
- 8*. Бетонная плита длиной $a = 2 \text{ м}$ и шириной $b = 1,5 \text{ м}$ оказывает на грунт давление $p = 3000 \text{ Па}$. Определить массу плиты.
9. На малый поршень гидравлического пресса действует сила $F_1 = 10 \text{ Н}$. Найти значение силы, которая действует на большой поршень гидравлического пресса, если площадь его сечения в 6 раз больше, а поршни находятся в равновесии.
10. Сила давления на большой поршень пресса составляет $F_2 = 500 \text{ Н}$. Определить модуль силы давления на малый поршень, если площадь большого поршня в 5 раз больше площади малого поршня.
11. Сосуд высотой $h = 25 \text{ см}$ и площадью дна $S = 10 \text{ см}^2$ заполнен водой. Определить модуль силы гидростатического давления воды на дно сосуда. Плотность воды $\rho = 1 \text{ г/см}^3$.
- 12*. Тело падает в жидкости с ускорением $a = 8 \text{ м/с}^2$. Во сколько раз плотность тела больше, чем плотность жидкости?
- 13*. Шарик объёмом $V = 8 \text{ см}^3$, подвесили на пружине и опустили в воду. Найти жёсткость пружины, если её удлинение при помещении шарика в воду уменьшилось на $\Delta l = 2 \text{ мм}$.
- 14*. Куб с ребром, равным $L = 5 \text{ см}$, заполнен жидкостью с плотностью $\rho = 2 \text{ г/см}^3$. Найти модуль силы гидростатического давления на вертикальную грань куба.
- 15*. Аквариум прямоугольной формы доверху наполнили водой. Определить модуль силы гидростатического давления воды на вертикальную стенку аквариума длиной $L = 50 \text{ см}$ и высотой $h = 30 \text{ см}$. Плотность воды равна $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.
- 16*. Тело плавает в воде, причем $3/4$ объёма тела остаются над поверхностью воды. Плотность воды $\rho = 1 \text{ г/см}^3$. Определить плотность тела.
- 17*. Вес тела в воде в 5 раз меньше, чем в вакууме. Какова плотность тела, если плотность воды равна $\rho = 1 \text{ г/см}^3$.
- 18*. При погружении тела в жидкость его вес уменьшился в 3 раза. Плотность жидкости $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Найти плотность тела.
- 19*. Тело в жидкости с плотностью ρ весит в три раза меньше, чем в воздухе. Найти плотность тела.

Механические колебания и волны

Mechanical Oscillation and Waves

$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$	– уравнение гармонических колебаний, где x – смещение; A – амплитуда; ω – циклическая частота; t – время; φ_0 – начальная фаза; $\varphi = \omega t + \varphi_0$ – фаза колебаний
<i>equation of harmonic oscillation (simple harmonic motion); x – coordinate of an object; A – amplitude of the oscillations; ω – angular frequency; t – time; φ_0 – initial phase (phase constant); $\varphi = \omega t + \varphi_0$ – phase of oscillation</i>	
$T = \frac{t}{N}$	– период колебаний, где N – число полных колебаний за время t
<i>T – period of oscillation; N – a number of oscillations; t – time of N oscillations</i>	
$\nu = \frac{1}{T}$	– частота колебаний
<i>ν – frequency of oscillations</i>	
$\omega = 2\pi\nu$	– циклическая частота колебаний
<i>ω – angular frequency</i>	
$V_x = V_m \cos(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2})$	– скорость при гармонических колебаниях; V_m – максимальное (амплитудное) значение скорости
<i>V_x – velocity component at simple harmonic oscillation; V_m – maximum speed</i>	
$V_m = \omega A$	– максимальное значение скорости
<i>V_m – maximum speed (arrow velocity)</i>	
$a_x = a_m \cos(\omega t + \varphi_0 + \pi)$	– ускорение при гармонических колебаниях
$a_x = -\omega^2 x$	– ускорение при гармонических колебаниях
<i>a_x – acceleration component at simple harmonic oscillation</i>	
$a_m = \omega^2 A$	– максимальное значение ускорения
<i>a_x – maximum acceleration magnitude</i>	
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	– период колебаний математического маятника
<i>T – period of oscillations of simple (mathematical) pendulum; l – length of the pendulum</i>	
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	– период колебаний пружинного маятника
<i>T – period of oscillations of block (spring pendulum); m – mass of block; k – spring constant</i>	
$W = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$	– полная энергия гармонических механических колебаний
<i>W – total mechanical energy of a simple harmonic oscillator</i>	
$W = \frac{mV_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \frac{mV_m^2}{2}$	– полная механическая энергия пружинного маятника
<i>W – total mechanical energy of the spring pendulum (block-spring system)</i>	
$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$	– длина волны; v – скорость волны; T – период; ν – частота
<i>λ – wavelength; v – speed of the wave; ν – frequency of the wave</i>	
$\frac{\lambda}{2\pi} = \frac{l}{\Delta\varphi}$	– связь разности фаз колебаний в точках, с расстоянием l на котором находятся точки друг от друга
<i>$\Delta\varphi$ – phase difference between points 1 and 2 of the wave; l – distance between points 1 and 2</i>	

1. Тело совершает гармонические колебания вдоль оси X . Расстояние между точками, в которых скорость тела равна нулю, равно $L = 4$ см. Определить амплитуду гармонических колебаний.
2. Точка, которая совершает гармонические колебания по закону вдоль оси X , проходит путь $L = 2$ м за $N = 2$ полных колебания. Определить амплитуду колебаний.
3. Найти величину максимального ускорения тела, которое совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = 10$ рад/с и амплитудой $A = 0,5$ см.
4. Начальная фаза гармонических колебаний равна нулю, а период – $T = 0,5$ с. Найти в градусах фазу колебаний через $t = 0,1$ с после начала движения.
5. Точка совершает гармонические колебания вдоль оси X с амплитудой $A = 0,2$ м. Какой путь пройдёт точка, когда сделает $N = 5$ полных колебаний?
6. Точка совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 5$ Гц. Определить циклическую частоту колебаний.
7. Тело совершает гармонические колебания по закону $x = 0,5 \cdot \cos(3,14t)$, м, где t – время в секундах. Определить частоту колебаний точки.
8. Определить период колебаний математического маятника, длина которого равна $L = 2,5$ м.
- 9*. Период колебаний математического маятника в результате увеличения длины маятника возрос в 3 раза. Во сколько раз увеличена длина маятника?
10. Шар массой $m = 800$ г висит на пружине. Собственная циклическая частота колебаний системы равна $\omega = 25$ с⁻¹. Найти коэффициент жёсткости пружины.
11. Найти в миллисекундах период гармонических колебаний тела массой $m = 125$ г, которое подвесили на пружине жёсткостью $k = 50$ Н/м.
- 12*. Найти массу груза, который на пружине с коэффициентом жёсткости $k = 250$ Н/м совершает за время $t = 16$ с число колебаний $N = 20$.
13. Тело совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости на пружине жёсткостью $k = 300$ Н/м. Амплитуда колебаний равна $A = 4$ см. Найти полную энергию колебательного процесса.
14. Скорость распространения волны равна $V = 15$ м/с. Определить частоту, если длина волны равна $\lambda = 0,5$ м.
15. Звуковая волна распространяется со скоростью $V = 340$ м/с и частотой $\nu = 1000$ Гц. Определить длину звуковой волны при этих условиях.
16. Скорость распространения волны равна $V = 15$ м/с. Определить длину волны, если её частота равна $\nu = 30$ Гц.
17. Звуковая волна распространяется со скоростью $V = 330$ м/с. Определить длину звуковой волны, если наименьшее расстояние между точками, которые совершают колебания в одинаковой фазе, составляет $L = 0,33$ м.
18. Определить скорость звука в воде, если источник звука, который колеблется с периодом $T = 0,002$ с, возбуждает в воде волны длиной $\lambda = 2,9$ м.
19. Скорость звука в воде равна $V = 1450$ м/с. На каком минимальном расстоянии находятся точки, которые совершают колебания в противоположных фазах, если частота колебаний равна $\nu = 725$ Гц?

20*. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 10$ см и периодом $T = 0,1$ с. Определить максимальное значение скорости тела.

21*. За какое время точка, которая совершает гармонические колебания с периодом $T = 12$ с, смещается из положения равновесия на половину амплитуды?

22*. Тело совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 1$ см и периодом $T = 1$ с. Определить максимальное значение ускорения тела.

23*. Найти период гармонического колебания, фаза которого увеличивается от 0 до 2 радиан за $t = 4$ с.

24*. Тело совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 8$ Гц и амплитудой $A = 4$ см. Какое минимальное расстояние пройдёт тело при изменении скорости от нулевого до максимального значения?

25*. Один математический маятник совершает $N_1 = 75$ полных колебаний за $t_1 = 5$ с, а второй – $N_2 = 18$ колебаний за $t_2 = 6$ с. Во сколько раз частота колебаний первого маятника больше частоты колебаний второго?

26*. Определить длину математического маятника, который совершает вблизи поверхности Земли $N = 4$ полных колебания за $t = 8$ с.

27*. Тело совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости на пружине жёсткостью $k = 500$ Н/м. Найти амплитуду колебаний, если модуль максимальной силы упругости пружины равен $F_{\max} = 40$ Н.

28*. Когда груз неподвижно висел на вертикальной пружине, её удлинение было равно $\Delta l = 2,5$ см. Затем груз оттянули по вертикали вниз и отпустили, после чего он начал совершать гармонические колебания. Найти период колебаний груза в миллисекундах (мс)

29*. Тело совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 6$ Гц и амплитудой $A = 2$ см. Во сколько раз увеличится полная энергия колебаний, если амплитуду колебаний увеличить в 1,3 раза? Частота колебаний не меняется.

30*. Период гармонических колебаний тела возрастает с $T_1 = 1$ с до $T_2 = 2$ с. Во сколько раз уменьшится при этом полная энергия колебаний? Амплитуда колебаний не меняется.

31*. Тело массой $m = 0,2$ кг совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = 5$ рад/с. Полная энергия колебаний равна $W = 0,1$ Дж. Определить амплитуду колебаний.

32*. Во сколько раз скорость распространения первой волны больше скорости распространения второй, если её длина в 5,4 раза, а период – в 2 раза больше?

33*. Звуковая волна распространяется со скоростью $V = 330$ м/с. Определить длину звуковой волны, если наименьшее расстояние* между точками, которые совершают колебания в противофазе, равно $L = 0,17$ м.

***наименьшее расстояние = самое маленькое (min) расстояние**

34*. Лодка качается на волнах, которые распространяются со скоростью $V = 2,5$ м/с. Расстояние между двумя ближайшими гребнями* волн равно $L = 8$ м. Определить период колебаний лодки.

***ближайшими гребнями = самыми близкими гребнями**

Молекулярная физика и термодинамика

Molecular Physics and Thermodynamics

Основы молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ

Molecular Kinetic Theory Fundamentals. Ideal Gas

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_M}$$

– количество вещества, где m – масса вещества; M – молярная масса; N – число частиц (атомов, молекул) вещества; N_A – постоянная Авогадро; V – объём газа; V_M – молярный объём газа при нормальных условиях

ν – quantity of substance (number of moles); m – mass of substance; M – molar mass of substance; N – number of particles (atom, molecule) of substance; N_A – Avogadro constant; V – volume of gas; V_M – molar volume of the gas under normal conditions

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$$

– масса одной молекулы

m_0 – mass of one molecule

$$T = t + 273$$

– соотношение между абсолютной температурой T и температурой по шкале Цельсия t

Kelvin and Celsius scale difference; T – absolute temperature; t – Celsius temperature

$$\langle V_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{V_1^2 + \dots + V_N^2}{N}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

– средняя квадратичная скорость хаотического движения молекул, где R – универсальная газовая постоянная

$\langle V_{\text{кв}} \rangle$ – root-mean-square speed of chaotic motion of gas molecules; R – universal gas constant

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle V_{\text{кв}} \rangle^2 = \frac{1}{3} \rho \langle V_{\text{кв}} \rangle^2$$

– основное уравнение молекулярно-кинетической теории; n – концентрация молекул; ρ – плотность газа

base equation of molecular kinetic theory; n – concentration of molecules; ρ – density of the gas

$$p = nkT = \frac{N}{V} kT$$

– связь давления газа с концентрацией n ; $k = \frac{R}{N_A}$ – постоянная Больцмана; N – число частиц (атомов, молекул), находящихся в объёме газа V

relationship between pressure and concentration n of particles (atom, molecule); $k = \frac{R}{N_A}$ – Boltzmann constant; N – number of particles (atom, molecule); V – volume of gas

$$\langle W_k \rangle = \frac{m_0 \langle V_{\text{кв}} \rangle^2}{2} = \frac{3}{2} kT = \frac{3p}{2n}$$

– средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы одноатомного газа

$\langle W_k \rangle$ – the average translational kinetic energy of monatomic gas molecule

$$pV = \nu RT$$

– уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)

ideal gas equation of state (Mendeleev-Clapeyron equation)

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

– уравнение Клапейрона $m = \text{const}$

Clapeyron equation (universal gas law); $m = \text{const}$

$$pV = \text{const}$$

– закон Бойля-Мариотта при $m = \text{const}$ и $T = \text{const}$

Boyle's Law; isothermal process; $m = \text{const}$ and $T = \text{const}$

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

– закон Шарля при $m = \text{const}$ и $V = \text{const}$

Charle's Law; isochoric process; $m = \text{const}$ and $V = \text{const}$

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

– закон Гей-Люссака при $m = \text{const}$ и $p = \text{const}$

pressure law; isobaric process; $m = \text{const}$ and $p = \text{const}$

1*. При какой температуре по шкале Кельвина средняя квадратичная скорость молекул криптона равна $V_{\text{кв}} = 830 \text{ м/с}$? Молярная масса криптона равна $M = 84 \text{ г/моль}$.

2*. В баллоне, который вмещает $V = 10 \text{ л}$, находится аргон, средняя кинетическая энергия атомов которого $\langle \epsilon_{\text{к}} \rangle = 1,25 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}$. Давление газа на стенки баллона равно $p = 1 \text{ МПа}$. Определить количество вещества в баллоне.

3*. Водород, молярная масса которого равна $M = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, находится при температуре $T = 300 \text{ К}$. Определить среднюю квадратичную скорость движения молекул водорода.

4*. Идеальный одноатомный газ, масса которого $m = 6,0 \text{ кг}$, находится в сосуде вместимостью $V = 5,0 \text{ м}^3$ при давлении $p = 196 \text{ кПа}$. Определить среднюю квадратичную скорость движения атомов газа.

5. В баллоне ёмкостью $V = 100 \text{ л}$ находится $m = 2 \text{ г}$ кислорода при температуре $t = 47 \text{ }^\circ\text{C}$. Найти давление кислорода. Молярная масса кислорода $M = 0,032 \text{ кг/моль}$.

6. Вычислить давление $\nu = 1 \text{ моль}$ газа при температуре $T = 300 \text{ К}$, если его объём равен $V = 4,15 \text{ м}^3$.

7. Найти объём водорода массой $m = 1 \text{ кг}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$ и давлении $p = 100 \text{ кПа}$. Молярная масса водорода равна $M = 0,002 \text{ кг/моль}$.

8*. Во сколько раз плотность воздуха зимой при температуре $t_1 = -23 \text{ }^\circ\text{C}$ больше плотности воздуха летом при температуре $t_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Давление постоянно.

9. Вычислить универсальную газовую постоянную по результатам опыта: $m = 1 \text{ кг}$ водорода в объёме $V = 12 \text{ м}^3$ имел давление $p = 100 \text{ кПа}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$.

10. Определить в миллиграммах (мг) массу углекислого газа, который находится в баллончике объёмом $V = 6 \text{ см}^3$, если давление газа равно $p = 8,3 \text{ МПа}$, а температура равна $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Молярная масса углекислого газа равна $M = 0,044 \text{ кг/моль}$.

11. Вычислить давление $m = 0,001 \text{ кг}$ гелия с молярной массой $M = 0,004 \text{ кг/моль}$, если его объём равен $V = 0,083 \text{ м}^3$, а температура равна $T = 280 \text{ К}$.

12. Сколько молей газа содержится в объёме $V = 8,3 \text{ м}^3$ при давлении $p = 500 \text{ Па}$ и температуре $T = 250 \text{ К}$?

13*. Во сколько раз число Авогадро больше числа атомов в $m = 9 \text{ г}$ алюминия? Молярная масса алюминия равна $M = 0,027 \text{ кг/моль}$.

14*. Во сколько раз число молекул в $m = 270 \text{ г}$ углерода больше числа Авогадро? Молярная масса углерода равна $M = 12 \text{ г/моль}$.

15*. Во сколько раз возрастет плотность идеального газа при увеличении давления от $p_1 = 100$ кПа до $p_2 = 140$ кПа в ходе изотермического процесса?

16*. В открытом сосуде газ нагрели так, что его температура увеличилась в 3 раза. Сколько газа было в сосуде, если в конце нагревания в сосуде осталось $m = 0,24$ кг газа?

17*. Какая масса воздуха выйдет из комнаты при повышении температуры от $T_1 = 290$ К до $T_2 = 300$ К? Объем комнаты равен $V = 49,8$ м³. Молярная масса воздуха равна $M = 29$ г/моль. Атмосферное давление равно $p_0 = 100$ кПа.

18*. В открытом сосуде объемом $V = 0,45$ м³ находится $m = 120$ г газа. Температуру газа увеличивают от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 450$ К при постоянном давлении $p = 166$ кПа. Сколько молей газа выйдет из сосуда?

19*. Во сколько раз возрастет плотность газа при его охлаждении от $T_1 = 600$ К до $T_2 = 300$ К и увеличении массы газа в 3 раза? Давление газа постоянно.

20. При изотермическом сжатии давление газа возросло в 8 раз. Чему равен начальный объем газа, если в конце процесса газ занимал объем $V = 0,24$ м³?

21. В ходе изотермического процесса давление газа уменьшилось на $\Delta p = 50$ кПа. Определить в килопаскалях (кПа) конечное давление газа, если его объем увеличился в 6 раз.

22. В процессе изобарического охлаждения газа его объем уменьшился в 2 раза. Определить конечную абсолютную температуру газа, если начальная температура равна $t = 819$ °С? Масса газа остается постоянной.

23. При изобарическом нагревании идеального газа его температура увеличилась от $t_1 = 273$ °С до $t_2 = 546$ °С. Во сколько раз увеличился объем газа?

24. Начальная температура газа равна $t_1 = 54$ °С. На сколько градусов надо увеличить температуру газа, чтобы его объем при постоянном давлении и неизменной массе увеличился в 2 раза?

25. Давление газа в ходе изохорического нагревания* увеличилось на $\Delta p = 150$ кПа. Во сколько раз возросла температура газа, если начальное давление равнялось $p_1 = 50$ кПа.

***в ходе нагревания= при нагревании**

26. В процессе изохорического охлаждения газа его давление уменьшилось в 3 раза. Какой была начальная температура газа по абсолютной шкале, если конечная температура равна $t_2 = 27$ °С?

27*. Определить разность температур начального и конечного состояния газа, если сначала объем газа изобарно увеличили в 2 раза, а затем изохорно уменьшили в 2 раза его давление. Температура начального состояния равна $T = 300$ К.

28*. Во сколько раз возрастёт плотность газа при изохорном охлаждении от $T_1 = 600$ К до $T_2 = 300$ К?

Термодинамика. Циклические процессы

Thermodynamics. Cyclic Processes.

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

- внутренняя энергия идеального одноатомного газа, где m – масса газа; M – молярная масса; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура

U – internal energy of ideal monatomic gas; m – mass of gas; M – molar mass of gas; R – universal gas constant; T – absolute temperature

$$Q = A + \Delta U$$

- первое начало термодинамики, где A – работа, которую произвёл газ над внешними телами; ΔU – изменение внутренней энергии газа; Q – количество теплоты, которое сообщили газу

1st Law of thermodynamics; A – work of gas (of the system); ΔU – change in the internal energy of the gas (of the system); Q – heat energy (enters or leaves the system or the gas)

$$A = p\Delta V$$

- работа газа при изобарном процессе, где ΔV – изменение объёма газа; p – давление газа

A – work of gas in isobaric process; ΔV – change of gas volume; p – gas pressure

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$$

- КПД теплового двигателя, где A – полезная работа, которую совершил тепловой двигатель; Q_1 – количество теплоты, которое получил газ от нагревателя; $|Q_2|$ – количество теплоты, отданное* холодильнику

η – efficiency of a heat engine; A – effective work made by heat engine; Q_1 – input of energy (heat quantity received by engine from heater); $|Q_2|$ – the heat rejected to cooler

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

- максимальное значение КПД идеального теплового двигателя, где T_1 и T_2 – температуры нагревателя и холодильника соответственно

maximal efficiency of Carnot engine (ideal heat engine); T_1 and T_2 – ideal gas temperatures of the reservoirs (heater and cooler respectively)

*отданное = которое отдали

1. При нагревании на $\Delta T = 7 \text{ K}$ внутренняя энергия одноатомного идеального газа увеличилась на $\Delta U = 348,6 \text{ Дж}$. Определить количество вещества.

2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа, который находится в баллоне объёмом $V = 0,02 \text{ м}^3$, равна $U = 600 \text{ Дж}$. Определить в килопаскалях (кПа) давление газа.

3. На сколько градусов следует нагреть $\nu = 6$ моль идеального газа, чтобы он совершил работу, равную $A = 124,5 \text{ Дж}$? Давление газа постоянно.

4*. Какое количество вещества одноатомного идеального газа можно нагреть на $\Delta T = 5 \text{ K}$, если дать ему $Q = 41,5 \text{ Дж}$ теплоты? Давление газа постоянно.

5*. В начальном состоянии температура газа равна $T_1 = 295 \text{ K}$. В конечном состоянии газ занимает объём $V = 1 \text{ л}$ при температуре $T_2 = 300 \text{ K}$. Определить работу газа в ходе процесса, если давление в газе постоянно и равно $p = 300 \text{ кПа}$.

6. Идеальный газ нагрели на $\Delta T = 20 \text{ K}$ при постоянном давлении и газ совершил работу $A = 249 \text{ Дж}$. Сколько молей газа нагревали?

7. Во сколько раз работа, которую совершает газ при изобарном расширении с давлением $p_1 = 300$ кПа, больше работы газа при изобарном расширении с давлением $p_2 = 100$ кПа, если изменение объёма в обоих случаях одинаково?

8. Какую работу совершает газ, который расширяется изобарно при давлении $p = 200$ кПа от объёма $V_1 = 1,6$ л до объёма $V_2 = 2,5$ л?

9*. Один моль идеального газа изобарно нагревают так, что его объём возрастает в 1,5 раза. Определить работу газа в этом процессе, если начальная температура газа равна $T = 200$ К.

10. Внутренняя энергия газа увеличилась на $\Delta U = 29$ Дж при подведении к нему $Q = 44$ Дж теплоты. Определить работу, которую совершил газ.

11. При расширении газ совершил работу, равную $A = 15$ Дж. Найти изменение его внутренней энергии, если количество теплоты, которую подвели к газу, равно $Q = 32$ Дж.

12. Газ нагревают при постоянном объёме. Какое количество теплоты надо подвести к $\nu = 1$ моль газа, чтобы его температура возросла на $\Delta T = 10$ К? Газ считать одноатомным.

13. Вычислить количество теплоты, которое необходимо для нагревания $\nu = 2$ моль идеального газа на $\Delta T = 10$ К при постоянном давлении, если при этом газом совершена работа $A = 166$ Дж. Газ одноатомный.

14. При адиабатическом расширении газ совершает работу $A = 53$ Дж. Определить изменение внутренней энергии газа.

15. Определить в процентах коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины, если температура нагревателя равна $T_1 = 400$ К, а температура холодильника равна $T_2 = 300$ К.

16. Максимальный коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины равен $\eta = 20\%$. Определить по абсолютной шкале температуру нагревателя, если температура холодильника равна $T_2 = 300$ К.

17*. В двух закрытых баллонах находится по $\nu = 1$ моль идеального одноатомного газа. Внутренняя энергия газа в первом баллоне равна $U_1 = 8$ кДж, во втором – $U_2 = 12$ кДж. Во сколько раз абсолютная температура газа во втором баллоне больше, чем в первом?

18*. Баллон ёмкостью $V = 50$ л содержит аргон под давлением $p = 200$ кПа. Каким будет в килопаскалях (кПа) давление газа, если ему сообщить $Q = 3$ кДж теплоты? Объём баллона не изменяется.

19. Вычислить изменение внутренней энергии $\nu = 2$ моль идеального газа при изменении его температуры от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 307$ К. Газ считать одноатомным.

20*. При изобарном нагревании от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 350$ К газ совершил работу $A = 100$ Дж. Какую работу совершил газ при дальнейшем изобарическом нагревании на $\Delta T = 25$ К? Давление и масса газа постоянны.

21*. Одноатомный идеальный газ находится в закрытом баллоне ёмкостью $V = 5$ л. Какое количество теплоты нужно сообщить газу, чтобы повысить его давление на $\Delta p = 20$ кПа?

22*. Количество вещества $\nu = 2$ моль идеального одноатомного газа расширяются без теплообмена с окружающей средой. Температура газа в ходе расширения уменьшилась на $\Delta T = 10$ К. Определить работу, которую совершил газ при расширении.

23*. Количество вещества $\nu = 1$ моль гелия нагревают при постоянном давлении от температуры $T = 100$ К. Какое количество тепла необходимо сообщить газу, чтобы его объём утроился*?

***утроился = стал в три раза больше**

24*. В процессе изобарического нагревания гелия к нему было подведено $Q = 300$ Дж теплоты. Определить работу, которую совершил этот газ.

25*. При изобарном нагревании одноатомного идеального газа его внутреннюю энергию увеличили на $\Delta U = 120$ Дж. Определить работу, которую совершил газ.

26*. При адиабатном сжатии температура гелия возросла на $\Delta T = 2$ К. Определить массу газа в граммах, если при сжатии была совершена работа $A = 996$ Дж. Молярная масса гелия равна $M = 4$ г/моль.

27*. В закрытом сосуде объёмом $V = 2$ л находится гелий, плотность которого равна $\rho = 2$ кг/м³. Какое количество теплоты надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на $\Delta T = 10$ К? Гелий считать идеальным газом.

28*. Найти количество теплоты, которое необходимо для нагревания $\nu = 1$ моль одноатомного идеального газа на $\Delta T = 20$ К при постоянном давлении.

29*. Один моль $\nu = 1$ моль идеального одноатомного газа нагревается при постоянном объёме до конечной температуры $T = 600$ К. Какое количество теплоты подведено к газу, если при нагревании его давление возросло в 1,5 раза?

30. Максимальный коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины равен $\eta = 25$ %. Определить по абсолютной шкале температуру холодильника, если температура нагревателя равна $T_1 = 400$ К.

31*. Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины равен $\eta = 0,2$. Какое количество теплоты получает за цикл холодильник, если при этом машина совершает работу $A = 100$ Дж?

32. Определить в процентах коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины, если количество теплоты, которое получено от нагревателя за цикл, равно $Q_1 = 500$ Дж, а количество теплоты, которое передано холодильнику, составляет $Q_2 = 400$ Дж.

33. Какую долю составляет разность температур нагревателя и холодильника идеальной тепловой машины от температуры нагревателя, если максимальный коэффициент полезного действия машины равен $\eta = 17$ %?

34*. Определить разность температур нагревателя и холодильника идеальной тепловой машины, если температура нагревателя равна $T_1 = 400$ К, а максимальное значение коэффициента полезного действия равно $\eta = 20$ %.

35*. Определить в процентах коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины, температура холодильника которой равна $T_2 = 300$ К, а разность температур нагревателя и холодильника равна $\Delta T = 100$ К.

36*. Коэффициент полезного действия тепловой машины равен $\eta = 15\%$. Какое количество теплоты передано* от нагревателя рабочему веществу за время, в течение которого машиной совершена полезная работа** $A = 150$ Дж?

*количество теплоты передано = количество теплоты, которое передали

**совершена работа = работа, которую совершили

37*. Идеальная тепловая машина совершает за цикл работу $A = 100$ Дж. Какое количество теплоты получено* при этом от нагревателя, если коэффициент полезного действия машины равен $\eta = 0,2$?

*количество теплоты получено = количество теплоты, которое получили

38*. Во сколько раз температура нагревателя тепловой машины больше температуры холодильника, если коэффициент полезного действия машины равен $\eta = 20\%$?

Тепловые процессы

Heat Process

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

– теплоёмкость тела, где Q – количество теплоты, которое сообщили телу; ΔT – изменение температуры тела

C – heat capacity of body; Q – heat quantity given to body; ΔT – temperature change of a body

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

– удельная теплоёмкость вещества; m – масса вещества

c – specific heat of a substance; m – mass of the substance

$$c_v = \frac{Q}{\nu\Delta T} = cM$$

– молярная теплоёмкость, где ν – количество вещества; M – молярная масса

c_v – molar heat capacity

$$Q = cm(T_2 - T_1)$$

– количество теплоты, необходимое для нагревания тела; где c – удельная теплоёмкость вещества; m – масса тела; T_1 и T_2 – начальная и конечная температуры тела соответственно

Q – heat quantity required for heating of body; c – specific heat of a substance; m – mass of a body; T_1 and T_2 – initial and final temperature of a body respectively

$$Q = \lambda m$$

$$Q = rm$$

$$Q = qm$$

– количество теплоты, которое необходимо для изменения агрегатного состояния вещества, где λ – удельная теплота плавления; r – удельная теплота парообразования; q – удельная теплота сгорания топлива

Q – heat quantity for a phase change; λ – latent heat of fusion; r – latent heat of vaporization; q – specific latent heat of fuel combustion

1. Определить удельную теплоёмкость меди, если при остывании $m = 3$ кг меди на $\Delta T = 2$ К выделилось $Q = 2340$ Дж теплоты?

2. Определить теплоёмкость свинцового бруска массой $m = 6$ кг, если известно, что удельная теплоёмкость свинца равна $c = 130$ Дж/(кг·К).

3. Какое количество теплоты выделяется при сгорании $m = 0,1$ г бензина? Удельная теплота сгорания бензина равна $q = 4,61 \cdot 10^7$ Дж/кг.

4. Теплоёмкость стального тела равна $C = 920 \text{ Дж/К}$, а удельная теплоёмкость стали составляет $c = 460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$. Определить по этим данным массу тела.
5. Для нагревания $m = 0,1 \text{ кг}$ жидкости на $\Delta T = 30 \text{ К}$ затрачено $Q = 12,45 \text{ кДж}$ теплоты. Определить по этим данным удельную теплоёмкость жидкости.
6. Какое количество теплоты выделяется при конденсации $m = 0,1 \text{ г}$ водяного пара, которая происходит при постоянной температуре? Удельная теплота парообразования равна $r = 2260 \text{ Дж/г}$.
7. Какое количество теплоты нужно сообщить $m = 0,1 \text{ кг}$ воды для её нагрева на $\Delta T = 10 \text{ К}$? Удельная теплоёмкость воды равна $c = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$.
8. В процессе конденсации $m = 2 \text{ кг}$ водяного пара выделилось $Q = 4500 \text{ кДж}$ теплоты. Определить в килоджоулях на килограмм удельную теплоту парообразования воды.
9. Какую наибольшую массу олова, которое взяли при температуре плавления, можно расплавить, если сообщить ему $Q = 118 \text{ кДж}$ теплоты? Удельная теплота плавления олова равна $\lambda = 59 \text{ кДж/кг}$.
10. Какое количество льда, которое взяли при температуре плавления, можно расплавить, если сообщить льду $Q = 167 \text{ кДж}$ теплоты? Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 334 \text{ кДж/кг}$.
11. Сколько воды можно нагреть от $T = 273 \text{ К}$ до точки кипения при нормальном атмосферном давлении, если сообщить ей $Q = 3150 \text{ Дж}$ теплоты? Удельную теплоёмкость принять $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$. Ответ дать в граммах.
- 12*. В калориметре смешали $V_1 = 3 \text{ л}$ воды при температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $V_2 = 21 \text{ л}$ воды при температуре $t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить в градусах Цельсия конечную температуру. Потерями тепла на нагревание калориметра пренебречь.
- 13*. На сколько градусов нагреется свинцовая пуля массой $m = 9 \text{ г}$, которая имеет кинетическую энергию $E_k = 54 \text{ Дж}$, если эта энергия полностью пойдёт на её нагревание? Удельная теплоёмкость свинца $c = 150 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.
14. Какое количество тепла потребуется для нагревания $m = 2,5 \text{ г}$ воды от $T = 273 \text{ К}$ до точки кипения при нормальном атмосферном давлении? Удельная теплоёмкость воды равна $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.
- 15*. Найти высоту, на которой потенциальная энергия груза массой $M = 1000 \text{ кг}$ равна количеству теплоты, которое выделилось при остывании воды массой $m = 0,2 \text{ кг}$ на $\Delta T = 50 \text{ К}$. Удельная теплоёмкость воды равна $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.
- 16*. Воду с температурой $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ смешивают с водой при температуре $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить отношение массы холодной воды к массе горячей, если температура, которая установилась, равна $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Тепловыми потерями пренебречь.
- 17*. Тело с удельной теплоёмкостью $c = 500 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ свободно падает с высоты $h = 30 \text{ м}$. Насколько увеличится его температура, если вся кинетическая энергия тела при ударе о Землю перейдет в теплоту? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 18*. В калориметре находится $m = 0,3 \text{ кг}$ воды при температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Сколько граммов воды с температурой $t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ нужно добавить в калориметр, чтобы установившаяся температура равнялась $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

19*. Определить в процентах коэффициент полезного действия примуса, если известно, что, сжигая $m_1 = 300$ г керосина, можно довести до кипения при нормальном атмосферном давлении $m_2 = 15$ кг воды, взятой при температуре $T = 281$ К. Удельная теплота сгорания керосина $q = 46 \cdot 10^6$ Дж/кг. Удельная теплоёмкость воды $c = 4,2$ Дж/(г·К).

20*. В тающую льдину попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая со скоростью $V = 990$ м/с. Считая, что треть энергии пули пошла на плавление льда, найти в граммах массу растаявшего льда. Удельная теплота плавления льда равна $\lambda = 330$ Дж/г.

21*. Имеется два свинцовых шарика. Во сколько раз масса первого шарика больше массы второго, если для нагревания первого шарика на $\Delta T = 1,5$ К затрачено теплоты в три раза больше, чем для нагревания второго на $\Delta T = 1$ К?

22*. При полном сгорании $m_1 = 10$ г бензина выделяется такое же количество теплоты, как и при полном сгорании $m_2 = 30$ г торфа. Во сколько раз удельная теплота сгорания бензина больше удельной теплоты сгорания торфа?

Электродинамика

Electrodynamics

Электростатика

Electrostatics

$$q = eN$$

q – charge of body (particle); e – fundamental charge; N – number of fundamental charges

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon \cdot r^2}$$

Coulomb's Law; F – magnitude of electrostatic force between two single particle (point charges); q_1, q_2 – point charges; r – distance between point charges; ϵ_0 – electric constant (permittivity of free space); ϵ – dielectric constant of a medium

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

\vec{E} – electric field (strength); \vec{F} – electric force exerted by the particle placed at point (test particle); q_0 – charge of the test particle

$$\epsilon = \frac{E_0}{E}$$

ϵ – dielectric constant of a medium; E_0 and E – electric field in vacuum and in medium respectively

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon \cdot r^2}$$

E – electric field produced by single particle (point charge) at some point; q – charge of a particle; r – distance from the single particle to the point

$$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

– принцип суперпозиции полей, где \vec{E}_p – напряжённость результирующего поля

principle of superposition of the electric fields; \vec{E}_p – resultant electric field

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

– поверхностная плотность заряда, где q – величина заряда; S – площадь поверхности

σ – surface charge density; q – charge; S – surface area

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$$

– модуль напряжённости поля, создаваемого бесконечной заряженной плоскостью

E – electric field module produced by infinite charged plate; σ – surface charge density of plate

$$\varphi = \frac{W}{q_0}$$

– потенциал электростатического поля в точке, где W – потенциальная энергия пробного заряда q_0 , который находится в данной точке

φ – electric potential at the point; W – electric potential energy of the particle placed at point (test particle); q_0 – charge of the test particle

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon \cdot r}$$

– потенциал поля точечного заряда в некоторой точке, где q – заряд; r – расстояние от заряда до точки

φ – electric potential produced by single particle (point charge) at some point; q – charge of particle; r – distance from the single particle to the point

$$\varphi_p = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

– принцип суперпозиции полей для потенциала, где φ_p – потенциал результирующего поля

principle of superposition for electric potential; φ_p – resultant field potential

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}$$

– связь напряжённости однородного электрического поля с напряжением U , где d – расстояние между точками 1 и 2 поля

relation between electric field and voltage of uniform electric field; d – distance between points 1 and 2 on the field; $\varphi_1 - \varphi_2$ – potential difference between points 1 and 2

1. Заряд небольшого проводящего шарика равен $q_1 = 5$ мкКл. Во сколько раз увеличится заряд этого шарика, если его привести в контакт с таким же шариком, заряд которого равен $q_2 = 15$ мкКл?

2. Два одинаковых металлических шарика с зарядами $q_1 = -3,0$ мкКл и $q_2 = 8,0$ мкКл на короткое время соединяются тонкой проволочкой. Определить в микрокулонах (мкКл) величину заряда одного из шариков после того, как уберут проволочку.

3. Определить расстояние между двумя одинаковыми точечными зарядами по $q = 3$ мкКл каждый, которые находятся в вакууме, если модуль силы взаимодействия между ними равен $F = 100$ мН.

4. Определить значение заряда, если известно, что в электрическом поле напряжённостью $E = 5000$ В/м на заряд действует сила $F = 30$ Н. Ответ записать в милликулонах (мКл).

5. Во сколько раз возрастёт значение потенциала в некоторой точке поля точечного заряда при увеличении заряда в 3 раза?

6. Во сколько раз уменьшится модуль напряжённости электрического поля точечного заряда при увеличении расстояния от заряда до точки наблюдения в 3 раза?

7. Во сколько раз модуль напряжённости электрического поля точечного заряда на расстоянии $r_1 = 10$ см от заряда больше модуля напряжённости поля на расстоянии $r_2 = 20$ см от заряда?

8. Модуль напряжённости электрического поля на расстоянии $r = 2$ м от точечного заряда равен $E = 7200$ кВ/м. Определить в милликулонах (мкКл) величину заряда.

9*. Электрическое поле создано точечным зарядом $q = 2,5$ мкКл, который располагается в начале прямоугольной системы координат $(x; y)$, где x, y даны в метрах. Определить модуль напряжённости электрического поля в точке $(3; 4)$.

10. Определить потенциал электрического поля точечного заряда $q = 2$ мкКл в точке, которая располагается на расстоянии $r = 3$ м от заряда.

11. На расстоянии $r = 30$ м от уединённого точечного заряда потенциал электрического поля равен $\varphi = 3000$ В. Определить по этим данным модуль заряда в микрокулонах (мкКл).

12. Заряд металлического шара радиусом $r_1 = 2$ м равен $q = 5$ мкКл. Определить модуль напряжённости электрического поля на расстоянии $r_2 = 1,5$ м от центра шара.

13. Электрическое поле образовано наложением двух однородных полей с напряжённостями $E_1 = 250$ В/м и $E_2 = 400$ В/м. Определить минимально и максимально возможное значение модуля напряжённости результирующего поля.

14. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора равна $\Delta\varphi = 20$ В, а напряжённость однородного электрического поля в конденсаторе равна $E = 2000$ В/м. Чему равно расстояние между пластинами конденсатора? Ответ записать в сантиметрах (см).

15*. Какую работу в микроджоулях (мкДж) совершает однородное электрическое поле напряжённостью $E = 100$ В/м при перемещении заряда $q = 2$ мкКл на $r = 2$ см в направлении, которое составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением силовых линий?

16*. Определить кинетическую энергию заряда $q = 1,41$ Кл, который из состояния покоя прошёл разность потенциалов $\Delta\varphi = 500$ В.

17*. Какую максимальную работу может совершить сила, которая действует на заряд $q = 10$ мкКл со стороны однородного электрического поля с напряжённостью $E = 15$ кВ/м, при его перемещении на $r = 2$ см?

18. Определить потенциальную энергию точечного заряда $q = 5$ мкКл, который поместили в электрическом поле в точку, потенциал которой равен $\varphi = 8000$ В.

19*. С какой силой притягиваются пластины конденсатора, если его энергия равна $W = 0,1$ Дж, а расстояние между пластинами $d = 4$ мм?

20*. Во сколько раз уменьшится сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов, если каждый заряд уменьшить в 2 раза и перенести их из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью, равной $\epsilon = 2,5$? Расстояние между зарядами не меняется.

21*. Одинаковые металлические шарики с зарядами $q_1 = 1$ мкКл и $q_2 = 4$ мкКл находятся на расстоянии $r = 1,00$ м друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние следует развести шарики, чтобы сила их кулоновского взаимодействия осталась прежней?

22*. Во сколько раз увеличится сила взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов, если значение каждого заряда уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними уменьшить в 4 раза?

23*. Во сколько раз уменьшится сила взаимодействия между маленькими одинаковыми металлическими шариками с зарядами $q_1 = 1 \text{ мкКл}$ и $q_2 = 3 \text{ мкКл}$, если их после соприкосновения развести на расстояние вдвое большее, чем первоначальное?

24*. Электрическое поле образовано наложением двух однородных полей с напряжённостями $E_1 = 200 \text{ В/м}$ и $E_2 = 300 \text{ В/м}$. Силовые линии этих полей направлены в одном направлении. Определить в микроньютонах (мкН) модуль силы, действующей на заряд $q = 0,3 \text{ мкКл}$, помещённый в некоторую точку этого поля.

25*. В однородном электрическом поле заряд $q = 0,37 \text{ Кл}$ движется вдоль силовой линии с постоянной скоростью. Определить модуль силы сопротивления движению, если напряжённость поля равна $E = 800 \text{ В/м}$.

26*. В однородном электрическом поле с напряжённостью $E = 50 \text{ В/м}$ находится в равновесии капелька с зарядом $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Определить в миллиграммах (мг) массу капельки.

27*. На какой угол в градусах отклонится от вертикали маленький шарик с зарядом $q = 400 \text{ мкКл}$ и массой $m = 4 \text{ г}$, который висит на шёлковой нити, если его поместить в горизонтальное однородное поле с напряжённостью $E = 100 \text{ В/м}$?

28*. Два точечных заряда $q_1 = 1 \text{ Кл}$ и $q_2 = 4 \text{ Кл}$ расположены в вакууме на расстоянии $r = 12 \text{ м}$ друг от друга. На каком расстоянии от второго заряда напряжённость электрического поля равна нулю?

29*. На расстоянии $r_1 = 4 \text{ м}$ от уединённого положительного точечного заряда потенциал электрического поля равен $\varphi = 100 \text{ В}$. Определить модуль вектора напряжённости поля на расстоянии $r_2 = 5 \text{ м}$ от заряда.

30*. Два точечных заряда $q_1 = +0,1 \text{ мкКл}$ и $q_2 = -0,1 \text{ мкКл}$ расположены в вакууме на расстоянии $r = 5 \text{ м}$ друг от друга. Определить потенциал электрического поля в точке, которая расположена на расстоянии $r_1 = 3 \text{ м}$ от первого заряда и $r_2 = 4 \text{ м}$ от второго.

31*. В трёх вершинах квадрата со стороной $a = 4,5 \text{ м}$ находятся положительные точечные заряды по $q = 0,1 \text{ мкКл}$ каждый. Найти потенциал электрического поля в четвертой вершине квадрата.

32*. На расстоянии $r_1 = 1 \text{ м}$ от центра заряжённого металлического шара радиусом $R = 3 \text{ м}$ потенциал электрического поля равен $\varphi = 3 \text{ В}$. Определить потенциал электрического поля на расстоянии $r_2 = 2 \text{ м}$ от центра шара.

33*. Металлическая сфера диаметром $d = 0,6 \text{ м}$ имеет заряд $q = 0,3 \text{ мкКл}$. Определить максимальное значение модуля напряжённости электрического поля, которое создаёт заряжённая сфера. Ответ записать в киловольтах на метр (кВ/м).

34*. Какую разность потенциалов должен пройти электрон, который находится в покое, чтобы приобрести кинетическую энергию $E_k = 150 \text{ эВ}$?

35*. Определить скорость пылинки массой $m = 0,01 \text{ г}$ и зарядом $q = 5 \text{ мкКл}$, когда она пройдет из состояния покоя ускоряющую разность потенциалов $U = 100 \text{ В}$.

Конденсаторы

Capacitors

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

– ёмкость единственного проводника, где q – заряд проводника; φ – потенциал проводника

C – capacitance of solitary conductor; q – charge of the conductor; φ – potential of conductor

$$C = \frac{q}{U}$$

– ёмкость конденсатора, где q – заряд конденсатора; U – напряжение между пластинами

C – capacitance of a capacitor; q – magnitude of the charge on each plate; U – magnitude of the potential difference between the plates (voltage)

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

– ёмкость плоского конденсатора, где S – площадь пластины; d – расстояние между пластинами; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды между пластинами конденсатора; ϵ_0 – электрическая постоянная

C – capacitance of a parallel-plate capacitor; S – plate area; d – distance between the plates; ϵ – dielectric constant of medium between capacitor plates; ϵ_0 – electric constant (permittivity of free space)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$$

– напряжённость поля между пластинами плоского конденсатора; σ – поверхностная плотность заряда

E – electric field between plates of parallel-plate capacitor; σ – surface charge density

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

– ёмкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении, где C_i – ёмкость отдельного конденсатора

C – equivalent capacitance of capacitors connected in series; C_i – capacitance of separate capacitor; n – a number of capacitors

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

– ёмкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, где C_i – ёмкость отдельного конденсатора

C – equivalent capacitance of capacitors in parallel; C_i – capacitance of separate capacitor

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

– энергия электростатического поля плоского заряженного конденсатора, где q – заряд конденсатора; U – напряжение между пластинами; C – ёмкость

W – the electric energy stored in charged parallel-plate capacitor in terms of two quantities: C – capacitance of a capacitor; q – charge of separate plate; U – voltage between the plates

1. Во сколько раз заряд конденсатора ёмкостью $C_1 = 4 \text{ мкФ}$ меньше заряда конденсатора ёмкостью $C_2 = 6 \text{ мкФ}$ при одинаковом напряжении на обкладках?

2. Заряд конденсатора $q = 0,03 \text{ Кл}$, разность потенциалов на его обкладках $\Delta\varphi = 20 \text{ В}$. Определить ёмкость конденсатора. Ответ записать в миллифарадах (мФ).

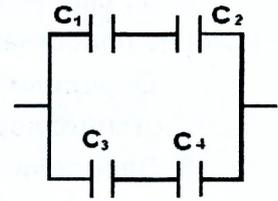
3. Электрический заряд на одной пластине конденсатора $q_1 = +3 \text{ мкКл}$, на другой $q_2 = -3 \text{ мкКл}$, напряжение между пластинами $U = 6 \text{ В}$. Чему равна ёмкость конденсатора в микрофарадах (мкФ)?

4. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин. Во сколько раз возрастёт ёмкость конденсатора при увеличении диаметра пластин вдвое? Расстояние между пластинами не меняется.

5. Во сколько раз возрастёт ёмкость плоского конденсатора при увеличении заряда на его обкладках в 2 раза? Размеры конденсатора не меняются.
6. Во сколько раз увеличится энергия электрического поля в конденсаторе, если заряд на пластинах конденсатора увеличить в 2 раза?
7. Определить энергию конденсатора, если его заряд равен $q = 0,03 \text{ Кл}$, а разность потенциалов между обкладками составляет $\Delta\varphi = 1000 \text{ В}$.
8. Определить энергию конденсатора ёмкостью $C = 3 \text{ мкФ}$, который зарядили до разности потенциалов $\Delta\varphi = 3000 \text{ В}$.
9. Заряд на пластинах конденсатора равен 30 мКл . Определить энергию этого конденсатора ёмкостью $C = 50 \text{ мкФ}$.
10. Металлический шар радиуса $R = 5,4 \text{ см}$ погружен в трансформаторное масло. Электроёмкость шара $C = 13,2 \text{ пФ}$. Определить диэлектрическую проницаемость масла.
- 11*. Расстояние между обкладками плоского конденсатора $d = 5 \text{ см}$, а разность потенциалов $U = 500 \text{ В}$. С какой силой поле внутри конденсатора действует на заряд $q = 0,007 \text{ мкКл}$, который поместили посередине между обкладками? Ответ дать в микроньютонах (мкН).
12. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора равна $\Delta\varphi = 20 \text{ В}$, а напряжённость однородного электрического поля в конденсаторе равна $E = 2000 \text{ В/м}$. Чему равно расстояние между пластинами конденсатора? Ответ записать в сантиметрах (см).
- 13*. В пространство между обкладками заряженного и отключённого от источника конденсатора вдвигают параллельно обкладкам ровно посередине незаряжённую металлическую пластинку толщиной $h = 1 \text{ мм}$. Во сколько раз уменьшится при этом напряжение на обкладках, если расстояние между ними равно $d = 3 \text{ мм}$?
- 14*. Расстояние между пластинами заряженного и отключённого от цепи плоского конденсатора увеличивается в 2 раза. Во сколько раз возрастёт при этом энергия электрического поля в конденсаторе?
- 15*. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U = 300 \text{ В}$ и отключен от источника тока. Определить в миллиджоулях (мДж) работу внешней силы по увеличению расстояния между пластинами конденсатора вдвое. Заряд конденсатора $q = 100 \text{ мкКл}$.
- 16*. Воздушный конденсатор ёмкостью $C = 32 \text{ мкФ}$ заряжен до напряжения $U = 100 \text{ В}$ и отключён от источника питания. Какую работу совершат силы электростатического поля при заполнении всего объёма между пластинами диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью, равной $\epsilon = 4$? Ответ записать в миллиджоулях (мДж).
- 17*. Плоский воздушный конденсатор, расстояние между обкладками которого $d_1 = 1 \text{ см}$, зарядили до разности потенциалов $U = 100 \text{ В}$, а затем отключили от источника напряжения и раздвинули обкладки до расстояния $d_2 = 2 \text{ см}$. Определить разность потенциалов между обкладками после того, как их раздвинули.
- 18*. Конденсатор ёмкостью $C_1 = 2 \text{ мкФ}$ заряжают до напряжения $U_1 = 110 \text{ В}$ и отключают от источника тока. Затем к нему параллельно подключают конденсатор неизвестной ёмкости, который при этом заряжается до напряжения $U_2 = 44 \text{ В}$. Определить ёмкость второго конденсатора.

19.* Заряженный до напряжения $U_1 = 300 \text{ В}$ конденсатор ёмкостью $C_1 = 50 \text{ мкФ}$ соединяют параллельно с незаряженным конденсатором ёмкостью $C_2 = 100 \text{ мкФ}$. Какой заряд появится на втором конденсаторе?

20*. Найти электроёмкость батареи конденсаторов, где $C_1 = C_2 = 2 \text{ мкФ}$, $C_3 = C_4 = 4 \text{ мкФ}$.



Законы постоянного тока Laws of Direct Current Circuit

$$I = \frac{q}{t} = en\langle v \rangle S$$

$$j = \frac{I}{S} = en\langle v \rangle$$

– сила постоянного тока, где q – заряд, который проходит через поперечное сечение проводника за время t ; e – элементарный заряд; n – концентрация свободных зарядов в проводнике; $\langle v \rangle$ – средняя скорость направленного движения свободных зарядов; S – площадь поперечного сечения проводника

– плотность постоянного тока

I – electric current; q – charge passed through the plane cross-sectional surface of conductor for the time t ; e – elementary charge; n – concentration of free charges (number of charge carriers per unit volume); $\langle v \rangle$ – drift velocity (average velocity of directional moving of free charges); S – cross-sectional area of conductor; j – electric current density

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

– сопротивление проводника, где l – длина проводника; S – площадь поперечного сечения; ρ – удельное сопротивление

R – resistance of conductor; l – length of conductor (section); S – cross-sectional area of conductor; ρ – resistivity

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

– удельное сопротивление при температуре T , где ρ_0 – удельное сопротивление при температуре T_0 ; α – температурный коэффициент сопротивления

temperature dependence of the resistivity of metals; ρ – resistivity at temperature T ; ρ_0 – resistivity at a reference temperature T_0 ; α – temperature coefficient of resistivity

$$I = \frac{U}{R}$$

– закон Ома для участка цепи; I – сила тока, который идет через проводник (участок цепи); U – напряжение на участке цепи; R – сопротивление участка

Ohm's Law for the section of conductor; U – magnitude of the potential difference across the section of conductor (voltage); I – electric current; R – resistance of conductor section

$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

– сопротивление участка цепи проводников, которые соединили последовательно; где R_i – сопротивление i -го проводника; n – число проводников

R – equivalent resistance in section of resistors connected in series; R_i – resistance of separate resistor; n – number of resistors

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

– сопротивление участка цепи проводников, которые соединили параллельно; где R_i – сопротивление i -го проводника; n – число проводников

R – equivalent resistance in section of resistors connected in parallel; R_i – resistance of separate resistor; n – number of resistors

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

– закон Ома для замкнутой (полной) цепи, где ε – ЭДС (электродвижущая сила) источника; R – внешнее сопротивление; r – внутреннее сопротивление (сопротивление источника); I – сила тока в цепи

Ohm's Law for closed circuit (complete circuit); ε – electromotive force (e.m.f.); r – internal resistance (resistance of battery); R – external resistance; I – electric current

$$I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$$

– закон Ома для замкнутой (полной) цепи, которая содержит батарею из n источников ЭДС, соединенных параллельно; ε и r – ЭДС и внутреннее сопротивление одного источника

Ohm's Law for circuit with battery of n identical e.m.f.-sources connected in parallel; \mathcal{E} and r – electromotive force and internal resistance of separate e.m.f.-source

$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr}$$

– закон Ома для замкнутой (полной) цепи, которая содержит батарею из n источников ЭДС, соединенных последовательно; \mathcal{E} и r – ЭДС и внутреннее сопротивление одного источника

Ohm's Law for circuit with battery of n identical e.m.f.-sources connected in series; ε and r – electromotive force and internal resistance of separate e.m.f.-source

$$A = \frac{U^2}{R}t = IUt = I^2Rt = Q$$

– закон Джоуля-Ленца; A – работа тока на участке цепи; Q – количество теплоты, которое выделяется в цепи при прохождении тока, где t – время протекания тока

Joule's Law; Q – the electric energy dissipated as heat; A – work of current on section; t – time

$$P = \frac{A}{t} = \frac{U^2}{R} = IU = I^2R = \frac{Q}{t}$$

– мощность тока на участке цепи; U , I и R – напряжение, сила тока и сопротивление на участке цепи

P – power dissipated in the resistor; U , I and R – magnitudes of voltage, electric current and resistance of conductor section (resistor) respectively

$$\eta = \frac{P_{II}}{P_{II}} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r}$$

– КПД источника тока; P_{II} – полезная мощность; P_{II} – мощность источника

η – efficiency factor of e.m.f.-source (current source); P_{II} – power dissipated as heat in a resistor; P_{II} – power of e.m.f.-source (current source)

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

– работа электростатического поля по перемещению заряда q из точки 1 с потенциалом φ_1 в точку 2 с потенциалом φ_2

A – work of electrostatic forces in bringing positive charge q from point 1 with potential φ_1 to the point 2 with potential φ_2

1. Найти значение заряда, который проходит через поперечное сечение проводника за $t = 3$ мин, если сила тока в проводнике равна $I = 0,1$ А.

2*. Число свободных электронов в $V = 1,0$ м³ меди равно $N = 10^{28}$. Найти значение скорости направленного движения электронов в медном проводе с площадью поперечного сечения $S = 5$ мм², по которому протекает ток силой $I = 4,0$ А. Ответ получить в миллиметрах в секунду (мм/с).

3. Найти в квадратных миллиметрах (мм^2) площадь поперечного сечения проводника сопротивлением $R = 0,5 \text{ Ом}$, если удельное сопротивление материала проводника равно $\rho = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а его длина $L = 50,0 \text{ м}$.
4. Удельное сопротивление материала проводника $\rho = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Найти сопротивление проводника длиной $L = 10 \text{ м}$ и площадью сечения $S = 1 \text{ мм}^2$.
5. Напряжение, которое приложили к участку цепи, равно $U = 168 \text{ В}$. Сила тока в цепи равна $I = 7 \text{ А}$. Найти сопротивление участка цепи.
6. Какое максимальное сопротивление можно получить, если соединить резисторы $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и $R_3 = 70 \text{ Ом}$?
7. По резистору сопротивлением $R = 7 \text{ Ом}$ протекает электрический ток силой $I = 24 \text{ А}$. Определить падение напряжения на этом резисторе.
8. Параллельно амперметру, который имеет сопротивление $R = 0,01 \text{ Ом}$, включен вольтметр. Найти показания амперметра, если напряжение, измеренное вольтметром, равно $U = 2 \text{ мВ}$.
9. Источник тока замкнут на резистор сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$. ЭДС источника тока равна $\epsilon = 12 \text{ В}$. Определить внутреннее сопротивление источника, если сила тока в цепи равна $I = 2 \text{ А}$.
10. Мотор подключен к сети с напряжением $U = 220 \text{ В}$. Найти работу, которую совершает мотор при прохождении по его обмотке заряда $q = 2 \text{ Кл}$, если вся электрическая энергия превратилась в механическую работу.
11. По неподвижному проводнику сопротивлением $R = 2 \text{ Ом}$ течет ток силой $I = 3 \text{ А}$. Определить время, за которое в проводнике выделится количество теплоты, равное $Q = 90 \text{ Дж}$.
- 12*. Определить напряжение, подведенное к электроплитке, если её сопротивление $R = 12,1 \text{ Ом}$, а мощность $P = 1 \text{ кВт}$.
13. В проводнике сопротивлением $R = 6 \text{ Ом}$ за $t = 3 \text{ с}$ выделяется $Q = 72 \text{ Дж}$ теплоты. Найти силу тока в проводнике.
- 14*. При прохождении по спирали кипятильника заряда $q = 2 \text{ Кл}$ выделяется $Q = 30 \text{ Дж}$ теплоты. Определить напряжение, приложенное к спирали.
15. В неподвижном проводнике при протекании электрического тока силой $I = 2 \text{ А}$ за $t = 4 \text{ с}$ выделяется $Q = 160 \text{ Дж}$ теплоты. Найти сопротивление проводника.
- 16*. Во сколько раз возрастёт сопротивление медного провода при увеличении площади поперечного сечения в 2 раза, а длины провода в 3 раза?
- 17*. Моток медной проволоки имеет массу $m = 1,78 \text{ кг}$ и сопротивление $R = 3,4 \text{ Ом}$. Определить в квадратных миллиметрах (мм^2) поперечное сечение проволоки. Удельное сопротивление меди $\rho_{\text{уд}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а плотность меди – $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- 18*. Два проводника при последовательном соединении дают сопротивление $R_1 = 27 \text{ Ом}$, а при параллельном соединении – $R_2 = 6 \text{ Ом}$. Определить модуль разности сопротивлений этих проводников.
- 19*. К источнику тока подсоединили провод длиной $L_1 = 3 \text{ м}$, сила тока в котором равна $I_1 = 1 \text{ А}$. Найти силу тока при увеличении длины провода до $L_2 = 15 \text{ м}$ при неизменном напряжении источника тока.

20*. Проводники сопротивлением $R_1 = 1,0 \text{ Ом}$ и $R_2 = 2,0 \text{ Ом}$ соединены последовательно. Определить силу тока в первом проводнике, если напряжение на втором проводнике равно $U_2 = 3,0 \text{ В}$.

21*. Падение напряжения на участке цепи сопротивлением $R = 7 \text{ Ом}$ равно $U = 168 \text{ В}$. Какой заряд пройдет в цепи за $t = 0,1 \text{ ч}$?

22*. При сопротивлении нагрузки $R_1 = 4,0 \text{ Ом}$ в электрической цепи идет ток, равный $I = 0,2 \text{ А}$, а при сопротивлении нагрузки $R_2 = 7,0 \text{ Ом}$ ток $I_2 = 0,14 \text{ А}$. Определить ЭДС источника тока.

23*. ЭДС источника тока $\varepsilon = 2,17 \text{ В}$, внутреннее сопротивление $r = 1 \text{ Ом}$. К источнику подключен резистор сопротивлением $R = 2 \text{ Ом}$. Какую силу тока в этой цепи покажет амперметр сопротивлением $R_A = 0,1 \text{ Ом}$?

24*. Два резистора сопротивлением $R_1 = 2 \text{ Ом}$ и $R_2 = 5 \text{ Ом}$ соединены последовательно и включены в сеть постоянного напряжения. Какая мощность выделяется на резисторе R_2 , если на резисторе R_1 выделяется мощность $P_1 = 30 \text{ Вт}$?

25*. Источник тока замкнут внешним резистором. Определить в процентах КПД источника тока, если ЭДС источника тока равна $\varepsilon = 10 \text{ В}$, а падение напряжения на клеммах источника составляет $U = 6,5 \text{ В}$.

Магнитное поле тока. Сила Ампера. Сила Лоренца

Magnetic Field. Ampere Force. Lorentz Force.

$$B = \frac{M_{\max}}{p_m}$$

– модуль индукции магнитного поля, где M_{\max} – максимальный вращающий момент, который действует на рамку с током; $p_m = IS$ – магнитный момент; I – сила тока в рамке; S – площадь рамки

B – magnitude of uniform magnetic field (induction of magnetic field); M_{\max} – maximum of magnetic torque on the loop; p_m – magnetic dipole moment; I – current; S – area of the loop

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

– принцип суперпозиции магнитных полей, где \vec{B} – индукция результирующего магнитного поля; \vec{B}_i – индукция i -го магнитного поля

principle of superposition of magnetic fields; \vec{B} – resultant of magnetic field; B_i – induction of separate magnetic field

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi \cdot r}$$

– индукция магнитного поля прямолинейного тока, где r – расстояние от проводника до точки, в которой определяют вектор \vec{B} ; μ_0 – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды; I – сила тока в проводнике

B – magnitude of magnetic field from a long, straight current-carrying wire; μ_0 – permeability of vacuum; μ – permeability of medium; r – perpendicular distance from a wire to the point in which vector is determined

$$\mu = \frac{B_0}{B}$$

– магнитная проницаемость среды, где B – магнитная индукция поля в среде; B_0 – магнитная индукция поля в вакууме

μ – permeability of medium; B – magnitude of the magnetic field in medium; B_0 – magnitude of the magnetic field in vacuum

$$B = \mu\mu_0 nI$$

– индукция магнитного поля на оси соленоида, где $n = \frac{N}{l}$ – число витков на единицу длины; N – общее число витков; l – длина соленоида; I – сила тока в соленоиде

B – magnitude of magnetic field on the axis of solenoid; $n = \frac{N}{l}$ – number of turns per unit of length; N – the total number of turns; l – length of solenoid; I – current in the solenoid

$$B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$

– индукция магнитного поля в центре кругового проводника с током, где R – радиус кругового проводника; I – сила тока в проводнике

B – magnitude of magnetic field of a current loop in the centre of circulation conductor; R – radius of conductor; I – current; μ_0 – permeability of vacuum; μ – permeability of medium

$$F_A = IBl \sin \alpha$$

– сила Ампера, где I – сила тока в проводнике; B – индукция магнитного поля; l – длина проводника; α – угол между направлением тока и вектором магнитной индукции \vec{B}

F_A – magnetic force on the section of conductor; I – current in the conductor; B – magnitude of the magnetic field; l – length of the conductor; α – angle between current direction and vector \vec{B}

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

– сила Лоренца, где q – заряд движущейся частицы; v – скорость частицы; α – угол между направлением скорости и вектором магнитной индукции \vec{B}

F_L – Lorentz force; q – charge of moving particle; v – velocity of the particle; B – magnitude of magnetic field; α – angle between velocity and vector \vec{B}

1. Определить силу тока в прямолинейном проводе, если в точке, которая находится в воздухе на расстоянии $r = 10$ см от проводника, магнитная индукция равна $B = 4 \cdot 10^{-6}$ Тл.

2*. Два длинных прямолинейных проводника расположены на расстоянии $r = 10$ см параллельно друг другу. По проводникам текут одинаковые токи $I = 5$ А, но в противоположных направлениях. Найти величину индукции магнитного поля в точке, которая находится на расстоянии $a = 10$ см от каждого проводника.

3. Два бесконечных прямолинейных проводника расположены в вакууме параллельно друг другу на расстоянии $r = 50$ см. В первом проводнике течёт ток $I_1 = 20,0$ А, во втором ток $I_2 = 24,0$ А. Определить индукцию магнитного поля в точке, которая расположена на расстоянии $a = 40$ см от первого проводника и $b = 30$ см от второго, если токи в них направлены противоположно.

4*. По двум прямолинейным проводникам, которые расположены в воздухе, в одном направлении протекают токи, значения которых $I_1 = 3,0$ А и $I_2 = 4,0$ А. В точке, которая лежит посередине между проводниками, модуль индукции результирующего магнитного поля равен $B = 0,20$ мкТл. Найти расстояние между проводниками.

5*. Определить индукцию магнитного поля в точке, которая находится в воздухе, на расстоянии $r = 10$ см от бесконечно длинного прямолинейного проводника с током. Диаметр проводника равен $d = 0,5$ мм, плотность тока в проводнике $j = 1$ А/мм².

6*. Два круговых витка расположены в вакууме во взаимно перпендикулярных плоскостях так, что их центры совпадают. Радиусы витков соответственно равны $R_1 = 20$ см и $R_2 = 30$ см. Сила тока в витках одинакова и равна $I = 1,0$ А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.

7. При наложении двух однородных полей модуль вектора индукции результирующего поля оказался равным $B_p = 0,3$ Тл. Определить максимально возможное значение модуля индукции второго поля, если модуль индукции первого поля равен $B_1 = 0,2$ Тл.

8. Магнитное поле образовано наложением двух однородных магнитных полей. Модуль индукции первого поля равен $B_1 = 5$ мТл. Определить в миллитеслах (мТл) минимально возможное значение модуля индукции второго поля, если модуль индукции результирующего поля равен $B_p = 2$ мТл.

9. Магнитное поле образовано наложением двух однородных полей с индукцией $B_1 = 0,3$ Тл и $B_2 = 0,4$ Тл, силовые линии которых взаимно перпендикулярны. Определить модуль вектора магнитной индукции результирующего поля.

10*. Круговой виток радиусом $R = 20$ см расположен в однородном магнитном поле, модуль индукции которого $B_0 = 20$ мкТл, так, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Если сила тока в витке $I = 5,0$ А. Найти максимальное и минимальное значения модуля индукции результирующего поля в центре витка.

11. Прямолинейный проводник длиной $L = 1,0$ м, с током $I = 3,0$ А помещён в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2$ Тл. Определить модуль силы, действующей на проводник со стороны поля, если направление тока составляет с линиями индукции угол $\alpha = 30^\circ$.

12*. На проводник с током действует со стороны однородного магнитного поля сила Ампера, которая равна $F = 4$ Н. Определить модуль силы Ампера, если силу тока в проводнике увеличить вдвое, а длину и ориентацию в пространстве оставить неизменными.

13. На линейный проводник с током $I = 5$ А со стороны однородного магнитного поля действует сила $F = 0,15$ Н. Определить длину проводника, если индукция поля $B = 0,02$ Тл и проводник расположен под углом $\alpha = 30^\circ$ к силовым линиям поля.

14*. Во сколько раз возрастёт модуль силы магнитного взаимодействия двух параллельных проводников с током, если силу тока в каждом проводнике увеличить в 3 раза?

15*. На прямолинейный проводник с площадью сечения $S = 0,2$ см² в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл действует максимально возможная для поля сила Ампера, численно равная силе тяжести. Найти плотность материала проводника, если сила тока равна $I = 5$ А.

16*. На тонких нитях висит горизонтально расположенный стержень длиной $L = 2$ м и массой $m = 0,5$ кг. Стержень находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл, которая направлена вниз. На сколько градусов отклонятся нити от вертикали, если по стержню пропустить ток $I = 5$ А?

17*. В горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Тл находится прямолинейный проводник, масса единицы длины которого равна $m = 0,01$ кг/м. Какова сила тока, который идёт по проводнику, если он висит и не падает?

18*. Найти модуль равнодействующей сил, которые действуют на проводник в форме квадрата площадью $S = 100 \text{ см}^2$ со стороны однородного магнитного поля с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$, если все стороны квадрата перпендикулярны силовым линиям, а сила тока в проводнике равна $I = 10 \text{ А}$.

19. На частицу с зарядом $q = 1 \text{ мкКл}$, которая влетает в однородное магнитное поле со скоростью $V = 10 \text{ м/с}$ перпендикулярно силовым линиям, действует сила в $F = 1 \text{ мкН}$. Определить индукцию магнитного поля.

20. На заряженную частицу, которая влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ со скоростью $V = 10 \text{ м/с}$ перпендикулярно силовым линиям, действует со стороны поля сила в $F = 1 \text{ мкН}$. Определить в микрокулонах (мкКл) заряд частицы.

21*. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле. Скорости частиц направлены перпендикулярно силовым линиям поля. Во сколько раз период обращения протона в магнитном поле меньше периода обращения альфа-частицы?

22*. На частицу со стороны однородного магнитного поля действует сила Лоренца, равная $F = 6 \text{ мкН}$. Определить в микроньютонках (мкН) модуль силы Лоренца, которая действует со стороны поля на эту частицу, если значение её скорости станет в 2 раза больше, а направление не изменится.

23*. Пылинка с зарядом $q = 1 \text{ мкКл}$ и массой $m = 1 \text{ мг}$ влетает в однородное магнитное поле и движется по окружности. Определить период обращения пылинки, если модуль индукции поля равен $B = 1,0 \text{ Тл}$.

24. Рамка площадью $S = 100 \text{ см}^2$ помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$. Найти значение максимального момента сил, которые действуют на рамку, если в ней течет ток силой $I = 10,0 \text{ А}$.

Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля

Electromagnetic Induction. Magnetic Field Energy

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

– магнитный поток; S – площадь поверхности, которую пронизывают линии магнитной индукции; α – угол между направлением нормали к поверхности и вектором магнитной индукции \vec{B}

Φ – magnetic flux; B – magnitude of the magnetic field; S – square of the surface penetrated by lines of magnetic field; α – angle between direction of normal to the surface and vector \vec{B}

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

– закон электромагнитной индукции, где $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ – скорость изменения магнитного потока; $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока; Δt – промежуток времени, за которое это изменение произошло

Faraday's Law (law of electromagnetic induction); ε_i – e.m.f. is induced in a loop; $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ – rate of change of the magnetic flux for a surface bounded by the loop

$$\varepsilon_i = Blv \sin \alpha$$

– ЭДС индукции в движущемся проводнике, где v – скорость движения проводника; B – модуль индукции магнитного поля, в котором движется проводник; l – длина проводника; α – угол между скоростью проводника и вектором магнитной индукции

ε_i – the e.m.f. induced by a moving wire (induction voltage); B – magnitude of the magnetic field, where the wire moves; l – length of wire; v – speed of wire moving; α – angle between velocity and vector \vec{B}

$$\Phi = LI$$

– магнитный поток через контур, где L – индуктивность контура; I – сила тока в контуре

Φ – magnetic flux passing through the loop; I – current in the loop; L – inductance of the loop

$$\varepsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

– ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке (контуре) при изменении тока; L – индуктивность катушки (контурa); ΔI – изменение тока за время Δt

ε_{si} – self-induced e.m.f. in the loop (solenoid); L – inductance of the loop (solenoid); $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – the rate of change of the current

$$L = \mu\mu_0 n^2 V$$

– индуктивность соленоида, где $n = \frac{N}{l}$ – число витков на единицу длины; N – общее число витков; l – длина соленоида; V – объём соленоида

L – inductance of a long, tightly wound solenoid $n = \frac{N}{l}$ – number of turns per unit of length;

N – the total number of turns; l – length of solenoid; S – cross-sectional area; μ_0 – permeability of vacuum; μ – permeability of medium; V – volume of solenoid

$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

– энергия магнитного поля проводника с током

W_M – energy of magnetic field stored in the inductor (in a coil)

1. Найти магнитный поток, который пронизывает рамку площадью $S = 50 \text{ см}^2$, если магнитная индукция равна $B = 0,4 \text{ Тл}$, а поверхность рамки перпендикулярна к линиям магнитной индукции. Ответ выразить в милливолтах (мВб).

2. Силовые линии однородного магнитного поля пересекают площадку в $S = 0,02 \text{ м}^2$ под прямым углом. Определить модуль вектора индукции магнитного поля, если поток магнитной индукции, который пронизывает площадку, равен $\Phi = 0,04 \text{ Вб}$.

3. Силовые линии однородного магнитного поля с индукцией $B = 0,3 \text{ Тл}$ параллельны плоскости квадрата со стороной $a = 0,5 \text{ м}$. Определить поток магнитной индукции, который пронизывает плоскость квадрата.

4. Силовые линии однородного магнитного поля пересекают площадку в $S = 0,02 \text{ м}^2$ под прямым углом. Определить поток магнитной индукции, пронизывающий площадку, если индукция магнитного поля равна $B = 2 \text{ Тл}$.

5. Поток магнитной индукции через площадку, расположенную в магнитном поле, равен $\Phi = 0,3 \text{ Вб}$. Определить модуль изменения магнитного потока при повороте площадки на $\alpha = 180^\circ$ относительно оси, которая лежит в плоскости площадки.

6. Поток магнитной индукции, сцепленный с контуром индуктивностью $L = 0,01 \text{ Гн}$, равен $\Phi = 0,6 \text{ Вб}$. Найти силу тока в контуре.

7. Определить величину магнитного потока, сцепленного с контуром индуктивностью $L = 12 \text{ мГн}$, при протекании по нему тока силой $I = 5 \text{ А}$.

8. При подключении катушки индуктивностью $L = 3 \text{ Гн}$ к источнику ЭДС в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная $\epsilon_{si} = 1,5 \text{ В}$. Через какой промежуток времени сила тока в катушке будет равна $I = 50 \text{ А}$?

9. За какое время произошло изменение тока на $\Delta I = 2 \text{ А}$ в контуре с индуктивностью $L = 5 \text{ мГн}$, если средняя ЭДС самоиндукции, которая возникла в контуре, равна $\epsilon_{si} = 0,2 \text{ В}$?

10. Определить модуль изменения потока магнитной индукции через площадку за время, равное $t = 0,1 \text{ с}$, если в контуре, который ограничивает площадку, возникает средняя ЭДС индукции $\epsilon_i = 0,2 \text{ В}$.

11. За какое время произошло изменение потока магнитной индукции, который пронизывает площадь, ограниченную замкнутым проводником, на $\Delta\Phi = 0,15 \text{ Вб}$, если средняя ЭДС индукции в проводнике оказалась равной $\epsilon_i = 0,5 \text{ В}$?

12. В катушке, которая состоит из $N = 75$ витков, магнитный поток равен $\Phi = 4,5 \text{ мВб}$. За какое время поток уменьшается до нуля, если средняя ЭДС, возникающая при этом, равна $\epsilon = 0,75 \text{ В}$?

13. Каково изменение силы тока в контуре индуктивностью $L = 3 \text{ мГн}$ за $t = 0,05 \text{ с}$, если в нём возникла средняя ЭДС самоиндукции равная $\epsilon_{si} = 0,36 \text{ В}$.

14. Поток магнитной индукции через площадь, ограниченную замкнутым контуром, меняется со скоростью $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 3 \text{ Вб/с}$. Определить ЭДС индукции, возникающую в контуре.

15. Определить индуктивность контура в миллигенри (мГн), если при уменьшении тока на $\Delta I = 3 \text{ А}$ за время $t = 0,08 \text{ с}$ в нём возникает средняя ЭДС самоиндукции $\epsilon_{si} = 0,12 \text{ В}$.

16. Определить силу тока, который протекает по катушке с индуктивностью $L = 0,25 \text{ мГн}$, если энергия магнитного поля катушки равна $W = 2 \text{ мДж}$?

17*. Имеются два замкнутых проводящих контура. Во сколько раз индуктивность первого контура больше индуктивности второго, если в первом контуре возникает ЭДС самоиндукции $\epsilon_{si1} = 3,6 \text{ В}$, а во втором – $\epsilon_{si2} = 1,2 \text{ В}$ при одинаковой скорости изменения силы тока?

18*. Кольцо, которое изготовили из проволоки с удельным сопротивлением $\rho = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ Ом}\cdot\text{м}$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,10 \text{ Тл}$. Какой максимальный заряд пройдет по кольцу при выключении поля, если длина проволоки равна $L = 3,14 \text{ м}$, а её поперечное сечение составляет $S = 1,0 \text{ мм}^2$?

19*. Виток площадью $S = 100 \text{ см}^2$ находится в магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$. Плоскость витка перпендикулярна линиям поля. Определить среднее значение ЭДС индукции при выключении поля за $t = 0,01 \text{ с}$.

20*. Сколько витков должна иметь катушка, чтобы при изменении магнитного потока внутри нее от $\Phi_1 = 0,024 \text{ Вб}$ до $\Phi_2 = 0,056 \text{ Вб}$ за промежуток времени $t = 0,32 \text{ с}$ в катушке возникла средняя ЭДС индукции $\epsilon_i = 10 \text{ В}$?

21*. Контур площадью $S = 2,0 \text{ м}^2$ и сопротивлением $R = 0,003 \text{ Ом}$ находится в однородном поле, индукция которого возрастает на $\Delta B = 0,5 \text{ мТл}$ за одну секунду. Найти максимальное количество теплоты, которое выделяется в контуре за $t = 1 \text{ ч}$.

22*. Кольцо радиусом $r = 1,0 \text{ м}$ и сопротивлением $R = 0,1 \text{ Ом}$ помещено в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Плоскость кольца перпендикулярна вектору индукции поля. Какой заряд пройдет через поперечное сечение кольца при исчезновении поля?

23*. Во сколько раз уменьшится энергия магнитного поля катушки, если силу тока уменьшить на 50 %?

24*. Определить энергию магнитного поля катушки, в которой при токе $I = 7,5$ А магнитный поток равен $\Phi = 4$ мВб. Число витков в катушке $N = 100$.

Электромагнитные колебания в контуре

Electromagnetic Oscillations in Circuit

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

– период свободных колебаний в контуре, где L – индуктивность контура, C – ёмкость конденсатора

T – period of free oscillations in LC-circuit; L – inductance; C – capacitance

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

– циклическая частота свободных колебаний в контуре; ν – частота свободных колебаний в контуре

ω_0 – angular frequency of free oscillations in LC-circuit; ν – frequency of the oscillations

$$W = W_E + W_B = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$$

– полная энергия колебательного контура, где q – заряд на конденсаторе; I – сила тока в контуре

W – electromagnetic energy of LC-circuit; q – charge on the capacitor; I – current in the circuit; W_E – electric energy stored in a charged capacitor; W_B – magnetic energy stored in a current-carrying inductor

$$W = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2}$$

– полная энергия колебательного контура, где I_0 – амплитудное значение силы тока, q_0 – максимальное значение заряда на конденсаторе

W – total energy of oscillating circuit; I_0 – amplitude of the oscillating current; q_0 – amplitude of a charge on the capacitor

$$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

– мгновенное значение заряда на конденсаторе, где $\varphi = \omega t + \varphi_0$ – фаза колебаний; ω – циклическая частота; ν – частота переменного тока; φ_0 – начальная фаза; q_0 – максимальный заряд

oscillating charge versus time (instantaneous oscillating charge); $\varphi = \omega t + \varphi_0$ – phase of oscillations; ω – angular frequency of the oscillations; ν – frequency of the oscillations; φ_0 – phase constant; q_0 – maximum charge

$$U = U_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

– мгновенное значение напряжения; U_0 – максимальное значение напряжения

oscillating voltage versus time (instantaneous oscillating voltage); U_0 – maximum voltage

$$U_0 = \frac{q_0}{C}$$

– амплитудное (максимальное) значение напряжения

U_0 – maximum voltage (the amplitude of the oscillating voltage)

$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$$

– мгновенное значение силы тока

oscillating current versus time (instantaneous oscillating current); I_0 – maximum current

$$I_0 = q_0 \omega$$

– амплитудное (максимальное) значение силы тока

I_0 – maximum current (the amplitude of the oscillating current)

1. Частота в колебательном контуре равна $\nu = 10^4$ Гц. Амплитудное значение силы тока в контуре $I = 0,1$ А. Найти максимальный заряд на обкладках конденсатора.
2. Контур настроен на приём электромагнитных волн с циклической частотой $\omega = 10000$ рад/с. Определить индуктивность контура, если ёмкость равна $C = 0,2$ мкФ.
3. Сила тока в цепи изменяется с течением времени по закону $I = 5 \cdot \sin 200\pi t$, (А). Определить амплитудное значение силы тока, частоту и период. Найти силу тока для фазы $\varphi_1 = \pi/4$.
4. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 0,01$ мкФ и катушки, индуктивность которой равна $L = 0,01$ мГн. На какую длину волны настроен контур?
5. Полная энергия колебаний в контуре равна $W = 5$ Дж. Найти максимальную силу тока в контуре, если индуктивность катушки равна $L = 0,1$ Гн.
6. Определить частоту и период колебаний в контуре с катушкой индуктивности $L = 0,5$ мГн и конденсатором ёмкостью $C = 450$ пФ.
7. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 2$ мГн и конденсатора, ёмкость которого может меняться от $C_1 = 20$ пФ до $C_2 = 320$ пФ. Найти диапазон частот, на которые может быть настроен колебательный контур.
8. Сигнал радиолокатора возвратился от цели через 0,3 мс. Каково расстояние до цели?
- 9*. Определить ёмкость конденсатора C и полную энергию W колебательного контура, индуктивность катушки которого $L = 1$ мГн, если сила тока I в контуре изменяется с течением времени по закону $I = 20 \cdot \cos(10^4 t + \pi/2)$, (мА).
10. Период колебаний в электромагнитном контуре возрастает в 2 раза за счет увеличения ёмкости конденсатора. Во сколько раз увеличили ёмкость конденсатора?
- 11*. Индуктивность контура равна $L = 0,01$ Гн, а ёмкость $C = 1$ мкФ. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U = 200$ В. Какой наибольший ток возникает в контуре в процессе электромагнитных колебаний?
- 12*. Сила тока в колебательном контуре меняется по закону: $I = 4 \cdot \sin 2000t$, (А). Определить в милликулонах (мКл) максимальный заряд на обкладках конденсатора.
- 13*. Ток в колебательном контуре меняется по закону: $I = 6 \cdot \sin \varphi$, где φ – фаза колебаний. Найти энергию электрического поля в конденсаторе, когда фаза колебаний равна $\varphi = \pi/3$. Индуктивность контура равна $L = 0,1$ Гн.
- 14*. Колебательный контур составлен из катушки индуктивностью $L = 0,1$ Гн и конденсатора ёмкостью $C = 10$ мкФ. Когда напряжение на конденсаторе $U = 30$ В, сила тока в контуре $I = 0,4$ А. Какова максимальная сила тока в контуре?
- 15*. Колебательный контур состоит из воздушного конденсатора, площадь каждой обкладки которого $S = 100$ см², и катушки индуктивностью $L = 10$ мкГн. Определить расстояние d между обкладками конденсатора, если период электромагнитных колебаний в контуре $T = 100$ нс.
- 16*. На какую длину волны настроен колебательный контур, если он состоит из катушки индуктивностью $L = 2 \cdot 10^{-3}$ Гн и плоского конденсатора? Расстояние между пластинами конденсатора $d = 1$ см, диэлектрическая проницаемость вещества $\epsilon = 11$. Площадь каждой пластины $S = 800$ см².

17*. Заряд на обкладках конденсатора входного контура приёмника изменяется по закону $q = 4 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 2\pi \cdot 10^6 t$, (Кл). Ёмкость входного контура приёмника $C = 80$ пФ. Чему равна индуктивность входного контура приёмника?

18*. Если в колебательном контуре ёмкость конденсатора увеличить в 25 раз, а индуктивность уменьшить в 16 раз, во сколько раз изменится частота собственных колебаний контура?

Переменный электрический ток

Alternating Electrical Current

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin(\omega t) \quad \left| \begin{array}{l} \text{— ЭДС в цепи переменного тока; } \varepsilon_m \text{ — максимальная ЭДС} \end{array} \right.$$

ε — induced e.m.f. in a rotating coil (ac generator) versus time; ε_m — e.m.f. amplitude

$$U = U_0 \sin(\omega t) \quad \left| \begin{array}{l} \text{— напряжение в цепи переменного тока} \end{array} \right.$$

varying potential difference across the source (ac voltage)

$$I = I_0 \sin(\omega t)$$

— зависимость силы тока от времени в цепи переменного тока

alternating current sustained by an ac source

$$U_{\text{д}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

— действующее значение напряжения; U_0 — амплитудное значение напряжения

$U_{\text{д}}$ — the root-mean-square (rmc) value of the voltage; U_0 — voltage amplitude

$$I_{\text{д}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

— действующее значение силы тока; I_0 — амплитудное значение силы тока

$I_{\text{д}}$ — the root-mean-square (rmc) value of the current; I_0 — current amplitude

$$P = I_{\text{д}} U_{\text{д}} \cos \varphi$$

— средняя мощность (активная) цепи переменного тока, где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности

P — average power; $\cos \varphi$ — power factor

$$X_L = \omega L$$

— индуктивное сопротивление, где ω — циклическая частота; L — индуктивность

X_L — inductive reactance; ω — angular frequency; L — inductance

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

— ёмкостное сопротивление, где ω — циклическая частота; C — ёмкость

X_C — capacitive reactance; ω — angular frequency; C — capacitance

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Z — полное сопротивление в цепи переменного тока; R — активное сопротивление цепи; $(X_L - X_C)$ — реактивное сопротивление

Z — impedance in an ac circuit; R — active resistance; $(X_L - X_C)$ — reactive resistance

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}; \quad I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{Z}$$

— аналог закона Ома для цепи переменного тока, где Z — полное сопротивление цепи

Ohm's Law for ac circuit; Z — impedance in an ac circuit

1. Значение напряжения в цепи синусоидального переменного тока изменяется в пределах от $+100\text{ В}$ до -100 В . Чему равно действующее напряжение в этой цепи?
2. Рамка вращается в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью. Мгновенное значение силы тока в рамке $i = 3 \cdot \sin 314t$, (А). Определить действующее значение силы тока.
3. При включении конденсатора в цепь переменного тока с циклической частотой $\omega = 200\text{ рад/с}$ его емкостное сопротивление равно $X_c = 50\text{ Ом}$. Определить в микрофарадах (мкФ) ёмкость конденсатора.
- 4*. Определите период T и частоту ν в цепи переменного тока, если реактивное сопротивление конденсатора ёмкостью $C = 1\text{ мкФ}$, который включен в эту цепь, равно $X_c = 16\text{ Ом}$.
- 5*. Катушка индуктивностью $L = 0,2\text{ Гн}$ включена в сеть переменного тока с частотой $\nu = 50\text{ Гц}$. Определить индуктивное сопротивление катушки.
- 6*. Конденсатор ёмкостью $C = 40\text{ мкФ}$ включен в сеть переменного тока с частотой $\nu = 50\text{ Гц}$. Определить емкостное сопротивление конденсатора.
7. Рамка вращается в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью. Мгновенное значение силы тока в рамке $i = 5 \cdot \sin 157t$, (А). Определить частоту тока в рамке.
8. Напряжение в сети переменного тока изменяется с течением времени по закону $U = 180 \cdot \sin \omega t$, (В). Определить амплитудное I_0 и действующее I_d значения силы тока в цепи, если в сеть включить резистор сопротивлением $R = 100,0\text{ Ом}$.
9. Резистор сопротивлением $R = 100\text{ Ом}$ включен в сеть переменного тока. Сила тока изменяется с течением времени по закону $i = 5 \cdot \sin \omega t$, (А). Определить амплитудное U_0 и действующее U_d напряжения в сети.
- 10*. В сеть переменного тока напряжением $U = 220\text{ В}$ и частотой $\nu = 50\text{ Гц}$ включили конденсатор. Амплитудное значение силы тока в конденсаторе $I_0 = 0,2\text{ А}$. Чему равна ёмкость этого конденсатора?
- 11*. Во сколько раз увеличится индуктивное сопротивление катушки, если её включить в сеть переменного тока с частотой $\nu_1 = 10\text{ кГц}$ вместо $\nu_2 = 50\text{ Гц}$?
- 12*. Индуктивное сопротивление катушки, включенной в сеть переменного тока с частотой $\nu = 50\text{ Гц}$, равно $X_L = 62,8\text{ Ом}$. Определить индуктивность катушки.
- 13*. Значение ЭДС, которое вырабатывает генератор переменного тока, меняется по закону $\epsilon = 125 \cdot \cos(100\pi t)$, (В). Определить максимальное значение ЭДС, период, частоту и начальную фазу. Найдите значение ЭДС в момент времени $t_1 = 1/300\text{ с}$.
- 14*. Участок цепи переменного тока состоит из последовательно соединённых конденсатора ёмкостью $C = 2,5\text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью $L = 16\text{ мГн}$. Определить, при какой частоте переменного тока реактивное сопротивление этого участка цепи равно нулю.
- 15*. Реактивное сопротивление участка цепи переменного тока, который состоит из последовательно соединённых конденсатора ёмкостью $C = 600\text{ пФ}$ и катушки, обращается в нуль при частоте переменного тока $\nu = 1\text{ МГц}$. Определить индуктивность катушки.

16*. Идеальная катушка индуктивностью $L = 0,160 \text{ Гн}$ включена в цепь переменного тока. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $I = A \cdot \sin Bt$, где $A = 1,4 \text{ А}$, $B = 314 \text{ рад/с}$. Найти действующее значение напряжения U_D на катушке.

17*. Конденсатор ёмкостью $C = 7,96 \text{ мкФ}$ включен в цепь переменного тока с циклической частотой $\omega = 314 \text{ рад/с}$. Действующее значение силы тока в цепи $I_D = 500 \text{ мА}$. Найти амплитудное значение напряжения U_0 на конденсаторе.

18*. Идеальный конденсатор включен в цепь переменного тока. Сила тока в цепи изменяется с течением времени по закону $I = A \cdot \sin Bt$, где $A = 0,71 \text{ А}$, $B = 314 \text{ рад/с}$. Действующее значение напряжения на конденсаторе $U_D = 200 \text{ В}$. Найти в микрофарадах (мкФ) ёмкость конденсатора C .

19. Напряжение на зажимах генератора переменного тока $U_D = 220 \text{ В}$. Сила тока во внешней цепи $I_D = 10 \text{ А}$. Определить активную мощность, которую потребляет внешняя цепь, если коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8$.

Оптика

Оптика

Геометрическая оптика

Geometrical Optics

$$\alpha = \gamma$$

– закон отражения света, где α – угол падения; γ – угол отражения

law of reflection; α – angle of incidence; γ – angle of reflection

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\mu \epsilon}$$

– абсолютный показатель преломления среды, где c – скорость света в вакууме; v – скорость света в среде; ϵ и μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды

n – absolute index of refraction of medium; c – speed of light in vacuum; v – speed of light in a transparent medium; ϵ and μ – dielectric constant and permeability of medium

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

– закон преломления, где α – угол падения; β – угол преломления; n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления первой и второй среды

law of refraction (Snell's Law); α – angle of incidence; β – angle of refraction; n_1 and n_2 – index of refraction for 1st and 2nd of media

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

– относительный показатель преломления; v_1 и v_2 – скорости света в первой и второй среде

n_{21} – the relative index of refraction; v_1 and v_2 – speed of light in media 1 and 2

$$\sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{n_2}{n_1}$$

– синус предельного угла полного отражения

sine of critical angle of total internal reflection

$$D = \frac{1}{F}$$

– оптическая сила линзы, где F – фокусное расстояние линзы

D – optical power of lens; F – focal length of lens

$$D = D_1 + D_2$$

– оптическая сила системы двух линз, сложенных вплотную

D – optical power of lens system (two lenses put close to each other); D_1 , D_2 – optical power of separate 1st and 2nd lens

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— формула тонкой линзы, где } d \text{— расстояние от линзы до} \\ \text{предмета; } f \text{— расстояние от линзы до изображения} \end{array} \right.$$

lens equation; d – distance from lens to the object; f – distance from lens to the image

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— линейное увеличение линзы, где } h \text{— линейный размер} \\ \text{предмета; } H \text{— линейный размер изображения} \end{array} \right.$$

Γ – linear magnification of the lens; h – linear size of object; H – linear size of image

$$\Gamma = \frac{d_0}{F} \quad \left| \begin{array}{l} \text{— увеличение лупы, где } d_0 \text{— расстояние наилучшего зрения;} \\ F \text{— фокусное расстояние лупы} \end{array} \right.$$

Γ – magnification of simple magnifier; d_0 – distance of the best vision; F – focal length of lens

1. Точечный источник света находится на расстоянии $a = 10$ см от зеркала. Найти расстояние между источником и его изображением в зеркале.

2*. Светящаяся точка находится на расстоянии $a = 4$ м от экрана. На пути световых лучей на расстоянии $b = 1$ м от источника света расположен тонкий непрозрачный диск. Определить радиус диска, если тень от диска на экране имеет форму круга радиусом $r = 0,6$ м.

3*. На расстоянии $L = 4,10$ м от экрана находится точечный источник света. Найти площадь тени от непрозрачного квадрата со стороной $a = 0,1$ м, параллельного экрану. Центр квадрата находится на расстоянии $r = 2,05$ м от источника света и экрана.

4*. Автомобиль приближается к витрине со скоростью $V = 36$ км/ч, причём вектор скорости перпендикулярен поверхности стекла. Найти величину скорости сближения автомобиля и его отражения в витрине.

5*. Какова должна быть минимальная высота плоского зеркала, чтобы человек мог увидеть себя в нем в полный рост. Рост человека принять равным $h = 1,76$ м.

6*. Луч света падает под углом $\alpha = 30^\circ$ на границу раздела двух прозрачных сред. Абсолютный показатель преломления второй среды равен $n_2 = 1$. Найти абсолютный показатель преломления первой среды, если известно, что отражённый и преломлённый лучи взаимно перпендикулярны.

7*. Определить показатель преломления стекла относительно жидкости, если скорость распространения света в стекле равна $V_1 = 2 \cdot 10^8$ м/с, а в жидкости – $V_2 = 2,5 \cdot 10^8$ м/с.

8*. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе раздела двух сред равен $\alpha = 30^\circ$. Определить, во сколько раз показатель преломления первой среды больше показателя преломления второй среды.

9*. Требуется осветить дно колодца, направив на него солнечные лучи. Под каким углом к горизонту необходимо расположить плоское зеркало, если лучи Солнца падают к земной поверхности под углом $\alpha = 60^\circ$?

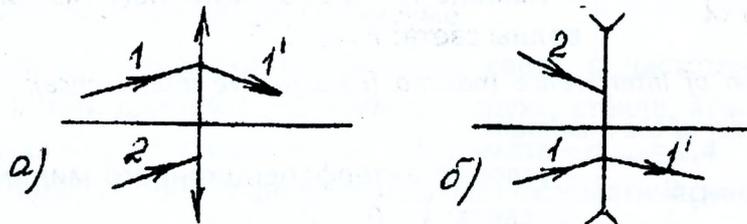
10*. Показатели преломления воды $n_в = 1,33$, скипидара $n_{ск} = 1,46$. Найти отношение толщин слоёв воды и скипидара при условии, что время распространения луча света в них одинаково?

11*. На дне озера глубиной $h = 2$ м находится точечный источник света. Какой минимальный радиус должен иметь круг, расположенный на поверхности озера, чтобы лучи от источника не вышли из воды? Показатель преломления воды $n = 1,33$.

12*. Фокусное расстояние собирающей линзы $F = 10$ см, расстояние от предмета до переднего фокуса $d = 5$ см, а линейный размер предмета $H = 2$ см. Определить в сантиметрах (см) размер действительного изображения.

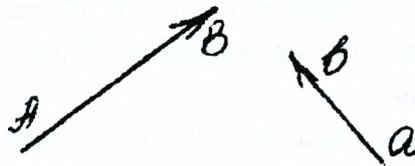
13*. На тонкую собирающую линзу падает сходящийся пучок лучей. Продолжения лучей пересекаются за линзой на расстоянии $d = 50$ см, а преломленные лучи – на расстоянии $f = 25$ см. Обе точки лежат на главной оптической оси. Найти фокусное расстояние линзы.

14*. Предмет расположен на расстоянии $d = 50$ см от плоскости линзы с оптической силой равной $D = 2,5$ дптр. На сколько метров следует переместить предмет, чтобы его изображение уменьшилось в 2 раза?

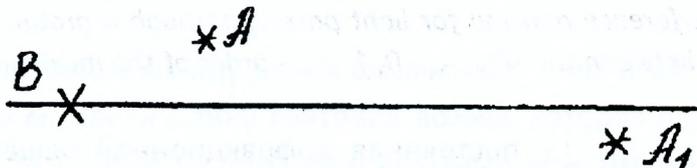


15*. На рисунке а), б) дан ход луча 1 в линзе. Найти построением ход луча 2.

16*. AB – предмет, ab – его изображение в линзе. Определить тип линзы, ее расположение, положение главной оптической оси и фокуса.



17*. На рисунке показано положение главной оптической оси; точки A и её изображения A_1 . Определить положение линзы и её фокуса. Построить изображение точки B .



18*. Линза даёт увеличение $\Gamma = 3,0$ предмета, который находится на расстоянии $d = 10$ см от неё. Найти фокусное расстояние линзы.

19*. Расстояние от предмета до экрана $L = 5,0$ м. Какой оптической силы надо взять линзу и где её поместить, чтобы получить изображение предмета, увеличенное в $\Gamma = 4$ раза.

20*. Предмет находится на расстоянии $d = 10$ см от тонкой рассеивающей линзы. Найти увеличение линзы, если её фокусное расстояние $F = 20$ см.

21*. Дальновзорный глаз хорошо различает текст на расстоянии $d = 50$ см. Найти оптическую силу контактных линз, если расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.

22. Определить оптическую силу лупы, которая даёт увеличение $\Gamma = 10$.

Волновая оптика

Wave Optics

$$L = nr$$

– оптическая длина пути светового луча, где n – показатель преломления среды; r – геометрическая длина пути

L – optical path length traveled by wave; n – index of refraction for a medium; l – geometrical distance traveled by wave

$$\Delta = L_2 - L_1$$

– оптическая разность хода двух световых лучей, где L_1 и L_2 – оптические длины путей этих лучей

Δ – the path difference; L_1 and L_2 – optical path length which travels the waves from slits 1 and 2

$$\Delta_{\max} = \pm k\lambda$$

– условие интерференционного максимума, где λ – длина волны света; $k = 0; 1; 2...$

Δ_{\max} – condition of interference maxima (constructive interference); λ – wavelength of light
 $k = 0; 1; 2...$ – order of the maximum

$$\Delta_{\min} = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

– условие интерференционного минимума; λ – длина волны света; $k = 0; 1; 2...$

Δ_{\min} – condition of interference minima (destructive interference); λ – wavelength of light;
 $k = 0; 1; 2...$

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

– расстояние между соседними максимумами интерференции на экране в опыте Юнга; λ – длина волны света; d – расстояние между щелями; L – расстояние от щелей до экрана

Young's double-slit experiment; Δx – spacing between adjacent bright (or dark) interference fringes on the screen; λ – wavelength of light; d – the spacing between the slits; L – the distance from slits to the screen

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

– условие дифракционных максимумов на экране при нормальном падении света на дифракционную решётку; d – постоянная дифракционной решётки

condition of interference maxima for light passing through a grating; λ – wavelength of light; d – the spacing between the slits; $k = 0; 1; 2...$ – order of the maximum; φ_k – angles that locate interference

$$d = \frac{l}{N}$$

– постоянная дифракционной решётки; N – число щелей решётки; l – длина решётки

d – the spacing between the slits; N – number of slits; l – length of diffraction grating

1*. Световое излучение, с частотой $\nu_1 = 4 \cdot 10^{14}$ Гц в воздухе, попадает в воду. Найти частоту излучения и скорость его распространения в воде. Показатель преломления воды равен $n = 1,3$.

2. Во сколько раз скорость света в алмазе меньше, чем в воде? Показатель преломления алмаза равен $n_{ал} = 2,42$, показатель преломления воды равен $n_в = 1,3$.

3. Какова длина волны жёлтого света паров натрия в стекле с показателем преломления $n = 1,56$? Длина волны этого света в воздухе равна $\lambda = 589$ нм.

4. Определить длину волны красного излучения в вакууме, если длина его волны в стекле равна $\lambda = 400$ нм. Абсолютный показатель преломления стекла равен $n = 1,8$.

5. Свет с частотой $\nu = 1,5 \cdot 10^{15}$ Гц распространяется в стекле с показателем преломления $n = 1,5$. Найти длину волны света в стекле.
6. Длина волны некоторых лучей в воде равна $\lambda = 435$ нм. Какова длина волны этих лучей в воздухе? Показатель преломления воды равен $n_в = 1,3$.
7. Определить постоянную дифракционной решётки, если при освещении её светом с длиной волны $\lambda = 656$ нм, второй максимум виден под углом $\alpha = 15^\circ$ к нормали дифракционной решётки.
8. Разность хода в воздухе двух интерферирующих лучей монохроматического света составляет $0,3\lambda$. Найти разность фаз колебаний.
- 9*. Когда монохроматический свет распространяется в среде с показателем преломления $n = 1,5$, на пути $L = 9$ мкм укладывается $N = 30$ длин волн. Найти в микрометрах длину волны света такой же частоты в вакууме.
- 10*. Сколько длин волн монохроматического света с частотой колебаний $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц уложится на пути длиной $L = 2,4$ мм в воздухе, стекле, алмазе? Показатель преломления воздуха – $n_в = 1$; стекла – $n_{ст} = 1,5$; алмаза – $n_{алм} = 2,4$.
- 11*. Какой длины путь L_1 пройдёт фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь $L_2 = 1,0$ м в воде? Абсолютный показатель преломления воды $n = 1,33$.
12. Определить оптическую разность хода двух когерентных монохроматических волн в веществе, абсолютный показатель преломления которого $n = 1,5$, если геометрическая разность хода лучей $\Delta r = 2,5$ см.
13. Расстояние между двумя когерентными источниками света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм, $d = 0,1$ мм. Расстояние между соседними полосами на экране $\Delta x = 1$ см. Найти расстояние от источников до экрана.
14. В опыте с зеркалами Френеля в зелёном свете $\lambda = 500$ нм получились интерференционные полосы на расстоянии $\Delta x = 5$ мм друг от друга. Найти расстояние между мнимыми изображениями источника света, если расстояние от них до экрана $L = 3$ м.
15. В опыте Юнга расстояние между двумя щелями $d = 1$ мм и расстояние от отверстий до экрана $L = 3,0$ м. Найти длину световой волны, которая падает на щели, если расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране $\Delta x = 1,5$ мм.
16. На дифракционную решётку нормально падает фиолетовый свет с длиной волны $\lambda = 0,45$ мкм. Период дифракционной решётки $d = 2$ мкм. Чему равен наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью этой решётки?
- 17*. При нормальном падении на дифракционную решётку плоской монохроматической волны длиной $\lambda_1 = 600$ нм максимум второго порядка наблюдается под углом $\alpha = 30^\circ$. Определить в градусах угол дифракции для максимума третьего порядка, если длина волны света равна $\lambda_2 = 400$ нм.
- 18*. Период дифракционной решётки равен $d = 2,5$ мкм. Сколько максимумов будет наблюдаться на экране при нормальном падении на дифракционную решётку плоской монохроматической волны длиной $\lambda = 400$ нм?

19*. При нормальном падении на дифракционную решётку с периодом $d = 1$ мкм плоской монохроматической волны угол между максимумами первого порядка равен $\alpha = 60^\circ$. Определить в нанометрах (нм) длину волны падающего света.

20*. На мыльную плёнку с показателем преломления $n = 1,33$ нормально падает пучок белого света. Найти наименьшую толщину плёнки, при которой в отражённом свете она кажется зелёной. Длина волны зелёного света $\lambda = 536$ нм.

21*. Найти общее число максимумов в спектре, образующемся при нормальном падении плоской монохроматической волны частотой $\nu = 7 \cdot 10^{14}$ Гц на дифракционную решётку с периодом $d = 2$ мкм.

Основы специальной теории относительности

Special Theory of Relativity

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

– длина тела, движущегося относительно инерциальной системы отсчёта со скоростью v ; L_0 – собственная длина тела в неподвижной системе отсчёта; c – скорость света в вакууме

length contraction (shortening); L – the length of the moving object in the direction of its velocity; L_0 – the length of the object in the rest frame; v – speed of object; c – speed of light

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– промежуток времени между двумя событиями в системе отсчёта, которая движется со скоростью v относительно неподвижной системы отсчёта; Δt_0 – промежуток времени между двумя событиями в неподвижной системе отсчёта

time dilation; Δt – the time interval in the moving frame; Δt_0 – time interval in the rest frame

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– релятивистская масса тела (частицы), где m_0 – масса покоя тела (частицы)

m , m_0 and m – relativistic mass, rest-mass and mass of the moving particle respectively

$$\vec{V} = \frac{\vec{V}' + \vec{U}}{1 + \frac{\vec{V}' \cdot \vec{U}}{c^2}}$$

– релятивистский закон сложения скоростей, где \vec{V} – скорость тела относительно неподвижной системы отсчёта; \vec{V}' – скорость тела относительно подвижной системы отсчёта; \vec{U} – скорость подвижной системы отсчёта относительно неподвижной

velocity-transformation; \vec{V} – velocity of body relative to a fixed frame; \vec{V}' – velocity of body relative to a moving frame; \vec{U} – velocity of a moving frame relative to a fixed frame; c – speed of light (limiting velocity)

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

– релятивистский импульс тела; v – скорость тела

p – relativistic momentum; v – speed of the particle

$$E = mc^2$$

– полная энергия тела (частицы)

E – total energy of the particle

$$E_0 = m_0 c^2$$

– энергия покоя (собственная энергия) тела (частицы).

E_0 – rest-mass energy of the particle

$$E_K = E - E_0 \quad \left| \begin{array}{l} \text{— релятивистская кинетическая энергия тела (частицы)} \\ E_K \text{— relativistic kinetic energy} \end{array} \right.$$

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad \left| \begin{array}{l} \text{— закон взаимосвязи массы и энергии} \\ \text{the equivalence of mass and energy} \end{array} \right.$$

1. Масса движущегося электрона больше его массы покоя в два раза. Найти кинетическую энергию этого электрона.
2. Найти энергию покоя электрона. Выразить ответ в джоулях и мегаэлектронвольтах (МэВ).
3. Найти энергию покоя протона. Выразить ответ в джоулях и мегаэлектронвольтах (МэВ).
4. Частица движется со скоростью $V = 0,75c$ (c – скорость света в вакууме) относительно неподвижного наблюдателя. Во сколько раз масса движущейся частицы больше её массы покоя?
5. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза?
6. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?
7. Найти собственную длину стержня L_0 в космическом корабле, который движется со скоростью $V = 0,8c$ (c – скорость света в вакууме), если его длина относительно подвижной системы отсчёта $L = 10$ см.
8. Частица в вакууме движется со скоростью, равной половине скорости света. Во сколько раз её масса больше массы покоя?
9. Найти удельный заряд электрона, движущегося со скоростью $V = 0,8c$ (c – скорость света в вакууме).
10. Найти изменение массы $m = 1$ кг льда при его плавлении?
11. Найти увеличение массы протона при его ускорении от начальной скорости $V_0 = 0$ до скорости $V = 0,75c$ (c – скорость света в вакууме)?
12. Длина неподвижного стержня $L_0 = 1$ м. Определить длину L стержня, если он движется со скоростью $V = 0,6c$ (c – скорость света в вакууме).
13. В течение дня озеро поглотило $E = 1,8 \cdot 10^{14}$ Дж солнечной энергии. Найти в граммах (g) изменение массы воды в озере.
14. Сколько солнечной энергии поглотило озеро, если вследствие этого масса его воды увеличилась на $\Delta m = 1,0$ г?
15. При какой скорости V энергия движущейся частицы больше её энергии покоя в два раза?
- 16*. До какой энергии можно ускорить в циклотроне электрон, если относительное увеличение его массы не должно превышать $\eta = 5$ %?
- 17*. Определите скорость движения частицы, если её релятивистский импульс в 2 раза превышает классический.
- 18*. Во сколько раз величина релятивистского импульса протона превышает значение импульса, рассчитанного по классической формуле, если скорость движения протона $V = 0,96c$ (c – скорость света в вакууме)?

19*. Некоторая частица движется со скоростью $V = 0,75c$ (c – скорость света в вакууме) относительно неподвижного наблюдателя. Во сколько раз энергия движущейся частицы больше её энергии покоя?

20*. Определить модуль импульса электрона при его движении со скоростью $V = 0,8c$ (c – скорость света в вакууме). Масса покоя электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

Основы квантовой физики

Basics of Quantum Physics

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

– энергия фотона, где ν – частота фотона; λ – длина волны фотона; h – постоянная Планка

E – energy of the photon (quantum of energy); ν – frequency of photon; λ – wavelength of photon; h – Planck's constant; c – speed of light in vacuum

$$p = mc = \frac{h}{\lambda}$$

– импульс фотона

p – the magnitude of the momentum of a photon

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

– масса фотона

m – mass of the photon

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$$

– уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, где ν – частота фотона; $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона; m_e – масса электрона; v_{max} – максимальная скорость вылетевшего электрона

Einstein's photoelectric equation; ν – frequency of the incident photon; $A_{\text{вых}}$ – work function of the electron; m_e – mass of an electron; v_{max} – maximum velocity of the escaped electron

$$\frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} = eU_3$$

– максимальная кинетическая энергия электрона, где U_3 – задерживающее напряжение; e – заряд электрона

maximum kinetic energy of the emitted electrons; U_3 – stopping potential; e – electron charge

$$\nu_0 = \frac{A_{\text{вых}}}{h}; \lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$$

– красная граница фотоэффекта

ν_0 – threshold frequency; λ_0 – red border of photoelectric effect

1. Определить в электрон-вольтах (эВ) энергию фотона, соответствующего излучению с частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц.

2. Какой мощностью обладает источник монохроматического света, испускающий каждую секунду $N = 10^{20}$ фотонов с длиной волны $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$ м?

3. Определить в электрон-вольтах (эВ) энергию фотона, которая соответствует излучению с длиной волны $\lambda = 0,495$ мкм.

4*. Во сколько раз энергия фотона с длиной волны $\lambda_1 = 500$ нм больше энергии фотона с длиной волны $\lambda_2 = 800$ нм?

5*. Во сколько раз энергия фотона с частотой $\nu_1 = 2 \cdot 10^{15}$ Гц меньше энергии фотона с частотой $\nu_2 = 3 \cdot 10^{15}$ Гц?

6. Определить в электрон-вольтах (эВ) максимальную кинетическую энергию электронов, которые выбиваются с поверхности металла фотонами с энергией $E = 4,6$ эВ. Работа выхода электронов из металла равна $A_{\text{вых}} = 1,8$ эВ.

7. Красная граница фотоэффекта для серебра равна $\lambda_{кр} = 3,3 \cdot 10^{-7}$ м. Определить работу выхода электронов из металла. Ответ выразить в электрон-вольтах (эВ).

8*. Определить количество фотонов, которые содержатся в одном импульсе лазерного излучения. Мощность импульсного лазера, излучающего фотоны с длиной волны $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$ м, равна $P = 60$ Вт. В секунду излучается $N = 100$ импульсов.

9*. Во сколько раз масса фотона с длиной волны $\lambda_1 = 10$ нм (рентгеновское излучение) меньше массы фотона с длиной волны $\lambda_2 = 0,1$ нм (γ -излучение)?

10*. Определить частоту излучения, которая соответствует красной границе фотоэффекта для металла, работа выхода из которого составляет $A_{вых} = 4,125$ эВ. Ответ выразить в терагерцах (1 терагерц = 1 ТГц = 10^{12} Гц).

11*. Длина волны ультрафиолетового света, который падает на металл, уменьшается с $\lambda_1 = 250$ нм до $\lambda_2 = 125$ нм. Во сколько раз при этом увеличивается максимальная кинетическая энергия электронов, если работа выхода электронов из металла равна $A_{вых} = 3,3$ эВ?

12*. Работа выхода электронов из металла равна $A_{вых} = 4,1$ эВ. Определить минимальную задерживающую разность потенциалов, если поверхность металла освещается фотонами с энергией $E = 5,3$ эВ.

13*. Максимальная кинетическая энергия электронов, которые вырываются с поверхности цезия под действием фотонов с энергией $E = 3,2$ эВ, равна $E_{кmax} = 1,3$ эВ. На сколько электрон-вольт увеличится кинетическая энергия электронов при увеличении частоты падающего света в 2 раза?

14*. При освещении металлической поверхности фотонами с энергией $E = 6,2$ эВ обнаружено, что фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной $U_3 = 3,7$ В. Определить в электрон-вольтах работу выхода электронов из металла.

15*. При увеличении в два раза энергии фотона, который падает на металлическую пластинку, максимальная кинетическая энергия вылетающего электрона увеличилась в три раза. Определить в электрон-вольтах работу выхода электрона с поверхности металла, если первоначальная энергия фотона равнялась $E = 5$ эВ.

16*. Изолированный металлический шар емкостью $C = 1$ мкФ освещается монохроматическим светом. Энергия фотона равна $E = 4$ эВ. Работа выхода электронов равна $A_{вых} = 2$ эВ. Определить в микрокулонах (мкКл) величину заряда шара при длительном освещении.

17*. Заряд металлического шара с электроёмкостью $C = 1$ мкФ, полученный в результате длительного облучения фотонами с энергией $E = 5,5$ эВ, оказался равным $q = 2,7$ мкКл. Определить работу выхода электронов из металла. Ответ выразить в электрон-вольтах (эВ).

18*. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, пролетевшего разность потенциалов $\Delta\varphi = 4,9$ В.

Физика атома

Physics of Atom

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$$

– энергия электрона в атоме водорода на $n^{\text{ой}}$ орбите, где E_1 – энергия электрона на $1^{\text{ой}}$ орбите; n – номер орбиты

E_n – the quantized energy for each stationary state (excited states); E_1 – ground state (lowest energy state) for hydrogen

$$h\nu = |E_1 - E_2|$$

– энергия, которую излучает или поглощает атом водорода, где E_1 и E_2 – энергии атома в соответствующих стационарных состояниях; ν – частота излучения; h – постоянная Планка

$h\nu$ – energy of photon emitted (or absorbed) with the transition between stationary states E_1 and E_2 ; E_1 and E_2 – atomic energy in certain stationary states; ν – frequency of photon; h – Planck's constant

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

– формула Бальмера, где λ – длина волны, излученной атомом; m – номер орбиты, с которой переходит электрон; n – номер орбиты, на которую переходит электрон; R – постоянная Ридберга

series formula; λ – wavelengths of the emitted radiation; R – Rydberg constant; n – the integer determines the series (orbit number, electron passes on); m – the integer give the wavelengths of spectral lines of hydrogen (orbit number, electron passes with)

$$m_e v_n r_n = \frac{nh}{2\pi}$$

– условие квантования электронной орбиты, где m_e – масса электрона; r_n – радиус $n^{\text{ой}}$ электронной орбиты; v_n – скорость электрона на $n^{\text{ой}}$ орбите

quantization condition of electron orbit; r_n – radius of quantized orbit; m_e – mass of an electron; v_n – orbital speed; n – quantum number

$$r_n = r_1 \cdot n^2$$

– радиус $n^{\text{ой}}$ орбиты электрона в атоме водорода, где $r_1 = 0,053 \text{ нм}$ – радиус $1^{\text{ой}}$ орбиты в атоме водорода

r_n – radius of quantized orbit; n – quantum number; $r_1 = 0,053 \text{ nm}$ – Bohr radius

1. При переходе электронов в атомах некоторого вещества с одной орбиты на другую излучаются фотоны с энергией $E = 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Определить длину волны этого излучения. Ответ выразить в микрометрах (мкм).

2. Электрон в атоме переходит со стационарной орбиты с энергией $E_1 = -8,2 \text{ эВ}$ на орбиту с энергией $E_2 = -4,7 \text{ эВ}$. Определить в электрон-вольтах энергию поглощаемого при этом кванта света.

3. Электрон в атоме переходит со стационарной орбиты с энергией $E_1 = -4,2 \text{ эВ}$ на орбиту с энергией $E_2 = -7,6 \text{ эВ}$. Определить в электрон-вольтах энергию излучаемого фотона.

4. Электрон в атоме находится в возбужденном состоянии. Определить в электрон-вольтах (эВ) энергию электрона в этом состоянии, если минимальная энергия, которая необходима для ионизации атома в этом случае, равна $E = 2,4 \text{ эВ}$.

5. Найти длину волны излучения в серии Бальмера атома водорода при переходе электрона с пятого энергетического уровня.

6. Найти частоту излучения в серии Лаймана атома водорода при переходе электрона с третьего энергетического уровня.

7. Электрон в атоме водорода находится на четвёртой орбите. Сколько квантов различной энергии может излучить атом водорода при этом?

8. Электрон в атоме водорода перешёл с четвёртой орбиты на вторую. Определить энергию фотона, который при этом испускается.

9. Найти энергию электрона в атоме водорода на втором энергетическом уровне, если энергия основного состояния атома водорода $E_1 = -13,55 \text{ эВ}$.

10. Найти изменение энергии электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda = 4860 \text{ \AA}$. ($1 \text{ \AA} = 1 \text{ ангстрем} = 10^{-10} \text{ м}$)

11. Определите длину волны, которая соответствует третьей спектральной линии в видимой области спектра атома водорода.

12. При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны $\lambda = 4340 \text{ \AA}$. Найти номер неизвестной орбиты.

13. Найти длину волны первой яркой линии в видимой области спектра излучения атома водорода.

14*. Полная энергия электрона на $n^{\text{ой}}$ орбите по теории Бора определяется соотношением $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$. Найти наименьшую энергию, которую надо сообщить электрону, находящемуся на второй орбите*, чтобы ионизировать атом водорода.

***находящемуся на второй орбите = который находится на второй орбите**

15*. Электрон в невозбуждённом атоме водорода получил энергию $E = 12,1 \text{ эВ}$. Найти, на какой энергетический уровень перешёл электрон.

16*. Найти отношение самой большой длины волны к самой малой длине волны в спектре излучения атома водорода для инфракрасной области спектра (серия Пашена).

17*. Найти, какую энергию нужно сообщить электрону, который находится в основном состоянии, чтобы спектр излучения водорода содержал только три спектральные линии.

18*. Радиус первой боровской орбиты в атоме водорода равен $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. Определить линейную и угловую скорости движения электрона на этой орбите.

19*. Радиус круговой орбиты электрона в ионе гелия равен $r = 10^{-10} \text{ м}$. Найти в электрон-вольтах (эВ) кинетическую энергию электрона на этой орбите.

20. При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны $\lambda = 4,33 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Найти номер неизвестной орбиты. На сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода?

Атомное ядро и элементарные частицы

Atomic Nucleus and Fundamental Particles

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_n$$

– дефект массы атомного ядра, где Z – число протонов; N – число нейтронов; m_p – масса протона; m_n – масса нейтрона; m_n – масса ядра

Δm – mass difference; Z – atomic number; N – neutron number; m_p – proton mass; m_n – neutron mass; m_n – mass of a nucleus

$$E_{cb} = \Delta m \cdot c^2$$

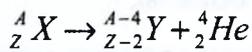
– энергия связи атомного ядра, где c – скорость света

E_{cb} – binding energy; c – speed of light in vacuum

$$\varepsilon_{cb} = \frac{E_{cb}}{A}$$

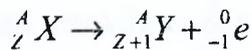
– удельная энергия связи, где A – массовое число, которое равно числу нуклонов в ядре

ε_{cb} – binding energy per nucleon; A – mass number (number of nucleons in a nucleus)



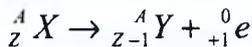
– α -распад, где ${}^A_Z X$ – ядро, которое испытывает α -распад (материнское ядро); ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ – ядро, которое образуется после распада (дочернее ядро)

α -decay (alpha decay), ${}^A_Z X$ – the chemical symbol of the parent nuclides; ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ – the chemical symbol of daughter nuclides



– β^- -распад; где ${}^0_{-1} e$ – электрон

β^- -decay (beta decay); ${}^0_{-1} e$ – electron symbol



– β^+ -распад, где ${}^0_{+1} e$ – позитрон

β^+ -decay (beta decay); ${}^0_{+1} e$ – positron symbol

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

– закон радиоактивного распада; N_0 – начальное количество радиоактивных ядер; N – количество ядер, которые не распались к моменту времени t ; T – период полураспада

law of radioactive decay; N_0 – population of radioactive nuclei for $t = 0$ (initiative quantity); N – quantity of undecayed radioactive nuclei for time t ; T – half-life

1. Определить количество протонов в ядре изотопа кислорода ${}^{17}_8 O$.
2. В состав ядра гелия входит 2 нейтрона и 2 протона. Определить массовое число.
3. Сколько нейтронов содержится в ядре лития ${}^7_3 Li$?
4. В нейтральном атоме хрома на орбитах находится 24 электрона. Массовое число для хрома равно $A = 52$. Какое число протонов содержится в ядре атома хрома?
5. На сколько больше нейтронов содержится в ядре кислорода ${}^{16}_8 O$, чем в ядре гелия ${}^4_2 He$?
6. Во сколько раз число протонов в ядре урана ${}^{238}_{92} U$ больше числа нуклонов в ядре изотопа кислорода ${}^{16}_8 O$?

7. Во сколько раз число нейтронов в ядре атома трития ${}^3_1\text{H}$ больше, чем число протонов?

8. Определить разность между числом нейтронов и числом протонов в ядре атома алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

9. Заряд всех электронов в атоме железа равен $q = -4,16 \cdot 10^{-18}$ Кл. Каков порядковый номер железа в таблице Менделеева?

10. Во сколько раз число нейтронов в ядре атома бериллия ${}^9_4\text{Be}$ больше числа протонов?

11. Найти количество заряженных частиц в атоме изотопа индия ${}^{115}_{49}\text{In}$.

12. Насколько изменится порядковый номер элемента при испускании его ядром электрона?

13. На сколько единиц изменится порядковый номер элемента при испускании гамма-кванта?

14. На сколько единиц уменьшается массовое число при α -распаде?

15. Из ядра ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ после двух α -распадов и определенного числа β -распадов образовался элемент с порядковым номером 86. Сколько β -распадов произошло в этом случае?

16*. В ядро какого элемента превращается ядро урана ${}^{239}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и одного α -распада?

17. Найти недостающий продукт ядерной реакции ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$

18. Найти недостающий продукт ядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{p} + ?$

19*. На сколько уменьшится число нуклонов в ядре радиоактивного элемента после пяти α - и четырех β -распадов?

20*. Какую массу топлива с удельной теплотой сгорания $q = 3 \cdot 10^7$ Дж/кг нужно сжечь, чтобы получить энергию эквивалентную энергии покоя тела массой в $m = 1$ мг?

21*. Определить в мегаэлектрон-вольтах (МэВ) энергию покоя протона, если его масса покоя равна $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

22*. В результате излучения гамма-кванта масса покоя ядра уменьшилась на $\Delta m = 1,6 \cdot 10^{-27}$ кг. Найти в мегаэлектрон-вольтах (МэВ) энергию гамма-кванта.

23*. Вычислить энергию связи ядра алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$. Масса ядра ${}^{27}_{13}\text{Al}$ $m_{\text{я}} = 44,8020 \cdot 10^{-27}$ кг.

24. Найти время, за которое распадается $3/4$ от первоначального количества ядер радиоактивного изотопа, если период полураспада $T = 32$ ч.

25. Период полураспада радиоактивного цезия равен $T = 29$ лет. Какое количество цезия из имеющейся массы $m = 1,6$ кг распадется за время $t = 116$ лет?

Приложения

Приложение 1. Латинский и греческий алфавиты

<i>Латинский</i>		<i>Греческий</i>	
буквы	прочтение букв	буквы	названия букв
Aa	«а»	Α α	альфа
Bb	«бэ»	Β β	бета
Cc	«цэ»	Γ γ	гамма
Dd	«дэ»	Δ δ	дельта
Ee	«э»	Ε ε	эпсилон
Ff	«эф»	Ζ ζ	дзета
Gg	«жэ»	Η η	эта
Hh	«аш»	Θ θ	тхэта
Ii	«и»	Ι ι	йота
Jj	«джы»	Κ κ	каппа
Kk	«ка»	Λ λ	лямбда
Ll	«эль»	Μ μ	мю
Mm	«эм»	Ν ν	ню
Nn	«эн»	Ξ ξ	кси
Oo	«о»	Ο ο	омикрон
Pp	«пэ»	Π π	пи
Qq	«ку»	Ρ ρ	ро
Rr	«эр»	Σ σ	сигма
Ss	«эс»	Τ τ	тау
Tt	«тэ»	Υ υ	ипсилон
Uu	«у»	Φ φ	фи
Vv	вэ	Χ χ	хи
Ww	«дубль-вэ»	Ψ ψ	пси
Xx	«икс»	Ω ω	омега
Yy	«игрек»		
Zz	«зэт»		

Приложение 2. Физические постоянные (округленные значения)

<i>Физическая постоянная</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Значение</i>
Ускорение свободного падения на Земле	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Постоянная Авагадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	R	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Стандартный объём	V_m	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Скорость света в вакууме	c	$3,0 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса электрона	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса протона	m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса нейтрона	m_n	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Атомная единица массы	$a.e.m.$	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Масса Земли	$5,96 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,97 \cdot 10^{30}$ кг
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,3 \cdot 10^{22}$ кг
Расстояние от центра Земли до центра Солнца	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Расстояние от центра Земли до центра Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м

Приложение 3. Единицы измерения физических величин

Наименование величины	Единица измерения		
	Наименование единицы	Обозначение	
		Международное	Русское
Основные единицы			
Длина (L)	Метр	m	м
Масса (m)	Килограмм	kg	кг
Время (t)	Секунда	s	с
Сила электрического тока (I)	Ампер	A	А
Термодинамическая температура (T)	Кельвин	K	К
Количество вещества (ν)	Моль	mol	моль
Сила света (I)	Кандела	cd	кд
Дополнительные единицы			
Плоский угол (φ)	Радиан	rad	рад
Телесный угол (Ω)	Стерadian	sr	ср
Производные единицы пространства и времени			
Площадь (S)	Квадратный метр	m^2	m^2
Объём, вместимость (V)	Кубический метр	m^3	m^3
Скорость (v)	Метр в секунду	m/s	м/с
Ускорение (a)	Метр на секунду в квадрате	m/s^2	m/c^2
Угловая скорость (ω)	Радиан в секунду	rad/s	рад/с
Период (T)	Секунда	s	с
Частота периодического процесса (ν)	Герц	Hz	Гц
Производные единицы механических величин			
Плотность (ρ)	Килограмм на метр в кубе	kg/m^3	$кг/м^3$
Импульс тела (p)	Килограмм-метр в секунду	$kg \cdot m/s$	$кг \cdot м/с$
Сила (F)	Ньютон	N	Н
Момент силы (M)	Ньютон-метр	N·m	Н·м
Импульс силы ($F \cdot \Delta t$)	Ньютон-секунда	N·s	Н·с

Давление (p), механическое напряжение (σ)	Паскаль	Pa	Па
Работа (A), энергия (E)	Джоуль	J	Дж
Мощность, поток энергии (P)	Ватт	W	Вт
Поверхностное натяжение (σ)	Ньютон на метр	N/m	Н/м
Производные единицы тепловых величин			
Температура Цельсия (t)	градус Цельсия	°C	°C
Энергия, работа, количество теплоты (Q)	Джоуль	J	Дж
Теплоёмкость (C)	Джоуль на кельвин	J/K	Дж/К
Удельная теплоёмкость (c)	Джоуль на килограмм-кельвин	J/(kg·K)	Дж/(кг·К)
Производные единицы молекулярной физики			
Молярная масса (M)	Килограмм на моль	kg/mol	кг/моль
Производные единицы электрических и магнитных величин			
Количество электричества, электрический заряд (q)	Кулон	C	Кл
Напряженность электрического поля (E)	Вольт на метр	V/m	В/м
Электрическое напряжение (U), потенциал электрического поля (φ), разность потенциалов ($\Delta\varphi$), электродвижущая сила (ϵ)	Вольт	V	В
Электрическая ёмкость (C)	Фарад	F	Ф
Магнитная индукция (B)	Тесла	T	Тл
Магнитный поток (Φ)	Вебер	Wb	Вб
Индуктивность (L)	Генри	H	Гн
Электрическое сопротивление (R)	Ом	Ω	Ом
Удельное электрическое сопротивление (ρ)	Ом-метр	$\Omega\cdot m$	Ом·м
Производные единицы световых величин			
Энергия излучения (E)	Джоуль	J	Дж
Поток излучения ($\Phi_э$)	Ватт	W	Вт
Световой поток (Φ)	Люмен	lm	лм
Яркость (R)	Кандела на квадратный метр	cd/m ²	кд/м ²
Светимость (R_e)	Люмен на квадратный метр	lm/m ²	лм/м ²
Освещённость (E)	Люкс	lx	лк

Приложение 4. Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пэта	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	К	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	Г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}

Приложение 5. Физические свойства наиболее распространённых веществ

Плотность твёрдых тел

Твёрдое тело	Плотность, $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$	Твёрдое тело	Плотность, $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$
Алюминий	2,70	Медь	8,93
Барий	3,50	Никель	8,90
Ванадий	6,02	Свинец	11,3
Висмут	9,80	Серебро	10,5
Железо	7,88	Цезий	1,90
Литий	0,53	Цинк	7,15
Золото	19,3	Сталь	7,8
Стекло	2,5	Алмаз	3,5

Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$	Жидкость	Плотность, $\rho \cdot 10^3, \text{кг/м}^3$
Вода (при 4°C)	1,00	Сероуглерод	1,26
Глицерин	1,26	Спирт, керосин	0,80
Ртуть	13,6	Масло	0,9

Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, $\rho, \text{кг/м}^3$	Газ	Плотность, $\rho, \text{кг/м}^3$
Азот	1,25	Кислород	1,43
Водород	0,09	Углекислый газ	1,98
Воздух	1,29		

Диэлектрическая проницаемость веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Вода	81	Парафин, керосин	2,0
Масло трансформ.	2,2	Стекло	7,0
Кварц	4,5	Фарфор	6,0

Удельное сопротивление некоторых металлов

Металл	Удельное сопротивление, Ом·м	Металл	Удельное сопротивление, Ом·м
Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Вольфрам	$5,3 \cdot 10^{-8}$	Свинец	$21 \cdot 10^{-8}$

Приложение 6. Основные правила приближенных вычислений

Значащими цифрами числа называются все его цифры, кроме нуля, если он стоит в начале. Пример: 0,03010 – 4 значащие цифры.

Общее правило: при вычислении сумм, разностей, произведений, частных результатов не должен содержать больше значащих цифр, чем наименее точное из слагаемых, сомножителей и т. д.

При вычислении функций ограничиваются числом значащих цифр аргумента. Если результат вычисления является промежуточным и используется в дальнейших вычислениях, необходимо сохранить в нем на одну значащую цифру больше, чем это требуется предыдущим правилом. Если в вычисляемое выражение входят постоянные типа π , γ , константы приборов и т. п., следует для них брать значащих цифр на одну больше, чем в самом неточном из участвующих в выражениях чисел. Это делается для того, чтобы вычисления с постоянными величинами не вносили дополнительные ошибки.

Если это по каким-либо причинам невозможно (например, значения постоянной прибора недостаточно точно известны), то соответствующую константу в выражении для физической величины следует рассматривать наравне с другими переменными, и в окончательное выражение для физической величины будет входить погрешность соответствующей константы.

Погрешность следует всегда выражать в тех же единицах измерения, что и саму измеряемую величину. Например, $L = (1,572 \pm 0,004)$ м, но не $L = (1,572 \pm 4)$ мм. Число и его погрешность всегда записывается так, чтобы их последние цифры принадлежали к одному и тому же десятичному разряду. Нельзя писать $24 \pm 0,2$, или $21,62 \pm 0,3$. Правильная запись: $24,0 \pm 0,2$ или $21,6 \pm 0,3$. Нуль писать так же обязательно, как и любую другую цифру: $25,30 \pm 0,02$, но не $25,3 \pm 0,02$.

Приближенные числа рекомендуется представлять в нормальном виде, для чего первая значащая цифра записывается в разряде единиц, а остальные – в разряде десятых, сотых и т.д. Например: $a = (3,56 \pm 0,40) \cdot 10^{-9}$ м = $(3,56 \pm 0,40)$ нм

Вычисленные погрешности прямых и косвенных измерений должны округляться до одной значащей цифры, за исключением тех случаев, когда она равна 1. В этом случае сохраняется две значащих цифры, причём вторая из них округляется до 5.

При записи констант и других заданных чисел часто применяется неявный способ указания их погрешностей: выписываются только надёжно известные значащие цифры числового значения, а ненадёжные отбрасываются с применением обычных правил округления. Запись $L = 1,2$ м читается как $L = (1,20 \pm 0,05)$ м и так далее.

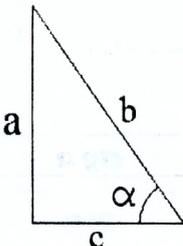
Приложение 7. Основные сведения из математики

1. Элементарная алгебра

Формулы сокращённого умножения	
Квадрат суммы (разности)	$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2 \cdot a \cdot b + b^2$
Разность квадратов	$a^2 - b^2 = (a + b) \cdot (a - b)$
Куб суммы (разности)	$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3 \cdot a \cdot b^2 + 3 \cdot a^2 \cdot b \pm b^3$
Сумма кубов	$a^3 + b^3 = (a + b) \cdot (a^2 - a \cdot b + b^2)$
Разность кубов	$a^3 - b^3 = (a - b) \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)$

Действия с дробями				
Сложение и вычитание		Умножение		Деление
$\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d \pm b \cdot c}{b \cdot d}$		$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$		$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$
Пропорция и её свойства				
$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$	a и d – крайние члены, b и c – средние члены пропорции			
$a \cdot d = b \cdot c$	произведение крайних членов равно произведению средних членов			
$\frac{d}{b} = \frac{c}{a}$	крайние члены пропорции можно поменять местами			
$\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$	средние члены пропорции можно поменять местами			
Степенные выражения				
a^2	произносится: квадрат числа a или a в квадрате, или a квадрат			
a^3	произносится: куб числа a или a в кубе, или a куб			
\sqrt{a}	произносится: корень квадратный из числа a			
$\sqrt[3]{a}$	произносится: корень кубический из числа a			
Действия со степенными выражениями				
$a^0 = 1$	$a^1 = a$	$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$	$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$	$\frac{a^m}{a^n} = \sqrt[n]{a^m}$
$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$	$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$	$a^m \cdot b^m = (a \cdot b)^m$	$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m$

2. Элементарная тригонометрия

	$a = b \cdot \sin \alpha$ $c = b \cdot \cos \alpha$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{a}{c}$ $\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{c}{a}$
-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Основные тригонометрические соотношения

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$$

$$\cos \alpha = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$$

$$tg\alpha = \frac{\sin \alpha}{\pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{ctg\alpha}$$

$$ctg\alpha = \frac{\pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{tg\alpha}$$

Выбор знака перед корнем зависит от того, в какой четверти находится угол α .

4. Некоторые значения тригонометрических функций

α		$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$tg \alpha$	$ctg \alpha$
град	рад				
0	0	0	1	0	∞
5	$\pi/36$	0,087	0,996	0,088	11,430
10	$\pi/18$	0,174	0,985	0,176	5,671
15	$\pi/12$	0,259	0,966	0,268	3,732
20	$\pi/9$	0,342	0,940	0,364	2,747
25	$5\pi/36$	0,423	0,906	0,466	2,145
30	$\pi/6$	0,500	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$	$\frac{\sqrt{3}}{3} = 0,577$	$\sqrt{3} = 1,732$
35	$7\pi/36$	0,574	0,819	0,700	1,428
40	$2\pi/9$	0,643	0,766	0,839	1,192
45	$\pi/4$	$\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$	$\frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707$	1	1
60	$\pi/3$	$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$	0,500	$\sqrt{3} = 1,732$	$\frac{\sqrt{3}}{3} = 0,577$
90	$\pi/2$	1	0	∞	0
180	π	0	-1	0	$-\infty$
270	$3\pi/2$	-1	0	$-\infty$	0

5. Формулы приведения

α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$tg \alpha$	$ctg \alpha$
$\frac{\pi}{2} - \alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$ctg \alpha$	$tg \alpha$
$\frac{\pi}{2} + \alpha$	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-ctg \alpha$	$-tg \alpha$
$\pi - \alpha$	$\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-tg \alpha$	$-ctg \alpha$
$\pi + \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$tg \alpha$	$ctg \alpha$
$\frac{3\pi}{2} - \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$ctg \alpha$	$tg \alpha$
$\frac{3\pi}{2} + \alpha$	$-\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-ctg \alpha$	$-tg \alpha$
$2\pi - \alpha$	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-tg \alpha$	$-ctg \alpha$
$2\pi + \alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$tg \alpha$	$ctg \alpha$
$-\alpha$	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-tg \alpha$	$-ctg \alpha$

6. Элементы векторной алгебры и аналитической геометрии

Сложение векторов	
<p><i>a</i> – правило параллелограмма; <i>б</i> – правило треугольника; <i>в</i> – правило многоугольника</p>	
Вычитание векторов	Умножение вектора на скаляр
Скалярное произведение двух векторов	Векторное произведение двух векторов
$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \alpha$	$\vec{a} \times \vec{b} = a \cdot b \cdot \sin \alpha = -(\vec{b} \times \vec{a})$
Проецирование вектора \vec{a} на оси x и y	
	$a_x = x_2 - x_1 = a \cdot \cos \alpha;$ $a_y = y_2 - y_1 = a \cdot \sin \alpha$ <p>где a_x – проекция вектора \vec{a} на ось x; a_y – проекция вектора \vec{a} на ось y; x_1 и y_1 – координаты начала вектора \vec{a}; x_2 и y_2 – координаты конца вектора \vec{a}; α – угол между вектором \vec{a} и осью x.</p> $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ – модуль вектора, выраженный через его проекции

Треугольник

Сумма внутренних углов

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi$$

Теорема косинусов

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

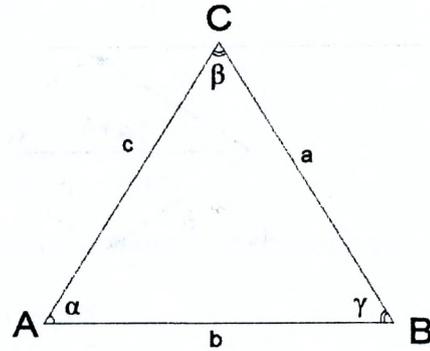
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$$

Теорема синусов

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$$

R – радиус описанной окружности



Длина медианы, которую провели из вершины A:

$$m_A = \frac{1}{2} \sqrt{2 \cdot b^2 + 2 \cdot c^2 - a^2}$$

Длина высоты, которую провели из вершины A:

$$h_A = \frac{2\sqrt{p \cdot (p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}}{a}$$

p – полупериметр

Длина биссектрисы, которую провели из вершины A:

$$l_A = \frac{2\sqrt{b \cdot c \cdot p \cdot (p-a)}}{b+c}$$

Прямоугольный треугольник

Сумма острых углов

$$\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$$

Теорема Пифагора

$$c^2 = a^2 + b^2$$

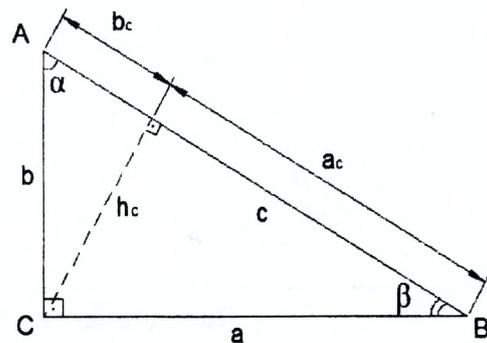
Связь между сторонами и углами

$$a = c \cdot \sin \alpha = c \cdot \cos \beta$$

$$b = c \cdot \sin \beta = c \cdot \cos \alpha$$

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha = c \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

$$b = a \cdot \operatorname{tg} \beta = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$



Площадь треугольника

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h_B = \frac{1}{2} \cdot c \cdot h_C$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot \sin \gamma = \frac{1}{2} \cdot a \cdot c \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot \sin \alpha$$

$$S = \sqrt{p \cdot (p-a) \cdot (p-b) \cdot (p-c)}$$

$$S = \frac{a \cdot b \cdot c}{4R} = p \cdot r$$

R – радиус описанной окружности; r – радиус вписанной окружности

Параллелограмм

Сумма углов

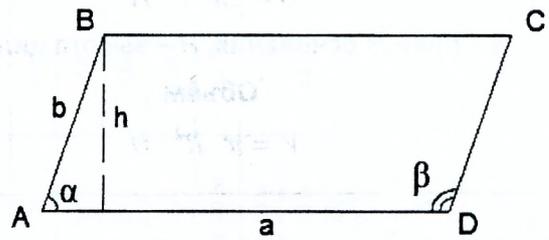
$$\alpha + \beta = \pi$$

Площадь

$$S = a \cdot h = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

Свойство диагоналей

$$|AC|^2 + |BD|^2 = 2 \cdot (a^2 + b^2)$$



Ромб

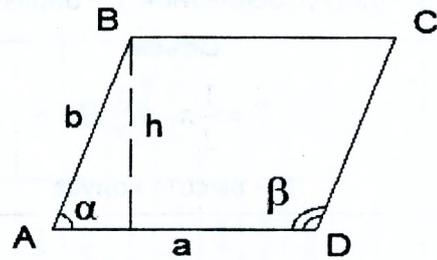
Сумма углов

$$\alpha + \beta = \pi$$

$$|AB| = |BC| = |CD| = |AD| = a$$

Площадь

$$S = a \cdot h = a^2 \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot |AC| \cdot |BD|$$



Трапеция

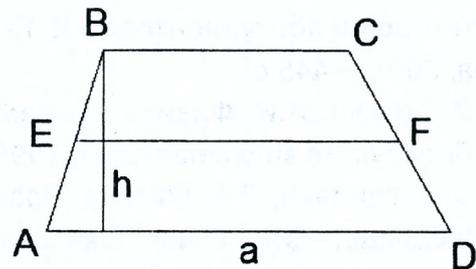
$$AD \parallel BC$$

Средняя линия

$$|EF| = \frac{1}{2} \cdot (a + b)$$

Площадь

$$S = |EF| \cdot h = \frac{1}{2} \cdot (a + b) \cdot h$$



Окружность и круг

Длина окружности

$$L = 2\pi \cdot R = \pi \cdot d$$

d – диаметр окружности

Длина дуги

$$l = \alpha \cdot R$$

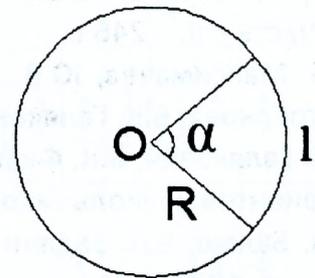
α – центральный угол, (рад)

Площадь круга

$$S = \pi \cdot R^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Площадь сектора

$$S_{\text{сек}} = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \alpha$$



Шар

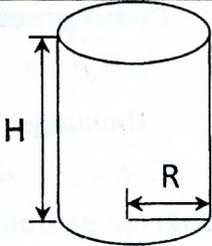
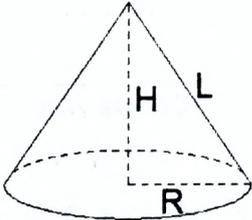
Площадь поверхности

$$S = 4\pi \cdot R^2 = \pi \cdot d^2$$

R – радиус шара, d – диаметр шара

Объем

$$S = \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 = \frac{1}{6} \pi \cdot d^3$$

Цилиндр	
<p>Площадь боковой поверхности</p> $S = 2\pi \cdot R \cdot H$ <p>R – радиус основания, H – высота цилиндра</p> <p>Объём</p> $V = \pi \cdot R^2 \cdot H$	
Конус	
<p>Площадь боковой поверхности</p> $S_{бок} = \pi \cdot R \cdot L$ <p>R – радиус основания, L – образующая</p> <p>Объём</p> $V = \frac{1}{3} \pi \cdot R^2 \cdot H$ <p>H – высота конуса</p>	

Литература

1. Галякевич, Б.К. Физика в экзаменационных задачах: Справочник для учителей, репетиторов и абитуриентов/ Б.К. Галякевич, А.И. Болсун. – Мн.: Беларуская энцыклапедыя, 2001. – 445 с.
2. Болсун, А.И. Физика в экзаменационных вопросах и ответах/ А.И. Болсун, – Мн.: Беларуская энцыклапедыя, 1996.
3. Аксенович, Л.А. Физика. Практические занятия/ Л.А. Аксенович, С.М. Жаврид, И.Н. Медведь. – Мн.: Вышэйшая школа, 1993. – 292 с.
4. Гольдфарб, Н.И. Сборник вопросов и задач по физике/ Н.И. Гольдфарб, – М.: Высшая школа, 1983. – 351 с.
5. Максимачёв, Ю.В. Методические указания для подготовки к письменному экзамену по физике/ Ю.В. Максимачёв, Т.И. Стрелкова, Б.К. Галякевич. – Мн.: МРТИ, 1990. Часть I, II. – 246 с.
6. Максимачёв, Ю.В. Экзаменационные задания по физике/ Ю.В. Максимачёв, Т.И. Стрелкова, Б.К. Галякевич. – Мн.: БГУИР, 1994. – 33 с.
7. Галякевич, Б.К. Физика. 75 вариантов экзаменационных заданий. Пособие для абитуриентов и школьников/ Б.К. Галякевич. – Мн.: БГУИР, 1995. – 103 с.
8. Балаш, В.А. Задачи по физике и методы их решения/ В.А. Балаш. – М.: Просвещение, 1974. – 414 с.
9. Гурский, И.П. Элементарная физика с примерами решения задач/ под редакцией И.В. Савельева/ И.П. Гурский. – М.: Наука, 1984. – 448 с.
10. Задачи по физике для подготовительных отделений вузов / под редакцией А. И. Гуци. – Мн.: Высшая школа., 1980. – 190 с.
11. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике/ А.П. Рымкевич. – М.: Просвещение, 1988. – 191 с.

Ответы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Равномерное, равнопеременное движение</i>	17 м	4,5 с	на 20 с	6,2 м/с	50 км/ч	9,6 м/с	30 км/ч	1,2V	1 м/с	2,5 м/с	3 м/с ²	20 м/с	2 с
<i>Свободное падение</i>	20 м	3,41 с	15 м/с	31 м/с; 3 с	10,2 м/с	3,8 с; 21 м/с	10 м	20 м	0,6 с	2 с	15 м/с	2 с	4 с
<i>Движение по окружности</i>	4,5 м/с	6,3 м/с	4 рад/с	1800	20 м/с ²	3,14 м/с ²	30 м/с ²	в 2 раза	19 м/с	в 2 раза	233 м/с	24 м/с	100 с
<i>Законы Ньютона</i>	4 Н	30 Н	12 м/с ² ; 0 м/с ²	5 т	1,66 м/с ²	16,6 Н	5 кН/м	50 м/с ²	0,2 м/с ² ; 1,2 м/с	15 см	1 см	1,6 Н	27 Н
<i>Импульс. ЭСИ.</i>	64,5 кг	4 м/с	2·10 ⁷ Н·с	1,6 м/с	100 м/с	14 Н·с; 20 Н·с	1,4 Н·с	17·10 ⁻³ Н·с	1,8 Н·с	0,04 Н·с	На 0,04 Н·с	30 м/с	1,5 м/с
<i>Работа. Мощность</i>	90 Вт	20 кВт	30 Дж	500 Вт	12,5 Вт	- 16 Дж	8 кН/м	3200 Дж	- 200 Дж	- 55 Дж	70 Дж	2,6·10 ⁶ Дж	- 150 мДж
<i>Энергия. ЭСЭ.</i>	150 Дж	0,3 кг	2 кг; 4 м/с	4,5 Дж	1,8 кДж	в 2 раза	в 4 раза	2 Дж	2 кДж	в 2,25 раза	4,5 кДж	на 750 Дж	5 Дж
<i>Статика</i>	1,0 Н·м	10 Н	—	—	269 Н	3 Н	Нет	169 Н	7 Н; 1 Н; 5 Н	4,23 Н	5 Н	22 Н	45°
<i>Гидростатика</i>	4/5	5 кг	0,9 кПа	50 Н	0,4 м	60 м	5 кПа	900 кг	60 Н	100 Н	2,5 Н	в 5 раз	40 Н/м
<i>Мех. колебания и волны</i>	0,02 м	0,25 м	0,5 м/с ²	72°	4 м	31,4 с ⁻¹	0,5 Гц	3,14 с	в 9 раз	500 Н/м	314 мс	4 кг	0,24 Дж
<i>Основы МКТ. Идеальный газ</i>	2324 К	2 кмоль	1930 м/с	700 м/с	1660 Па	600 Па	12,5 м ³	в 1,2 раза	8 Дж/моль·К	880 мг	7 кПа	2 моля	в 3 раза
<i>Термодинамика</i>	4 моль	20 кПа	на 2,5°	0,4 моль	5 Дж	1,5 моль	в 3 раза	180 Дж	830 Дж	15 Дж	17 Дж	124,5 Дж	415 Дж
<i>Тепловые процессы</i>	390 Дж/кг·К	780 Дж/К	4610 Дж	2 кг	4150 Дж/кг·К	226 Дж	4200 Дж	2250 кДж/кг	2 кг	0,5 кг	7,5 г	55°	на 40°
<i>Электростатика</i>	в 2 раза	2,5 мкКл	0,9 м	6 мКл	в 3 раза	в 9 раз	в 4 раза	3 мКл	900 В/м	6 кВ	10 мкКл	0 В/м	150 В/м; 650 В/м
<i>Конденсаторы</i>	в 1,5 раза	1,5 мФ	0,5 мкФ	в 4 раза	1	в 4 раза	15 Дж	13,5 Дж	9 Дж	2,2	70 мкН	1 см	в 1,5 раза
<i>Законы постоянного тока</i>	18 Кл	0,5 мм/с	8 мм ²	3 кОм	24 Ом	95 Ом	168 В	0,20 А	1 Ом	440 Дж	5 с	110 В	2 А
<i>Магнитное поле тока.</i>	2 А	10 мкТл	18,9·мкТл	2 м	0,4 мкТл	3,8 мкТл	0,5 Тл	3 мТл	0,5 Тл	35,7 мкТл; 4,3 мкТл	0,3 Н	8 Н	3 м
<i>Электромагнитная индукция</i>	2 мВб	2 Тл	0 Вб	40 мВб	0,6 Вб	60 А	60 мВб	100 с	50 мс	20 мВб	0,3 с	0,45 с	6 А
<i>Электромагнитные колебания</i>	1,6 мкКл	50 мГн	5 А; 100 Гц; 10 мс; 3,5 А	628 м	10 А	0,2 МГц; 0,5 мкс	199 кгГц; 796 кгГц	45 км	10 мкФ; 0,2 мкДж	в 4 раза	2 А	2 мКл	0,5 Дж
<i>Переменный электр. ток</i>	71 В	2,1 А	100 мкФ	0,1 мс; 10 кгГц	63 Ом	80 Ом	25 Гц	1,8 А; 1,3 А	500 В; 357 В	3 мкФ	в 200 раз	0,2 Гн	125 В; 20 мс; 50 Гц; 0; 63 В
<i>Оптика</i>	20 см	15 см	0,04 м ²	20 м/с	0,88 м	1,7	1,25	в 2 раза	75°	1,1	2,3 м	4 см	0,5 см
<i>Волновая оптика</i>	4·10 ¹⁴ Гц; 2,3·10 ⁸ м/с	в 1,86 раз	377,6 нм	720 нм	133,3 нм	5·10 ⁻⁷ м	5066 нм	0,6л рад	0,45 мкм	4·10 ³ ; 6·10 ³ ; 9,7·10 ³	1,3 м	3,8 см	2 м
<i>Основы СТО</i>	8,2·10 ⁻³⁴ Дж	= 8,2·10 ⁻³⁴ Дж; = 0,051 МэВ	= 1,5·10 ⁻¹⁰ Дж; = 939,4 МэВ	в 1,51 раза	2,6·10 ⁸ м/с	1,98·10 ⁸ м/с	16,6 см	в 1,16 раза	1,005· 10 ¹¹ Кл/кг	3,7· 10 ⁻¹² кг	8,58· 10 ⁻²⁸ кг	0,8 м	2 г
<i>Основы квантовой физики</i>	6,6 эВ	60 Вт	2,5 эВ	в 1,6 раза	в 1,5 раза	2,8 эВ	3,75 эВ	10 ¹⁸	в 100 раз	1000 тГц	в 4 раза	1,2 В	на 3,2 эВ
<i>Физика атома</i>	0,45 мкм	3,5 эВ	3,4 эВ	- 2,4 эВ	4,3·10 ⁻⁷ м	2,9·10 ¹⁵ Гц	6	4,1·10 ⁻¹⁹ Дж	- 5,42· 10 ⁻¹⁹ Дж	- 4,1· 10 ⁻¹⁹ Дж	4,34· 10 ⁻⁷ м	5	655 нм
<i>Атомное ядро и элементарные частицы</i>	8	4	4	24	на 6	в 5,75 раза	в 2 раза	1	26	в 1,25 раза	98	на 1	0

Ответы (продолжение)

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>Равномерное, равнопеременное движение</i>	2 м/с ²	в 3 раза	2 м/с	3 м/с ²	5 с	за 2 с	50 м	0,04 м/с ²	24 м	1,5 м/с ²	1 с	1,5 м/с ²	8 м
<i>Свободное падение</i>	3,5 с	30 м; 90 м; 150 м	41,6 м	в 11 раз	49 м/с	30 м/с	19 м; 1,5 с	0,86 с; 4,9 с					
<i>Движение по окружности</i>	1	100	300 м	в 20 раз	в 36 раз	в 1,1 раза	4 м	25	90 см	40 м/с ²	3,8 м	28,5	
<i>Законы Ньютона</i>	48 т	900 кг/м ³	0,5 кг	200 Н/м	40 Н	0,2	50 Н	10 Н	3 Н	65 Н	14 Н	5 рад/с	45 кН
<i>Импульс. ЗСИ.</i>	в 1,5 раза	3	4 Н·с	1 м	6 м/с	16 Н·с; 48 Н·с 16 Н	10 кН; 100 Н·с	20 с; 200 Н·с					
<i>Мех. работа. Мощность.</i>	30 кВт	0,4 Дж	150 кДж	50 Дж	1 Дж	- 200 Дж	0,18 м	2,5 Дж	- 4 Дж	0,3 Дж	0,3 Дж	43 кН	
<i>Энергия. ЗСЭ.</i>	0,5 Дж	1,41 м/с	9 м	2 м/с	- 7 Дж	21 Дж	2 Дж	175 Дж	2 Н	36 кДж	54 Дж	5 Дж	
<i>Статика</i>	100 Н	4 Н	17,3 Н	1,4 Н	500 Н	0 Н·м	1 Н·м	6,4 м	1,3 м				
<i>Гидростатика</i>	1,25 Н	225 Н	250 кг/м ³	1250 кг/м ³	1200 кг/м ³	3р/2							
<i>Мех. колебания и волны</i>	30 Гц	0,34 м	0,5 м	0,33 м	1450 м/с	1 м	6,3 м/с	1 с	0,4 м/с ²	12,6 с	4 см	в 5 раз	1 м
<i>Основы МКТ. Идеальный газ</i>	в 22,5 раза	в 1,4 раза	0,72 кг	2 кг	10 моль	в 2 раза	1,92 м ³	10 кПа	546 К	в 1,5 раза	на 327°	в 4 раза	900К
<i>Термодинамика</i>	- 53 Дж	25 %	375 К	в 1,5 раза	240 кПа	174 Дж	50 Дж	150 Дж	249 Дж	4160 Дж	120 Дж	80 Дж	160 г
<i>Тепловые процессы</i>	1050 Дж	4,2 м	3	на 0,6°	100 г	42 %	4,95 г	в 2 раза	в 3 раза				
<i>Электростатика</i>	1 см	2 мкДж	705 Дж	3 Дж	40 мДж	25 Н	в 10 раз	1,25 м	в 4 раза	в 3 раза	150 мкН	296 Н	1 мг
<i>Конденсаторы</i>	в 2 раза	15 мДж	120 мДж	200 В	3 мкДж	10 мКл	18 мкФ						
<i>Законы постоянного тока</i>	15 В	10 Ом	в 1,5 раза	1 мм ²	9 Ом	0,2 А	1,5 А	8640 Кл	1,4 В	0,7 А	75 Вт	65 %	
<i>Магнитное поле тока.</i>	в 9 раз	2500 кг/м ³	на 45°	10 А	0 Н	0,1 Тл	1 мкКл	в 2 раза	12 мкН	6,3 с	0,05 Н·м		
<i>Электромагнитная индукция</i>	3 В	3 мГн	4 А	в 3 раза	0,25 Кл	1 В	100	1,2 Дж	3,1 Кл	в 4 раза	1,5 Дж		
<i>Электромагнитные колебания</i>	0,5 А	3,5 мм	2350 м	3 мГн	в 1,25 раза								
<i>Переменный электрич. ток</i>	796 Гц	40 мкГн	50 В	282 В	8,0 мкФ	1760 Вт							
<i>Оптика</i>	на 10 см	—	—	—	7,5 см;	1,25 дптр; 1 м	0,5	2 дптр	40 дптр				
<i>Волновая оптика</i>	0,5 мм	500 нм	4	30°	13	500 нм	100 нм	9					
<i>Основы СТО</i>	9·10 ⁻¹³ Дж	2,6·10 ⁸ м/с	8,6·10 ⁻¹⁴ Дж	2,6·10 ⁸ м/с	в 3,6 раза	в 1,5 раза	3,6·10 ⁻²² кг·м/с						
<i>Основы квантовой физики</i>	2,5 эВ	2,5 эВ	2 мкКл	2,8 эВ	0,6 нм								
<i>Физика атома</i>	3,4 эВ	3	16/7	12,1 эВ	2,2·10 ⁸ м/с; 4,1·10 ¹⁶ рад/с	14,4 эВ	5; 4,6·10 ⁻¹⁹ Дж						
<i>Атомное ядро и элементарные частицы</i>	на 4	2	²³⁵ ₉₂ U	⁰ ₀ γ	⁴ ₂ He	на 20	3 т	939,4 МэВ	0,9 МэВ	3,5·10 ⁻¹¹ Дж	64 ч	1,5 кг	

Ответы (продолжение)

	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
<i>Равномерное, равнопеременное движение</i>	15 м/с	в 3 раза	—	59 м	8 м/с	0,5 м/с	в 4,2 раза	в 1,25 раза	—	12 с	—	
<i>Механические колебания</i>	8 см	314 мс	в 1,69 раз	в 4 раза	0,2 м	в 2,7 раза	0,34 м	3,2 с				
<i>Основы МКТ. Идеальный газ</i>	0°	1										
<i>Термодинамика</i>	124,5 Дж	415 Дж	2490 Дж	300 К	400 Дж	20 %	0,17	80°	25 %	1 кДж	500 Дж	в 1,25 раза
<i>Электростатика</i>	45°	8 м	16 В/м	75 В	541 В	3 В	30 кВ/м	150 В	10 м/с			

Учебное издание

Составители:

Кушнер Татьяна Леонидовна
Янусик Ирина Семеновна
Яромская Людмила Николаевна

Сборник задач по физике

для иностранных слушателей факультета довузовской подготовки

Ответственный за выпуск: Кушнер Т.Л.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Щерба О.В.

ISBN 978-985-493-245-3



Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009г.

Подписано к печати 12.04.2013 г. Формат 60x84 ¹/₈.

Бумага «Снегурочка» Усл. печ. л. 9,8. Уч. изд. л. 10,5.

Заказ № 245. Тираж 100 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.