

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

# ***Сборник задач по физике***

БРЕСТ 2012

УДК 538. 91, 548.73,378.147:53

ББК 74.265.1 я 73

Ч 75

**Рецензент:** Секержицкий В.С., к. ф.- м. н., доцент «БрГУ им. А.С. Пушкина»

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

**Ч 75** Сборник задач по физике. – Брест, из-во БрГТУ, 2012. – 95 с.

**ISBN 978-985-493-228-6**

Сборник задач по физике составлен в соответствии с программой по физике для поступающих в высшие учебные заведения. Предлагаемые задачи призваны закрепить базовые знания абитуриентов по физике. Основная цель – привить необходимые навыки к решению элементарных физических задач и закрепить теоретический материал. Задачи, обозначенные звездочкой, позволяют развить практику в математических вычислениях. В сборник включен справочный материал, необходимый для решения задач.

Сборник предназначен для самостоятельной работы слушателей факультета довузовской подготовки на аудиторных занятиях и дома, абитуриентов, готовящихся к централизованному тестированию по физике.

УДК 538. 91, 548.73,378.147:53

ББК 74.265.1 я 73

ISBN 978-985-493-228-6

© Коллектив авторов, 2012

Брест, БрГТУ, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

От авторов .....	4
1. Кинематика	
Равномерное движение. Неравномерное движение .....	5
Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально вверх, горизонтально .....	11
Движение материальной точки по окружности с постоянной по модулю линейной скоростью .....	13
2. Динамика материальной точки	
Законы Ньютона .....	16
Импульс. Закон сохранения импульса .....	19
Энергия. Закон сохранения механической энергии .....	22
Механическая работа. Мощность.....	25
3. Статика .....	28
4. Гидростатика .....	29
5. Механические колебания и волны .....	32
6. Молекулярная физика и термодинамика	
Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества	
Идеальный газ .....	37
Термодинамика. Циклические процессы .....	41
Тепловые процессы .....	45
7. Электродинамика	
Электростатика .....	48
Конденсаторы .....	54
Законы постоянного тока .....	56
Магнитное поле тока. Сила Ампера. Сила Лоренца .....	62
Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля .....	67
Электромагнитные колебания в контуре .....	71
Переменный электрический ток .....	74
8. Оптика	
Геометрическая оптика .....	76
Волновая оптика .....	80
9. Основы специальной теории относительности .....	84
10. Основы квантовой физики .....	86
11. Физика атома .....	88
12. Атомное ядро и элементарные частицы .....	91
13. Приложения .....	94
14. Литература .....	103

## От авторов

Настоящий сборник предназначен для 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. Простые задачи, для решения которых требуется применить лишь одну формулу, предшествуют более сложным (помечены звёздочкой), решение которых основано на применении двух и более формул. Задачи со звёздочкой призваны развить навык математических вычислений, который необходим абитуриентам при решении тестов. 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 приложении. Единицы измерений физических величин выдержаны в системе СИ.

В начале каждого раздела для удобства обучающихся приведен ряд необходимых для решения формул. Рядом с каждой задачей имеется ответ. В конце сборника приведены справочные данные по физике и элементарной математике.

Авторы надеются, что сборник будет полезен не только слушателям подготовительных отделений, но и лицам, самостоятельно готовящимся к централизованному тестированию или к письменному вступительному экзамену по физике в высшее учебное заведение, а также учителям и репетиторам физики.

## Кинематика

Равномерное движение. Неравномерное движение

### Основные формулы

*Равномерное прямолинейное движение*

$\vec{s} = \vec{v}t$  – перемещение тела за время  $t$ , где  $\vec{v} = \text{const}$  – вектор скорости тела;

$S_x = V_x t - S_x$  и  $V_x$  – проекции перемещения и скорости на ось OX;

$L = |\vec{v}_x|t$  – путь за время  $t$ ;

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

$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$  – 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.

*Равноускоренное прямолинейное движение*

$\vec{a} = \text{const}$  – ускорение тела;

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$  – скорость тела в момент времени  $t$ ;

$V_x = V_{0x} + a_x t - V_x$ ,  $V_{0x}$ ,  $a_x$  – проекции скорости и ускорения на ось OX;

$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$  – перемещение тела за время  $t$ ;

$S_x = V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$  – проекция перемещения тела на ось OX;

$V_x^2 = V_{0x}^2 + 2a_x S_x$  – скорость тела через расстояние  $S_x$ ;

$x = x_0 + V_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$  – уравнение движения.

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 спустя  $t = 4$  с после начала отсчёта времени.

Ответ: 17 м

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?

Ответ: 4,5 с

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?

Ответ: на 20 с

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.

Ответ: 6,2 м/с

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 среднюю скорость автомобиля.

Ответ: 50 км/ч

6. Половину пути тело двигалось со скоростью  $V_1 = 12$  м/с, а оставшийся путь – со скоростью  $V_2 = 8$  м/с. Определить среднюю скорость тела.

Ответ: 9,6 м/с

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 среднюю скорость автомобиля.

Ответ: 30 км/ч

8. Три четверти своего пути велосипедист проехал со скоростью  $V$ , а остальную часть пути – со скоростью  $3V$ . Определить среднюю скорость велосипедиста.

Ответ:  $1,2V$

9. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, который идет со скоростью  $V_1 = 54$  км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого  $V_2 = 36$  км/ч, а длина  $L = 0,25$  км?

Ответ: 10 с

10. Скорость лодки, плывущей по течению реки, равна  $V_1 = 6$  м/с относительно берега. Определить скорость течения, если скорость лодки в стоячей воде в 2 раза больше скорости течения.

Ответ: 2 м/с.

11. Материальная точка движется прямолинейно вдоль оси  $X$  по закону  $x = 9 - 0,5 t^2$ , где  $x$  – координата в метрах,  $t$  – время в секундах. Определить модуль скорости точки в момент времени  $t = 1$  с.

Ответ: 1 м/с

12. Трогаясь с места, автомобиль движется равноускоренно и достигает скорости  $V = 5$  м/с. Определить среднюю скорость автомобиля за время набора скорости.

Ответ: 2,5 м/с

13. Материальная точка движется вдоль оси  $X$  по закону:  $x = 3 + 2t - 1,5 t^2$ , где  $x$  – расстояние в метрах,  $t$  – время в секундах. Определить модуль ускорения точки.

Ответ:  $3 \text{ м/с}^2$

14. Материальная точка движется вдоль оси  $X$  по закону  $x = 2(5 + t)^2 \text{ м}$ , где  $t$  – время в секундах. Определить модуль начальной скорости точки.

Ответ:  $20 \text{ м/с}$

15. Проекция скорости тела на ось  $X$  при движении вдоль оси  $X$  меняется по закону  $V_x = (4 - 2t) \text{ м/с}$ , где  $t$  – время в секундах. В какой момент времени движение тела становится равноускоренным?

Ответ:  $2 \text{ с}$

16. Автомобиль, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, преодолел за  $t = 10 \text{ с}$  расстояние  $S = 100 \text{ м}$ . Найти ускорение автомобиля.

Ответ:  $2 \text{ м/с}^2$

17. Тело движется равноускоренно из состояния покоя. Во сколько раз путь, пройденный телом за вторую секунду движения, больше пути, пройденного за первую секунду?

Ответ: в 3 раза

18. Тело движется равнозамедленно с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$  и начальной скоростью  $V_0 = 4 \text{ м/с}$ . Определить модуль скорости тела после прохождения им  $L = 3 \text{ м}$  пути.

Ответ:  $2 \text{ м/с}$

19. Тело, двигаясь 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.

Ответ:  $3 \text{ м/с}^2$

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

Ответ:  $5 \text{ с}$

21. 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  $a = 3 \text{ м/с}^2$ ?

Ответ: за  $2 \text{ с}$

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

Ответ:  $50 \text{ м}$

23. Тело соскальзывает по наклонной плоскости, проходя за  $t = 10 \text{ с}$  путь  $S = 2 \text{ м}$ . Начальная скорость тела равна нулю. Считая движение равноускоренным, определить модуль ускорения тела.

Ответ:  $0,04 \text{ м/с}^2$

24. Скорость автомобиля, движущегося 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, пройденный автомобилем за время указанного изменения скорости.

Ответ: 24 м

25. 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.

Ответ:  $1,5 \text{ м/с}^2$

26. В момент начала отсчета времени тело движется со скоростью  $V = 5 \text{ м/с}$  и ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Считая движение равнозамедленным, определить, за какой промежуток времени тело пройдет путь, равный  $S = 4 \text{ м}$ .

Ответ: 1 с.

27. Трогаясь с места, автомобиль движется равноускоренно и к концу второй секунды движения приобретает скорость  $V = 3 \text{ м/с}$ . Определить модуль ускорения автомобиля.

Ответ:  $1,5 \text{ м/с}^2$

28. 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?

Ответ: 8 м

29\*. В осях  $(t, v)$ , где  $t$  — время в секундах, а  $v$  — скорость в метрах в секунду, зависимость модуля скорости тела от времени имеет вид прямой, соединяющей точки  $(0; 3)$  и  $(2; 9)$ . Какой путь проходит тело за промежуток времени от  $t_1 = 0 \text{ с}$  до  $t_2 = 2 \text{ с}$ ?

Ответ: 12 м

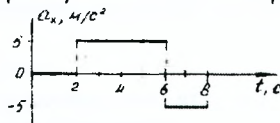
30\*. График  $x$ -координаты тела изображается прямой, проходящей через точки  $(0; 6)$  и  $(3; 0)$ , (время — в секундах,  $x$  — в метрах). Определить проекцию скорости тела на ось  $X$ .

Ответ:  $-2 \text{ м/с}$

31\*. График зависимости скорости от времени для первого тела изображается прямой, проходящей 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?

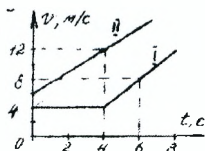
Ответ: в 3 раза

32. 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 0.



33. 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 10 с от начала движения.





Ответ: 59 м

34\*. Две автомашины движутся по дороге с постоянными скоростями  $V_1 = 10$  м/с и  $V_2 = 15$  м/с. Начальное расстояние между машинами равно  $S = 1$  км. За сколько секунд вторая машина догонит первую?

Ответ: за 200 с

35\*. Первую половину времени движения вертолет перемещался на север со скоростью  $V_1 = 30$  м/с, а вторую половину времени — на восток со скоростью  $V_2 = 40$  м/с. Определить разность между средней путевой скоростью и модулем скорости перемещения.

Ответ: 10 м/с

36\*. Двигаясь вниз по течению, катер 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.

Ответ: 8 м/с

37\*. Пловец переплывает реку, двигаясь 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.

Ответ: 0,5 м/с

38\*. Пловец переплывает реку по прямой, перпендикулярной к берегу. Определить скорость течения, если модуль скорости пловца относительно воды в  $\sqrt{2}$  раз больше скорости течения. Модуль скорости пловца относительно берега равен  $V = 0,5$  м/с.

Ответ: 0,5 м/с

39\*. Первое тело движется вдоль положительного направления оси  $X$  со скоростью  $V_1 = 5$  м/с, а второе — в отрицательном направлении оси  $X$  со скоростью  $V_2 = 3$  м/с. Определить модуль скорости второго тела относительно первого.

Ответ: 8 м/с

40\*. Теплоход движется со скоростью  $V_T = 10$  м/с вдоль берега озера, а моторная лодка движется перпендикулярно берегу. Определить скорость моторной лодки относительно воды, если ее скорость относительно теплохода равна  $V_M = 20$  м/с.

Ответ: 17,3 м/с

41\*. Материальная точка движется по прямой, совпадающей с осью  $X$ . Проекция вектора скорости точки на ось  $X$  меняется по закону  $v = (14 - 3t)$  м/с, где  $t$  — время в секундах. Определить модуль перемещения точки за время от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 3$  с.

Ответ: 16 м

42\*. При движении материальной точки вдоль прямой проекция вектора скорости на направление движения меняется по закону:  $v = (4 - 2t) \text{ м/с}$ , где  $t$  – время в секундах. Определить путь, пройденный точкой за интервал времени от  $t_1 = 1 \text{ с}$  до  $t_2 = 5 \text{ с}$ .

Ответ: 2 м

43\*. За третью секунду равнозамедленного движения модуль скорости тела уменьшился на  $\Delta V = 1,2 \text{ м/с}$  и стал равным  $V = 8 \text{ м/с}$ . Определить модуль начальной скорости тела.

Ответ: 11,6 м/с

44\*. К концу первой секунды равнозамедленного движения модуль скорости тела равен  $V_1 = 2 \text{ м/с}$ , а к концу второй —  $V_2 = 1 \text{ м/с}$ . Какой путь проходит тело от момента начала движения до остановки?

Ответ: 4,5 м

45\*. Велосипедист движется по прямой дороге со скоростью  $V = 36 \text{ км/ч}$ . В тот момент, когда велосипедист поравнялся с покоящейся машиной, она начала двигаться равноускоренно. Определить модуль скорости машины, когда она догонит велосипедиста.

Ответ: 20 м/с

46\*. Тело движется прямолинейно с ускорением  $a = 4 \text{ м/с}^2$ . Начальная скорость тела равна  $V_0 = 14 \text{ м/с}$ . Какой путь проходит тело за третью секунду своего движения? Вектор ускорения сонаправлен с вектором скорости тела.

Ответ: 24 м

47\*. Тело движется равноускоренно из состояния покоя. Во сколько раз путь, пройденный телом за одиннадцатую секунду, больше пути, пройденного за третью секунду?

Ответ: в 4,2 раза

48\*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0 = 30 \text{ м/с}$ . За какое время от момента бросания тело пройдет путь, равный  $L = 50 \text{ м}$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 4 с

49\*. Тело, брошенное вертикально вверх, побывало на высоте  $h = 45 \text{ м}$  с интервалом  $\Delta t = 8 \text{ с}$ . Определить модуль начальной скорости тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 50 м/с

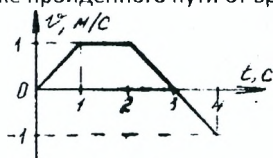
50\*. Зависимость  $x$ -координаты движущегося тела от времени выражается уравнением  $x(t) = 6 - 3t + 2t^2$  ( $x$  - в метрах,  $t$  - в секундах). Определить среднюю путевую скорость тела в интервале времени от  $t_1 = 1 \text{ с}$  до  $t_2 = 4 \text{ с}$ .

Ответ: 7 м/с

51\*. График зависимости скорости тела от времени изображается прямой, проходящей через точки  $(0; 5)$  и  $(2; 0)$  ( $t$  – время в секундах,  $V$  – скорость в метрах в секунду). Во сколько раз путь, пройденный телом, больше модуля перемещения тела за  $t = 8 \text{ с}$  движения?

Ответ: в 1,25 раза

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



53\*. Стоя на ступеньке эскалатора метро, пассажир съезжает вниз за  $t_1 = 30$  с, а по неподвижному эскалатору он спускается за  $t_2 = 20$  с. За какое время спустится пассажир по движущемуся вниз эскалатору?

Ответ: 12 с

**Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально вверх, горизонтально**

**Основные формулы**

$\vec{g} = const$  – ускорение свободного падения;

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

$y = y_0 + V_{oy}t + \frac{g_y t^2}{2}$  – уравнение движения, где  $y_0$  – начальная координата;

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  – время падения тела на землю с высоты  $h$  над её поверхностью без начальной скорости;

$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$  – максимальная высота подъёма.

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.

Ответ: 20 м

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

Ответ: 3,41 с

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? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 15 м/с

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

Ответ: 31 м/с, 3 с

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

Ответ: 10,2 м/с

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

Ответ: 3,8 с, 21 м/с

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

Ответ: 10 м

8\*. Тело, брошенное с поверхности Земли вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 30$  м/с, дважды побывало на высоте  $h = 40$  м. Какой промежуток времени разделяет эти два события? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 2 с

9\*. Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, упало на землю через  $t = 4$  с. На какую максимальную высоту поднялось тело? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: 20 м

10\*. Камень брошен с башни с начальной скоростью  $V_0 = 8$  м/с в горизонтальном направлении. Спустя какое время, после начала движения его скорость станет по модулю равной  $V = 10$  м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 0,6 с

11\*. За последнюю секунду тело, которое свободно падает, пролетело  $\frac{3}{4}$  всего пути. Найти время падения тела.

Ответ: 2 с

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

Ответ: 15 м/с

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

Ответ: 2 с

14\*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0 = 30$  м/с. За какое время от момента бросания тело пройдет путь, равный  $L = 50$  м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 4 с

15\*. Тело поднимают с земли на верёвке с ускорением  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вертикально вверх. Через  $t = 5$  с верёвка оборвалась. Найти время падения тела на землю.

Ответ: 3,5 с

16\*. Тело свободно падает с высоты  $h = 270$  м. Время падения разделили на три равных отрезка. Определить пути, пройденные телом, за каждый промежуток времени.

Ответ: 30 м, 90 м, 150 м

17\*. Во сколько раз путь, пройденный свободно падающим телом за четвёртую секунду, больше, чем путь, пройденный за предыдущую секунду?

Ответ: в 1,4 раза

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

Ответ: 41,6 м

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

Ответ: в 11 раз

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

Ответ: 49 м/с

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

Ответ: 30 м/с

22\*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. На какой высоте его скорость уменьшится в четыре раза и через сколько времени это случится?

Ответ: 19 м, 1,5 с

23\*. Тело брошено вертикально вверх со скоростью  $V_0 = 28$  м/с. Через сколько времени оно достигнет высоты, равной половине максимальной? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 0,86 с, 4,9 с

24\*. Камень брошен с башни с начальной скоростью  $V_0 = 8$  м/с в горизонтальном направлении. Спустя какое время, после начала движения его скорость станет по модулю равной  $V = 10$  м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 0,6 с

25\*. Спортсмен прыгает с вышки в воду. На сколько времени  $\Delta t$  сопротивление воздуха увеличивает время падения спортсмена, если высота вышки  $H = 10$  м, а время падения  $t = 1,8$  с?

Ответ: 0,4 с

## Движение материальной точки по окружности с постоянной по модулю линейной скоростью

### Основные формулы

$v = \frac{\ell}{t}$  – линейная скорость тела, где  $\ell$  – длина дуги, описанной за время  $t$ ;

$\omega = \frac{\varphi}{t}$  – угловая скорость тела, где  $\varphi$  – угол поворота радиуса за время  $t$ ;

$v = \omega R$  – связь линейной скорости с угловой, где  $R$  – радиус окружности;

$T = \frac{t}{N}$  – период вращения,  $N$  – число оборотов за время  $t$ ;

$\nu = \frac{1}{T}$  – частота вращения;

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R - \text{центростремительное ускорение.}$$

1. Тело равномерно движется по окружности радиусом  $r = 2$  м с частотой  $\nu = 0,5$  с<sup>-1</sup>. Определить модуль центростремительного ускорения тела.

Ответ: 20 м/с<sup>2</sup>

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

Ответ: 4,5 м/с

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

Ответ: 4 рад/с

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

Ответ: 1800

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

Ответ: 20 м/с<sup>2</sup>

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.

Ответ: 3,14 м/с<sup>2</sup>

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

Ответ: 30 м/с<sup>2</sup>

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

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: 19 м/с

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

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: 233 м/с

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

Ответ: 24 м/с

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

Ответ: 100 с

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

Ответ: 1

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

Ответ: 100

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

Ответ: 300 м

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

Ответ: в 20 раз

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

Ответ: в 36 раз

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

Ответ:  $1,41\pi$

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

Ответ: 4 м

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

Ответ: 25

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

Ответ: 90 см

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

Ответ:  $40$  м/с<sup>2</sup>

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

Ответ: 3,8 м

25\*. Волчок, вращаясь с частотой  $\nu = 45$  с<sup>-1</sup>, свободно падает с высоты  $h = 2$  м без начальной скорости. Сколько оборотов  $N$  сделает волчок за время падения?

Ответ: 28,5

## Динамика материальной точки

### Законы Ньютона

#### Основные формулы

$m = \rho V$  – масса однородного тела, где  $\rho$  – плотность тела;  $V$  его объём;

$m\vec{a} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$  – второй закон Ньютона для случая  $m = \text{const}$ , где  $\vec{a}$  – ускорение материальной точки;

$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$  – равнодействующая сил  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_N$ , действующих на материальную точку (принцип суперпозиции);

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

$|\vec{F}_{\text{Гук}}| = k|\Delta\vec{l}|$  – закон Гука, где  $|\Delta\vec{l}|$  – модуль линейной деформации тела (удлинение, сжатие),  $k$  – коэффициент жёсткости;

$F_{\text{Гук}} = -kx$  – закон Гука в проекции на ось  $X$ ;

$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  – закон всемирного тяготения, где  $\vec{F}$  – сила притяжения тел массами  $m_1$  и  $m_2$ ;  $r$  – расстояние между ними;

$\vec{F} = m\vec{g}$  – сила тяжести материальной точки массой  $m$ , где  $\vec{g}$  – ускорение свободного падения;

$F_{\text{тр}} = \mu N$  – сила трения скольжения, где  $N$  – сила реакции опоры;  $\mu$  – коэффициент трения;

$\vec{P} = -\vec{N}_p$  – вес тела, где  $\vec{N}_p$  – сила реакции опоры.

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

Ответ: 4 Н

2\*. Если модуль равнодействующей всех сил, действующих 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.

Ответ: 30 Н

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.

Ответ:  $12 \text{ м/с}^2, 0 \text{ м/с}^2$

4\*. С помощью лебедки, развивающей усилие  $F = 5000 \text{ Н}$  в горизонтальном направлении, равномерно передвигают ящик с оборудованием вдоль горизонтальной поверхности. Коэффициент трения ящика о поверхность равен  $\mu = 0,1$ . Найти массу передвигаемого груза.

Ответ: 5000 кг



5. На тело массой  $m = 2$  кг, лежащее на поверхности Луны, действует сила тяжести, равная по модулю  $F = 3,32$  Н. Определить модуль ускорения свободного падения для Луны.

Ответ:  $1,66$  м/с<sup>2</sup>

6. Модуль ускорения свободного падения вблизи поверхности Луны равен  $a = 1,66$  м/с<sup>2</sup>. Определить модуль силы тяжести, действующей на тело на поверхности Луны, если на поверхности Земли на это тело действует сила тяжести  $F_T = 100$  Н.

Ответ:  $16,6$  Н

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

Ответ:  $5000$  Н/м

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

Ответ:  $50$  м/с<sup>2</sup>

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

Ответ:  $0,2$  м/с<sup>2</sup>,  $1,2$  м/с

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

Ответ:  $0,15$  м

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

Ответ:  $0,01$  м

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

Ответ:  $1,6$  Н

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, действующих на тело.

Ответ:  $27$  Н

14. Имеется полная цистерна нефти. Найти в тоннах массу нефти в цистерне, если ее объем равен  $V = 60$  м<sup>3</sup>, а плотность нефти равна  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ:  $48$  т

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

Ответ:  $900$  кг/м<sup>3</sup>.

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

Ответ:  $0,5$  кг

17\*. Масса планеты в 8 раз больше массы Земли, а ее радиус в 2 раза больше радиуса Земли. Определить, во сколько раз ускорение свободного падения на поверхности планеты больше, чем на поверхности Земли.

Ответ: в 2 раза

18\*. Коэффициент упругости пружины, составленной из двух параллельно соединенных пружин одинаковой длины, равен  $k = 450 \text{ Н/м}$ . Коэффициент упругости одной из этих пружин равен  $k_2 = 250 \text{ Н/м}$ . Определить коэффициент упругости второй пружины.

Ответ: 200 Н/м

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

Ответ: 40 Н

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

Ответ: 0,2

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

Ответ: 50 Н

22\*. Два тела, связанные невесомой и нерастяжимой нитью, движутся равномерно по горизонтальной поверхности под действием силы  $F = 20 \text{ Н}$ , направленной горизонтально и приложенной к одному из тел. Определить модуль силы натяжения нити, если массы тел одинаковы и равны  $m = 10 \text{ кг}$ . Коэффициент трения равен  $\mu = 0,1$ .

Ответ: 10 Н

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

Ответ: 3 Н

24\*. Два тела связаны невесомой нитью, перекинутой через блок, закрепленный на вершине гладкой наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол  $\alpha = 30^\circ$ . Масса тела, находящегося на наклонной плоскости  $m_1 = 1 \text{ кг}$ , а масса свешивающегося тела  $m_2 = 4 \text{ кг}$ . Определить модуль ускорения тел.

Ответ:  $7 \text{ м/с}^2$

25\*. Груз массой  $m = 5 \text{ кг}$ , привязанный к невесомой и нерастяжимой веревке, поднимают вертикально вверх с ускорением  $a = 3 \text{ м/с}^2$ . Определить модуль силы натяжения веревки. Груз находится вблизи поверхности Земли.

Ответ: 65 Н

26\*. К покоящемуся грузу массой  $m = 1$  кг приложена постоянная вертикальная сила, поднимающая его за  $t = 1$  с на высоту  $h = 2$  м. Определить модуль этой силы.

Ответ: 14 Н

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

Ответ: 5 рад/с

28\*. 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 максимальное значение модуля силы давления автомобиля на мост.

Ответ: 45 кН

### Импульс. Закон сохранения импульса

#### Основные формулы

$\vec{p} = m\vec{v}$  – импульс тела (количество движения), где  $m$  – масса тела,  $\vec{v}$  – скорость тела;

$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$  – второй закон Ньютона, где  $\vec{F}\Delta t$  – импульс силы,  $\Delta t$  – время её действия,  $\Delta\vec{p}$  – изменение импульса тела;

$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$  – закон сохранения импульса, где  $m_1\vec{v}_1, m_2\vec{v}_2$  – импульсы тел до взаимодействия;  $m_1\vec{v}_1', m_2\vec{v}_2'$  – импульсы тел после взаимодействия.

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

Ответ: 64,5 кг

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.

Ответ: 4 м/с

3. Поезд массой  $m = 2000$  т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость с  $V_1 = 36$  до  $V_2 = 72$  км/ч. Найти изменение импульса  $\Delta p$  поезда.

Ответ:  $2 \cdot 10^7$  кг·м/с

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?

Ответ: 1,6 м/с

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

Ответ: 100 м/с

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

Ответ: 14,1 кг·м/с, 20 кг·м/с

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  $\Delta p$ .

Ответ: 1,4 кг·м/с

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.

Ответ:  $17 \cdot 10^{-3}$  кг·м/с

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.

Ответ: 1,8 Н·с

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.

Ответ: 0,04 Н·с

11\*. На вагонетку массой  $m_1 = 800$  кг, движущуюся горизонтально со скоростью  $v_1 = 0,2$  м/с, насыпали сверху  $m_2 = 200$  кг щебня. Насколько при этом уменьшилась скорость вагонетки?

Ответ: на 0,04 м/с

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?

Ответ: 30 м/с

13\*. Тележка  $m_1 = 20$  кг с находящимся на ней человеком масса  $m_2 = 50$  кг движется по рельсам со скоростью  $V_1 = 1$  м/с. Человек спрыгивает с тележки в противоположном направлении её движению со скоростью  $V_2 = 3$  м/с относительно земли. Найти скорость тележки после того, как человек с неё спрыгнул.

Ответ: 11 м

14. 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, летящей со скоростью  $v_2 = 30$  м/с?

Ответ: 1,5 м/с

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

Ответ: в 1,5 раза

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

Ответ: 3

17\*. 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.

Ответ: 4 кг·м/с

18\*. Металлический шарик падает с высоты  $h_1 = 1$  м на стальную плиту и отскакивает от неё на высоту  $h_2 = 0,81$  м. Во сколько раз уменьшится импульс шарика при ударе о плиту?

Ответ: в 1,1 раза

19\*. Снаряд, который летел в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 20$  м/с, разрывается на два осколка массой  $m_1 = 50$  кг и  $m_2 = 30$  кг. Скорость осколка массой  $m_1$  равна  $V_1 = 15$  м/с и направлена вертикально вверх. Определить модуль и направление скорости  $V_2$  осколка массой  $m_2$ .

Ответ: 59 м/с,  $\text{tg} \alpha = 0,469$

20\*. 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.

Ответ: 1 м

21\*. Граната, летевшая 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.

Ответ:  $-6$  м/с; 6 м/с

22\*. Шарик массой  $m = 100$  г свободно упал на горизонтальную площадку, имея в момент удара  $V = 10$  м/с. Найти изменение импульса  $\Delta p$  при абсолютно неупругом и абсолютно упругом ударах. Вычислить среднюю силу, действующую на шарик во время удара, если неупругий удар длился  $\Delta t_1 = 0,05$  с, а упругий  $-\Delta t_2 = 0,01$  с.

Ответ: 1 кг·м/с; 2 кг·м/с; 20 Н; 200 Н

23\*. Движение материальной точки описывается уравнением  $x = 5 - 8t + 4t^2$ . Приняв её массу равной  $m = 2$  кг, найти импульс через  $t_1 = 2$  с и через  $t_2 = 4$  с после начала отсчёта времени, а также силу, вызвавшую это изменение импульса.

Ответ: 16 кг·м/с; 48 кг·м/с; 16 Н

24\*. 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  $\Delta p$ ?

Ответ: 11 кН; 100 кг·м/с

25\*. Сколько времени потребуется для остановки тела массой  $m = 10$  кг, движущегося со скоростью  $V = 20$  м/с под действием силы  $F = 10$  Н? Чему равно изменение импульса тела  $\Delta p$ ?

Ответ: 20 с; 200 кг·м/с

## Энергия. Закон сохранения механической энергии

### Основные формулы

$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A} \cdot 100\%$  – КПД механизма, где  $A_{\text{п}}$  – полезная работа,  $A$  – вся совершённая работа;

$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$  – кинетическая энергия;

$E_{\text{п}} = mgh$  – потенциальная энергия тела, поднятого на высоту  $h$  над Землёй, где  $h$  – высота тела относительно нулевого уровня;

$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$  – потенциальная энергия упругодеформированного тела;

$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$  – полная механическая энергия;

$E = \text{const}$  или

$E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}$  – закон сохранения механической энергии;

$\Delta W = A_1 + A_2$  – изменение механической энергии, где  $A_1$  – работа внешних сил,  $A_2$  – работа силы трения.

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

Ответ: 150 Дж

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

Ответ: 0,3 кг

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

Ответ: 2 кг; 4 м/с

4\*. Определить кинетическую энергию тела при скорости  $V = 3$  м/с, если известно, что сила в  $F = 1$  Н сообщает этому телу ускорение  $a = 1$  м/с<sup>2</sup>.

Ответ: 4,5 Дж

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

Ответ: 1800 Дж

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

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: в 4 раза

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

Ответ: 2 Дж

9\*. Координата тела, движущегося вдоль оси  $X$ , зависит от времени по закону  $x = (4 - 2t + t^2)$ , где  $t$  – время в секундах. Определить изменение кинетической энергии тела за время с начала второй до конца третьей секунды движения. Масса тела  $m = 1$  кг.

Ответ: 4 Дж

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

Ответ: 2000 Дж

11\*. Пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально со скоростью  $V = 500$  м/с, попадает в брусок массой  $m = 0,5$  кг, покоящийся на гладкой горизонтальной поверхности, и, пробивая его, вдвое уменьшает свою скорость. Определить кинетическую энергию бруска после вылета пули.

Ответ: 6,25 Дж

12\*. 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?

Ответ: в 2,25 раза

13\*. Вагон массой  $m = 2$  т, движущийся по горизонтальному пути со скоростью  $V_1 = 2$  м/с, догоняет такой же вагон, движущийся со скоростью  $V_2 = 1$  м/с, и сцепляется с ним. Определить в килоджоулях суммарную кинетическую энергию вагонов после сцепки.

Ответ: 4,5 кДж

14\*. Груз массой  $m = 50$  кг поднимают от основания наклонной плоскости до ее вершины. Насколько возрастет потенциальная энергия груза, если длина наклонной плоскости равна  $L = 3$  м, а угол при основании равен  $\alpha = 30^\circ$ ?

Ответ: на 750 Дж

15\*. Груз массой  $m = 10$  кг висит на вертикальной невесомой пружине с коэффициентом жесткости  $k = 1000$  Н/м. Определить потенциальную энергию пружины.

Ответ: 5 Дж

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

Ответ: 0,5 Дж

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

Ответ: 1,41 м/с

18\*. 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.

Ответ: 9 м

19\*. Какую минимальную горизонтальную скорость нужно сообщить шарик, висящему на легкой нерастяжимой нити длиной  $L = 0,4$  м, для того, чтобы нить отклонилась от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$ ?

Ответ: 2 м/с

20\*. Небольшое тело массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать по гладкому наклонному желобу с высоты  $h = 2,5$  м, переходящему в "мертвую петлю" радиусом  $r = 1$  м. Определить кинетическую энергию тела в момент прохождения верхней точки "мертвой петли". Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 5 Дж

21\*. Покоящееся на некоторой высоте тело 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.

Ответ: - 7 Дж

22\*. 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.

Ответ: 21 Дж

23\*. 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.

Ответ: 2 Дж

24\*. 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.

Ответ: 175 Дж

25\*. 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.

Ответ: 2 Н

26\*. 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?

Ответ: 36 кДж



27\*. 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, выделившегося после абсолютно неупругого удара шаров.

Ответ: 54 Дж

28\*. Два тела скользят навстречу друг другу по прямой, проходящей через их центры. Массы тел одинаковы и равны  $m = 1$  кг. Скорость первого тела равна по модулю  $V_1 = 1$  м/с, а модуль скорости второго тела равен  $V_2 = 2$  м/с. Определить суммарную кинетическую энергию тел после абсолютно неупругого удара.

Ответ: 0,25 Дж

29\*. На тело массой  $m = 10$  кг, лежащее на гладкой горизонтальной поверхности, начинает действовать постоянная сила  $F = 5$  Н, направленная горизонтально. Определить кинетическую энергию тела через  $t = 2$  с после начала движения.

Ответ: 5 Дж

## Механическая работа. Мощность

### Основные формулы

$A = FS \cos \alpha$  – работа постоянной силы  $\vec{F}$ , где  $S$  – модуль перемещения,  $\alpha$  – угол между силой и перемещением;

$A = mg(h_1 - h_2)$  – работа силы тяжести, где  $h_1, h_2$  – начальная и конечная высота тела относительно нулевого уровня;

$A = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$  – работа силы упругости,  $k$  – жёсткость пружины,  $x_1, x_2$  – начальная и конечная величины линейной деформации;

$A = -F_{\text{тр}} S$  – работа силы трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ ;

$P = \frac{A}{t} = FV \cos \alpha$  – мощность силы, где  $t$  – время совершения работы  $A$ ,  $V$  – скорость;  $\alpha$  – угол между векторами силы и скорости.

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

Ответ: 90 Вт

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, развиваемую двигателем машины. Ответ дать в киловаттах.

Ответ: 20 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/с<sup>2</sup>?

Ответ: 30 Дж

4\*. Определить среднюю мощность лебедки, поднимающей груз массой  $m = 100 \text{ кг}$  с постоянной скоростью на высоту  $h = 10 \text{ м}$  относительно поверхности Земли за  $t = 20 \text{ с}$ .

Ответ: 500 Вт

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

Ответ: 12,5 Вт

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

Ответ: – 16 Дж

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

Ответ: 8000 Н/м

8. При затыжном 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.

Ответ: 3200 Дж

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

Ответ: – 200 Дж

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 подъема тела до максимальной высоты.

Ответ: – 55 Дж

11. Тонкий лом 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?

Ответ: 70 Дж

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.

Ответ:  $2,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$

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  $\alpha = 60^\circ$ .

Ответ: – 150 мДж

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

Ответ: 30 кВт

15. Какую работу совершает сила тяжести, действующая на дождевую каплю массой  $m = 20$  мг, при её падении с высоты  $h = 2$  км?

Ответ: 0,4 Дж

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

Ответ: 150 кДж

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

Ответ: 50 Дж

18\*. Тело массой  $m = 1$  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  $S = 1$  м.

Ответ: 1 Дж

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

Ответ: – 200 Дж

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

Ответ: 0,18 м

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

Ответ: 2,5 Дж

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

Ответ: – 4 Дж

23\*. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть на  $\Delta l = 0,01$  м упругую пружину, составленную из двух одинаковых пружин с коэффициентом жесткости  $k = 3000$  Н/м, соединенных параллельно?

Ответ: 0,3 Дж

24\*. Две пружины с коэффициентами жесткости  $k_1 = 100$  кН/м и  $k_2 = 200$  кН/м соединены последовательно. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть составленную таким образом пружину на  $\Delta l = 0,3$  см?

Ответ: 0,3 Дж

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

Ответ: 40 мН

## Статика

### Основные формулы

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 - \text{равнодействующая сил } \vec{F}_1 \text{ и } \vec{F}_2;$$

$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$  – модуль равнодействующей, где  $\alpha$  – угол между силами  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ ;

$M_o = Fd$  – момент силы  $F$ , где  $d$  – плечо силы относительно оси, проходящей через точку  $O$ ;

$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = \mathbf{0}$ ;  $\sum_{i=1}^N M_i = \mathbf{0}$  – условия равновесия твёрдого тела, где  $\vec{F}_i$  – силы, действующие на тело;  $M_i$  – моменты этих сил.

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

Ответ: 7 Н; 1 Н; 5 Н

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

Ответ: 4,23 Н

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

Ответ: 5 Н

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

Ответ: 22,3 Н

5. 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?

Ответ:  $45^\circ$

6. На тело массой  $m = 6 \text{ кг}$ , неподвижно лежащее 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.

Ответ: 100 Н

7. Тело массой  $m = 0,2 \text{ кг}$ , висющее 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.

Ответ: 1 Н

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

Ответ: 17,3 Н

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

Ответ: 1,35 Н

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

Ответ: 500 Н

11. На парашютиста массой  $m = 90 \text{ кг}$  в момент прыжка действует вертикальная сила сопротивления воздуха  $F_{\text{сопр}} = 500 \text{ Н}$  и горизонтально направленная сила ветра  $F_{\text{ветра}} = 300 \text{ Н}$ . Найти равнодействующую всех сил  $F_p$ , действующих на парашютиста.

Ответ: 486 Н

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

Ответ: 0

13\*. Невесомый стержень длиной  $L = 1 \text{ м}$  закреплён одним концом на горизонтальной оси, перпендикулярной стержню, а к другому концу прикреплена точечная масса  $m = 100 \text{ г}$ . Определить модуль момента силы тяжести, когда стержень находится в горизонтальном положении.

Ответ: 1 Н·м

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

Ответ: 6,4

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

Ответ: 1,3 м

## Гидростатика

### Основные формулы

$p = \frac{F}{S}$  – давление, где  $F$  – сила, действующая нормально на площадку,

$S$  – величина площадки;

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$  – соотношение сил в гидравлическом прессе, где  $F_1$  – сила, действующая на малый поршень,  $F_2$  – сила давления жидкости на большой поршень,  $S_1, S_2$  – площади малого и большого поршней соответственно;

$p = \rho gh$  – гидростатическое давление, где  $\rho$  – плотность жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения,  $h$  – высота столба жидкости;

$p = p_0 + \rho gh$  – полное давление в любой точке жидкости, где  $p_0$  – давление на её свободной поверхности;

$F_A = \rho_{ж} g V$  – закон Архимеда, где  $F_A$  – выталкивающая сила,  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости,  $V$  – объём части тела, погружённой в жидкость.

1. Брусok из древесины плавает частично погруженным в жидкость плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Найти модуль силы Архимеда, если объём погруженной в жидкость части бруска равен  $V = 0,1 \text{ м}^3$ .

Ответ: 1000 Н

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

Ответ: 4/5

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

Ответ: 5 кг

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

Ответ: 0,9 кПа

4. Тело объёмом  $V = 0,005 \text{ м}^3$  полностью погружено в воду плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Определить модуль силы Архимеда, действующей на тело.

Ответ: 50 Н

6\*. Сосуд с площадью дна  $S = 10 \text{ см}^2$  при помощи тонкого шланга сообщается с сосудом, диаметр которого в два раза меньше. В сосуды налито  $V = 0,5 \text{ л}$  воды. Найти высоту воды в широком сосуде.

Ответ: 0,4 м

7. На какой глубине давление в воде больше атмосферного в 7 раз? Атмосферное давление равно  $p_0 = 100 \text{ кПа}$ .

Ответ: 60 м

8. На поршень гидравлического пресса действует сила  $F = 50 \text{ Н}$ . Найти давление, создаваемое поршнем в рабочей жидкости, если его площадь равна  $S = 0,01 \text{ м}^2$ . Массой поршня и силами трения пренебречь.

Ответ: 5000 Па

9\*. 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.

Ответ: 900 кг

10. На малый поршень гидравлического пресса действует сила  $F = 10 \text{ Н}$ . Найти значение силы, действующей на большой поршень гидравлического пресса, если площадь его сечения в 6 раз больше, а поршни находятся в равновесии.

Ответ: 60 Н

11. Сила давления на большой поршень прессы составляет  $F = 500 \text{ Н}$ . Определить модуль силы давления на малый поршень, если площадь большого поршня в 5 раз больше площади малого поршня.

Ответ: 100 Н

12. 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  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ .

Ответ: 2,5 Па

13\*. Два шара (объем первого шара равен объему второго шара) полностью находятся в жидкости. Шары соединены нитью и опускаются равномерно, находясь один над другим. Найти силу натяжения нити. Массы шаров равны  $m_1 = 1,6 \text{ кг}$  и  $m_2 = 2 \text{ кг}$ .

Ответ: 2 Н

14\*. Тело падает в жидкости с ускорением  $a = 8 \text{ м/с}^2$ . Во сколько раз плотность тела больше чем плотность жидкости?

Ответ: 5

15\*. Шарик объемом  $V = 8 \text{ см}^3$ , подвесили на пружине и опустили в воду. Найти жесткость пружины, если её удлинение при помещении шарика в воду уменьшилось на  $\Delta l = 2 \text{ мм}$ .

Ответ: 40 Н/м

16\*. Малый поршень гидравлического прессы за один ход опускается на  $\Delta h_1 = 0,2 \text{ м}$ , а большой поднимается на  $\Delta h_2 = 0,01 \text{ м}$ . С какой по модулю силой действует пресс на зажатое в нем тело, если на малый поршень действует сила  $F = 50 \text{ Н}$ .

Ответ: 1000 Н

17\*. В колено U-образной трубки площадью  $S = 1 \text{ см}^2$ , содержащей ртуть плотностью  $\rho_{рт} = 13,6 \text{ г/см}^3$ , налили  $m = 7,2 \text{ г}$  воды плотностью  $\rho_{воды} = 1 \text{ г/см}^3$  и  $m = 20 \text{ г}$  бензина плотностью  $\rho_{бенз} = 0,8 \text{ г/см}^3$ . На сколько сантиметров уровень жидкости в одном колене станет выше, чем в другом?

Ответ: на 32,2 см

18\*. Какая работа совершается при подъеме груза массой  $m = 1,5 \text{ т}$  с помощью гидравлического прессы, если при этом малый поршень переместился на  $\Delta h = 40 \text{ см}$ , а его площадь в 20 раз меньше площади большого поршня?

Ответ: 300 Дж

19\*. 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.

Ответ: 1,25 Н

20\*. Аквариум прямоугольной формы доверху наполнен 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  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: 225 Н

21\*. Однородный стержень длиной  $L = 1$  м и площадью сечения  $S = 1$  см<sup>2</sup> плавает в вертикальном положении, погружаясь в воду на  $4/5$  длины. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы утопить стержень, оставляя его в вертикальном положении? Плотность воды равна  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ: 0,02 Дж

22\*. Тело плавает в воде, причем  $3/4$  объема тела остаются над поверхностью воды. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>. Определить плотность тела.

Ответ: 250 кг/м<sup>3</sup>

23\*. Вес тела в воде в 5 раз меньше, чем в вакууме. Какова плотность тела, если плотность воды равна  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

Ответ: 1250 кг/м<sup>3</sup>

24\*. Тело, плотность которого  $\rho$ , плавает на поверхности жидкости, плотность которой  $\rho_0$ . Какая часть объёма тела не находится в жидкости?

Ответ:  $\frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0}$

25\*. При погружении тела в жидкость его вес уменьшился в 3 раза. Плотность жидкости  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>. Найти плотность тела.

Ответ: 1200 кг/м<sup>3</sup>

26\*. Тело в жидкости с плотностью  $\rho$  весит в три раза меньше, чем в воздухе. Найти плотность тела.

Ответ:  $3\rho/2$

27\*. Сосуд с водой падает вниз с ускорением  $a = 8$  м/с<sup>2</sup>. Каково давление внутри сосуда на глубине  $h = 0,2$  м?

Ответ: 101,4 кПа

### Механические колебания и волны

#### Основные формулы

$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$  – уравнение гармонических колебаний, где  $x$  – смещение,

$A$  – амплитуда,  $\omega$  – циклическая частота,  $t$  – время,

$\varphi_0$  – начальная фаза,  $(\omega t + \varphi_0) = \varphi$  – фаза колебаний;

$T = \frac{t}{N}$  – период колебаний, где  $N$  – число полных колебаний за время  $t$ ;

$\nu = \frac{1}{T}$  – частота колебаний;

$\omega = 2\pi\nu$  – циклическая частота;

$V_x = V_m \cos\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right)$  – скорость при гармонических колебаниях;

$V_m = \omega A$  – амплитудное значение скорости;



$a_x = a_m \cos(\omega t + \varphi_0 + \pi)$  – ускорение при гармонических колебаниях;

$a_m = \omega^2 A$  – амплитудное значение ускорения;

$a_x = -\omega^2 x$  – ускорение при гармонических колебаниях;

$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$  – период колебаний математического маятника;

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  – период колебаний пружинного маятника;

$W = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$  – полная энергия гармонических механических колебаний;

$W = \frac{mV_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = \frac{mV_{max}^2}{2}$  – полная механическая энергия пружинного маятника.

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.

Ответ: 0,02 м

2. Точка, совершающая гармонические колебания по закону вдоль оси  $X$ , проходит путь  $L = 2$  м за  $N = 2$  полных колебания. Определить амплитуду колебаний точки.

Ответ: 0,25 м

3. Найти величину максимального ускорения тела, совершающего гармонические колебания с циклической частотой  $\omega = 10$  рад/с и амплитудой  $A = 0,5$  см.

Ответ: 0,5 м/с<sup>2</sup>

4. Начальная фаза гармонического колебания равна нулю, а период –  $T = 0,5$  с. Найти в градусах фазу колебания через  $t = 0,1$  с после начала движения.

Ответ: 72°

5. Точка совершает гармонические колебания вдоль оси  $X$  с амплитудой  $A = 0,2$  м. Какой путь пройдёт точка, сделав  $N = 5$  полных колебаний?

Ответ: 4 м

6. Точка совершает гармонические колебания с частотой  $\nu = 5$  Гц. Определить циклическую частоту колебаний.

Ответ: 31,4 с<sup>-1</sup>

7. Тело совершает гармонические колебания по закону  $x = 0,5 \cos(3,14 t)$ , м, где  $t$  – время в секундах. Определить частоту колебаний точки.

Ответ: 0,5 Гц

8. Определить период колебаний математического маятника, длина которого равна  $\ell = 2,5$  м.

Ответ: 3,14 с

9\*. Период колебаний математического маятника в результате увеличения длины маятника возрос в 3 раза. Во сколько раз увеличена длина маятника?

Ответ: в 9 раз

10. Шар массой  $m = 800$  г висит на пружине. Собственная циклическая частота колебаний системы равна  $\omega = 25$  с<sup>-1</sup>. Найти коэффициент жёсткости пружины.

Ответ: 500 Н/м

11. Найти в миллисекундах период гармонических колебаний тела массой  $m = 125$  г, подвешенного на пружине жёсткостью  $k = 50$  Н/м.

Ответ: 314 мс

12\*. Найти массу груза, который на пружине с коэффициентом жёсткости  $k = 250$  Н/м, совершает за время  $t = 16$  с число колебаний  $N = 20$ .

Ответ: 4 кг

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.

Ответ: 0,24 Дж

14. Скорость распространения волны равна  $V = 15$  м/с. Определить частоту, если длина волны равна  $\lambda = 0,5$  м.

Ответ: 30 Гц

15. Звуковая волна распространяется со скоростью  $V = 340$  м/с и частотой  $\nu = 1000$  Гц. Определить длину звуковой волны при этих условиях.

Ответ: 0,34 м

16. Скорость распространения волны равна  $V = 15$  м/с. Определить длину распространяющейся волны  $\lambda$ , если её частота равна  $\nu = 30$  Гц.

Ответ: 0,5 м

17. Звуковая волна распространяется со скоростью  $V = 330$  м/с. Определить длину звуковой волны  $\lambda$ , если наименьшее расстояние между точками, совершающими колебания в одинаковой фазе, составляет  $L = 0,33$  м.

Ответ: 0,33 м.

18. Определить скорость звука в воде, если источник звука, колеблющийся с периодом  $T = 0,002$  с, возбуждает в воде волны длиной  $\lambda = 2,9$  м.

Ответ: 1450 м/с

19. Скорость звука в воде равна  $V = 1450$  м/с. На каком минимальном расстоянии находятся точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний равна  $\nu = 725$  Гц?

Ответ: 1 м

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

Ответ: 6,28 м/с

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

Ответ: 1 с

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

Ответ:  $0,4 \text{ м/с}^2$

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

Ответ: 12,56 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?

Ответ: 0,04 м

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?

Ответ: в 5 раз

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

Ответ: 1 м

27\*. Определить первоначальную длину математического маятника, если при изменении его длины до  $L = 4$  метров период колебаний маятника увеличился в 2 раза.

Ответ: 1 м

28\*. Один математический маятник имеет период колебаний  $T_1 = 5$  с, а другой –  $T_2 = 3$  с. Определить период колебаний маятника, длина которого равна разности длин указанных маятников.

Ответ: 4 с

29\*. Один математический маятник имеет период колебаний  $T_1 = 3$  с, а другой –  $T_2 = 4$  с. Определить период колебаний маятника, длина которого равна сумме длин указанных маятников.

Ответ: 5 с

30\*. Определить в миллисекундах период колебаний математического маятника длиной  $\ell = 0,2$  м, находящегося в ракете, взлетающей с ускорением  $a = 10 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: 628 мс

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

Ответ: 0,08 м

32\*. Пружинный маятник совершает малые гармонические колебания. Во сколько раз нужно увеличить коэффициент жёсткости пружины маятника, чтобы циклическая частота колебаний возросла в 2 раза? Масса колеблющегося тела не меняется.

Ответ: в 4 раза

33\*. Когда груз неподвижно висел на вертикальной пружине, её удлинение было равно  $\Delta l = 2,5$  см. Затем груз оттянули и отпустили, вследствие чего он начал совершать гармонические колебания. Каков период этих колебаний в миллисекундах?

Ответ: 314 мс

34\*. Частота гармонических колебаний тела возрастает с  $\nu_1 = 2$  Гц до  $\nu_2 = 3$  Гц, а амплитуда остаётся без изменения. Определить, во сколько раз увеличивается при этом максимальное значение кинетической энергии тела?

Ответ: в 2,25 раза

35\*. Математический маятник длиной  $l = 2,5$  м совершает колебания, причем его максимальная скорость равна  $V_m = 5$  м/с. На какой наибольший угол в градусах отклоняется нить от вертикали? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ:  $60^\circ$

36\*. 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.

Ответ: в 1,69 раз

37\*. 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.

Ответ: в 4 раза

38\*. 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.

Ответ: 0,2 м

39\*. Определить модуль разности фаз колебаний двух точек удалённых от источника колебаний на расстояние  $L_1 = 3,5$  м и  $L_2 = 2$  м. Период колебаний равен  $T = 0,25$  с, а скорость распространения колебаний составляет  $V = 6$  м/с.

Ответ: 6,28 рад

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

Ответ: в 2,7 раза

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

Ответ: 0,34 м

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

Ответ: 3,2 с

**Молекулярная физика и термодинамика**  
**Основы молекулярно-кинетической теории строения вещества.**  
**Идеальный газ**

**Основные формулы**

$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_M}$  – 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;  
 $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$  – масса одной молекулы;

$\langle V \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_N}{N}$  – средняя арифметическая скорость хаотического движения молекул газа, где  $T$  – абсолютная температура;  $R$  – универсальная газовая постоянная;

$\langle V_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{V_1^2 + \dots + V_N^2}{N}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$  – средняя квадратичная скорость хаотического движения молекул;

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

$p = nkT$ ;  $p = \frac{1}{3} \rho \langle V_{\text{кв}} \rangle^2$  – основное уравнение молекулярно-кинетической теории, где  $p$  – давление газа,  $n$  – концентрация молекул,  $\rho$  – плотность газа,  $k$  – постоянная Больцмана;

$\langle W_k \rangle = \frac{m_0 \langle V_{\text{кв}} \rangle^2}{2} = \frac{3}{2} kT = \frac{3p}{2n}$  – средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы одноатомного газа;

$T = t + 273$  – соотношение между абсолютной температурой  $T$  и температурой по шкале Цельсия  $t$ ;

$pV = \nu RT$  – уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона), где  $R = kN_A$ ;

$\frac{pV}{T} = \text{const}$ , при  $m = \text{const}$  – уравнение Клапейрона;

$$pV = \text{const},$$

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

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

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

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

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

1. В баллоне ёмкостью  $V = 100$  л находится  $m = 2$  г кислорода при температуре  $t = 47$  °С. Найти давление кислорода. Молярная масса кислорода  $M = 0,032$  кг/моль.

Ответ: 1660 Па

2. Вычислить давление  $\nu = 1$  моль газа при температуре  $T = 300$  К, если его объём равен  $V = 4,15$  м<sup>3</sup>.

Ответ: 600 Па

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

Ответ: 12,45 м<sup>3</sup>

4\*. Во сколько раз плотность воздуха зимой при температуре  $t_1 = -23$  °С больше плотности воздуха летом при температуре  $t_2 = 27$  °С? Давление постоянно.

Ответ: в 1,2 раза

5. Вычислить универсальную газовую постоянную по результатам опыта:  $m = 1$  кг водорода в объёме  $V = 12$  м<sup>3</sup> имел давление  $p = 100$  кПа при температуре  $T = 300$  К.

Ответ: 8 Дж/моль К

6. Определить в граммах массу углекислого газа, находящегося в баллончике объёмом  $V = 6$  см<sup>3</sup>, если давление газа равно  $p = 8,3$  МПа, а температура равна  $t = 27$  °С. Молярная масса углекислого газа равна  $M = 0,044$  кг/моль.

Ответ: 0,88 г

7. Вычислить давление  $m = 0,001$  кг гелия с молярной массой  $M = 0,004$  кг/моль, если его объём равен  $V = 0,083$  м<sup>3</sup> а температура равна  $T = 280$  К.

Ответ: 7 кПа

8. Сколько молей газа содержится в объёме  $V = 8,3$  м<sup>3</sup> при давлении  $p = 500$  Па и температуре  $T = 250$  К?

Ответ: 2

9. Давление гелия, заполняющего оболочку аэростата объёмом  $V = 16,6$  м<sup>3</sup>, равно  $p = 150$  кПа. Какая масса гелия находится в аэростате, если температура гелия равна  $t = 23$  °С? Молярная масса гелия равна  $M = 0,004$  кг/моль.

Ответ: 4,8 кг

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

Ответ: в 3 раза

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

Ответ: в 22,5 раза

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

Ответ: в 1,4 раза

13\*. 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?

Ответ: 0,72 кг

14\*. Два сосуда, содержащие идеальные газы, соединены трубкой с краном. Давления газов в сосудах равны  $p_1 = 3 \text{ кПа}$  и  $p_2 = 7 \text{ кПа}$  соответственно. Определить в килопаскалях давление в сосудах после открытия крана, если первоначально число молекул в обоих сосудах одинаково. Температура постоянна.

Ответ: 4,2 кПа

15\*. Какая масса воздуха выйдет из комнаты при повышении температуры от  $T_1 = 290 \text{ К}$  до  $T_2 = 300 \text{ К}$ ? Объем комнаты равен  $V = 49,8 \text{ м}^3$ . Молярная масса воздуха равна  $M = 29 \text{ г/моль}$ . Атмосферное давление равно  $p_0 = 100 \text{ кПа}$ .

Ответ: 2 кг

16\*. В открытом сосуде объемом  $V = 0,45 \text{ м}^3$  находится  $m = 120 \text{ г}$  газа. Температуру газа увеличивают от  $T_1 = 300 \text{ К}$  до  $T_2 = 450 \text{ К}$  при постоянном давлении  $p = 166 \text{ кПа}$ . Сколько молей газа выйдет из сосуда?

Ответ: 10

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

Ответ: в 2 раза

18. При изотермическом сжатии давление газа возросло в 8 раз. Чему равен начальный объем газа, если в конце процесса газ занимал объем  $V = 0,24 \text{ м}^3$ ?

Ответ:  $1,92 \text{ м}^3$

19. В ходе изотермического процесса давление газа уменьшилось на  $\Delta p = 50 \text{ кПа}$ . Определить в килопаскалях конечное давление газа, если его объем увеличился в 6 раз.

Ответ: 10 кПа

20. Первоначально идеальный газ занимал объем  $V_1 = 12,42 \text{ л}$ . При охлаждении на  $\Delta T = 40 \text{ К}$  при постоянном давлении и неизменной массе объем газа стал равным  $V_2 = 10,62 \text{ л}$ . Определить начальную температуру газа.

Ответ: 276 К

21. В процессе изобарического охлаждения газа его объем уменьшился в 2 раза. Определить конечную абсолютную температуру газа, если начальная температура равна  $t = 819^\circ\text{C}$ ? Масса газа остается постоянной.

Ответ: 546 К

22. Идеальный газ при температуре  $T_1 = 300 \text{ К}$  занимает объем  $V_1 = 250 \text{ см}^3$ . Какой объем в кубических сантиметрах займет та же масса газа, если температура повысится до  $T_2 = 324 \text{ К}$  при постоянном давлении?

Ответ:  $270 \text{ м}^3$

23. При изобарическом нагревании идеального газа его температура увеличилась от  $t_1 = 273^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 546^\circ\text{C}$ . Во сколько раз увеличился объем газа?

Ответ: в 1,5 раза

24. В ходе изобарического процесса объем газа увеличился на  $\Delta V = 0,01 \text{ м}^3$ . Во сколько раз увеличилась абсолютная температура газа, если первоначально он занимал объем  $V_1 = 5 \text{ л}$ ?

Ответ: в 3 раза

25. Начальная температура газа равна  $t_1 = 54^\circ\text{C}$ . На сколько градусов надо увеличить температуру газа, чтобы его объём при постоянном давлении и неизменной массе увеличился в 2 раза?

Ответ: на  $327^\circ$

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

Ответ: в 4 раза

27. На сколько градусов можно нагреть баллон, рассчитанный на давление  $p_1 = 15 \text{ МПа}$ , если при  $T = 300 \text{ К}$  его предварительно накачали до давления  $p_2 = 12,5 \text{ МПа}$ ?

Ответ: на  $60^\circ$

28. До какой максимальной температуры можно нагреть баллон, рассчитанный на давление  $p_1 = 15 \text{ МПа}$ , если при  $T = 300 \text{ К}$  давление газа в баллоне  $p_2 = 12,5 \text{ МПа}$ ?

Ответ:  $360 \text{ К}$

29. В процессе изохорического охлаждения газа его давление уменьшилось в 3 раза. Какой была начальная температура газа по абсолютной шкале, если конечная температура равна  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ ?

Ответ:  $900 \text{ К}$

30\*. Диаграмма циклического процесса для  $\nu = 0,8 \text{ моль}$  газа в координатах  $p, V$  образует треугольник с вершинами в точках  $(166 \text{ кПа}, 12 \text{ л})$ ,  $(166 \text{ кПа}, 24 \text{ л})$  и  $(24,9 \text{ кПа}, 12 \text{ л})$ . Найти разность максимальной и минимальной температур в цикле.

Ответ:  $555^\circ$

31\*. Диаграмма циклического процесса для  $\nu = 0,2 \text{ моль}$  газа в координатах  $p, T$  образована прямыми, соединяющими точки  $(24,9 \text{ кПа}, 180 \text{ К})$ ,  $(24,9 \text{ кПа}, 270 \text{ К})$  и  $(49,8 \text{ кПа}, 240 \text{ К})$ . Найти разность максимального и минимального объёмов газа в цикле.

Ответ:  $0,01 \text{ м}^3$

32\*. Определить разность температур начального и конечного состояния газа, если сначала объём газа изобарно увеличили в 2 раза, а затем изохорно уменьшили в 2 раза его давление. Температура начального состояния равна  $T = 300 \text{ К}$ .

Ответ:  $0^\circ$

33\*. Во сколько раз возрастет плотность газа при изохорном охлаждении от  $T_1 = 600 \text{ К}$  до  $T_2 = 300 \text{ К}$ ?

Ответ: 1

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

Ответ:  $2324 \text{ К}$



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

Ответ: 2 кмоль

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

Ответ: 1930 м/с

37\*. Идеальный одноатомный газ, масса которого  $m = 6,0$  кг, находится в сосуде вместимостью  $V = 5,0$  м<sup>3</sup> при давлении  $p = 196$  кПа. Определить среднюю квадратичную скорость движения атомов газа.

Ответ: 700 м/с

## Термодинамика. Циклические процессы

### Основные формулы

$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$  – внутренняя энергия идеального одноатомного газа, где  $m$  – масса газа,  $M$  – молярная масса,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура;

$Q = A + \Delta U$  – первое начало термодинамики, где  $A$  – работа, произведённая газом над внешними телами,  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии газа,  $Q$  – количество теплоты, сообщённое газу;

$A = p\Delta V$  – работа газа при изобарном процессе, где  $\Delta V$  – изменение объёма газа,  $p$  – давление газа;

$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$  – КПД теплового двигателя, где  $A$  – полезная работа, совершаемая тепловым двигателем,  $Q_1$  – количество теплоты, полученное двигателем от нагревателя,  $Q_2$  – количество теплоты, отданное холодильнику;

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  – максимальное значение КПД идеального теплового двигателя, где  $T_1$ ,  $T_2$  – температуры нагревателя и холодильника соответственно.

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

Ответ: 4 моль

2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа, находящегося в баллоне объемом  $V = 0,02 \text{ м}^3$ , равна  $U = 600 \text{ Дж}$ . Определить в килопаскалях давление газа.

Ответ: 20 кПа

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

Ответ: на  $2,5^\circ$

4\*. Какое количество вещества одноатомного идеального газа можно нагреть на  $\Delta T = 5 \text{ К}$ , подведя к нему  $Q = 41,5 \text{ Дж}$  теплоты? Давление газа постоянно.

Ответ: 0,4 моль

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

Ответ: 5 Дж

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

Ответ: 1,5 моль

7. Во сколько раз работа, совершаемая газом при изобарном расширении с давлением  $p_1 = 300 \text{ кПа}$ , больше работы газа при изобарном расширении с давлением  $p_2 = 100 \text{ кПа}$ , если изменение объема в обоих случаях одинаково?

Ответ: в 3 раза

8. Какую работу совершает газ, расширяясь изобарно при давлении  $P = 200 \text{ кПа}$  от объема  $V_1 = 1,6 \text{ л}$  до объема  $V_2 = 2,5 \text{ л}$ ?

Ответ: 180 Дж

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

Ответ: 830 Дж

10. Внутренняя энергия газа увеличилась на  $\Delta U = 29 \text{ Дж}$  при подведении к нему  $Q = 44 \text{ Дж}$  теплоты. Определить работу, совершенную газом.

Ответ: 15 Дж

11. При расширении газ совершил работу, равную  $A = 15 \text{ Дж}$ . Найти изменение его внутренней энергии, если количество теплоты, подведенной к газу, равно  $Q = 32 \text{ Дж}$ .

Ответ: 17 Дж

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

Ответ: 124,5 Дж

13. Вычислить количество теплоты, необходимое 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.

Ответ: 415 Дж

14. При адиабатическом расширении газом совершена работа  $A = 53$  Дж. Определить изменение внутренней энергии газа.

Ответ:  $-53$  Дж

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

Ответ: 25 %

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

Ответ: 375 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?

Ответ: в 1,5 раза

18\*. Баллон емкостью  $V = 50$  л содержит аргон под давлением  $p = 200$  кПа. Каким будет в килопаскалях давление газа, если ему сообщить  $Q = 3$  кДж теплоты? Объем баллона остается неизменным.

Ответ: 240 кПа

19\*. В координатах,  $p$  (давление)  $V$  (объем) график процесса в идеальном одноатомном газе имеет вид прямой, соединяющей точки (100 кПа; 0,8 л) и (80 кПа; 1 л). Определить максимальное значение внутренней энергии газа в ходе процесса. Масса газа постоянна.

Ответ: 121,5 Дж

20. 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.

Ответ: 174,3 Дж

21\*. 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.

Ответ: 50 Дж

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

Ответ: 150 Дж

23\*. Количество вещества  $\nu = 2$  моль идеального одноатомного газа расширяется без теплообмена с окружающей средой. Температура газа в ходе расширения уменьшилась на  $\Delta T = 10$  К. Определить работу, совершенную газом при расширении.

Ответ: 249 Дж

24\*. В координатах  $p, V$  график циклического процесса имеет вид прямых, соединяющих точки (200 кПа, 1 л), (100 кПа, 2 л), (100 кПа, 1 л). Определить абсолютное значение работы, совершаемой газом за цикл.

Ответ: 50 Дж

25\*. 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?

Ответ: 4160 Дж

26\*. В процессе изобарического нагревания гелия к нему было подведено  $Q = 300$  Дж теплоты. Определить работу, совершенную этим газом.

Ответ: 120 Дж

27\*. Один моль  $\nu = 1$  моль идеального газа, находящегося при температуре  $T = 300$  К, изохорно охлаждается так, что его давление падает в 3 раза. Затем газ изобарно расширяется до установления начальной температуры. Определить работу газа в ходе всего процесса.

Ответ: 1660 Дж

28\*. При изобарном нагревании одноатомного идеального газа его внутреннюю энергию увеличили на  $\Delta U = 120$  Дж. Определить работу, совершённую газом.

Ответ: 80 Дж.

29\*. 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.

Ответ: 160 г

30\*. В закрытом сосуде объёмом  $V = 2$  л находится гелий, плотность которого равна  $\rho = 2$  кг/м<sup>3</sup>. Какое количество теплоты надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на  $\Delta T = 10$  К? Гелий считать идеальным газом.

Ответ: 124,5 Дж

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

Ответ: 415 Дж

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

Ответ: 2490 Дж

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

Ответ: 300 К

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

Ответ: 400 Дж

35. Определить в процентах коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины, если количество теплоты, полученное от нагревателя за цикл, равно  $Q = 500 \text{ Дж}$ , а количество теплоты, переданное холодильнику, составляет  $Q = 400 \text{ Дж}$

Ответ: 20 %

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

Ответ: 0,17

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

Ответ:  $80^\circ$

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

Ответ: 25 %

39\*. 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  $A = 150 \text{ Дж}$ ?

Ответ: 1000 Дж

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

Ответ: 500 Дж

41\*. Один моль  $\nu = 1$  моль гелия совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Максимальное давление в цикле в 2 раза больше минимального, а максимальный объем в 1,5 раза больше минимального. Определить в процентах коэффициент полезного действия цикла.

Ответ: 12,5 %

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

Ответ: в 1,25 раза

## Тепловые процессы

### Основные формулы

$c = \frac{Q}{\Delta T}$  – теплоёмкость тела, где  $Q$  – количество теплоты, сообщённое

телу,  $\Delta T$  – изменение температуры тела;

$c = \frac{Q}{m\Delta T}$  – удельная теплоёмкость вещества;

$c_v = \frac{Q}{\nu\Delta T} = cM$  – молярная теплоёмкость, где  $\nu$  – количество вещества,  $M$  – мо-

лярная масса;

$Q = cm(T_2 - T_1)$  – количество теплоты, необходимое для нагревания тела; где

$c$  – удельная теплоёмкость вещества;  $m$  – масса тела,  $T_1, T_2$  – начальная и конечная температуры тела соответст-

венно;

$Q = \lambda m$  – количество теплоты, необходимое для изменения агрегатно-

$Q = \tau m$  го состояния вещества, где  $\lambda$  – удельная теплота плавления;

$Q = qm$   $\tau$  – удельная теплота парообразования;  $q$  – удельная теплота

сгорания топлива.

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

Ответ: 390 Дж/кг К

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

Ответ: 780 Дж/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.

Ответ: 4610 Дж

4. Теплоёмкость стального тела равна  $C = 920$  Дж/К, а удельная теплоёмкость стали составляет  $c = 460$  Дж/(кг К). Определить по этим данным массу тела.

Ответ: 2 кг

5. Для нагревания  $m = 0,1$  кг жидкости на  $\Delta T = 30$  К затрачено  $Q = 12,45$  кДж теплоты. Определить по этим данным удельную теплоёмкость жидкости.

Ответ: 4150 Дж/(кг К)

6. Какое количество теплоты выделяется при конденсации  $m = 0,1$  г водяного пара, происходящей при постоянной температуре? Удельная теплота парообразования равна  $r = 2260$  Дж/г.

Ответ: 226 Дж

7. Какое количество теплоты нужно сообщить  $m = 0,1$  кг воды для ее нагрева на  $\Delta T = 10$  К? Удельная теплоёмкость воды равна  $c = 4200$  Дж/кг К.

Ответ: 4200 Дж

8. В процессе конденсации  $m = 2$  кг водяного пара выделилось  $Q = 4500$  кДж теплоты. Определить в килоджоулях на килограмм удельную теплоту парообразования воды.

Ответ: 2250 кДж/кг

9. Какую наибольшую массу олова, взятого при температуре плавления, можно расплавить, сообщив ему  $Q = 118$  кДж теплоты? Удельная теплота плавления олова равна  $\lambda = 59$  кДж/кг.

Ответ: 2 кг

10. Какое количество льда, взятого при температуре плавления, можно расплавить, сообщив льду  $Q = 167$  кДж теплоты? Удельная теплота плавления льда равна  $\lambda = 334$  кДж/кг.

Ответ: 0,5 кг

11. Сколько воды можно нагреть от  $T = 273$  К до точки кипения при нормальном атмосферном давлении, если сообщить ей  $Q = 3150$  Дж теплоты? Удельную теплоёмкость принять  $c = 4200$  Дж/(кг К). Ответ дать в граммах.

Ответ: 7,5 г

12\*. В калориметре смешали  $V_1 = 3$  л воды при температуре  $t_1 = 20$  °С и  $V_2 = 21$  л воды при температуре  $t_2 = 60$  °С. Определить в градусах Цельсия установившуюся температуру. Потерями тепла на нагревание калориметра пренебречь.

Ответ: 34 °С

13\*. На сколько градусов нагреется свинцовая пуля массой  $m = 9$  г, имеющая кинетическую энергию  $E_k = 54$  Дж, если эта энергия полностью пойдет на ее нагревание? Удельная теплоёмкость свинца  $c = 150$  Дж/(кг К).

Ответ: на 40°

14. Какое количество тепла потребуется для нагревания  $m = 2,5$  г воды от  $T = 273$  К до точки кипения при нормальном атмосферном давлении? Удельная теплоёмкость воды равна  $c = 4200$  Дж/(кг К).

Ответ: 1050 Дж

15\*. Найти высоту, на которой потенциальная энергия груза массой  $M = 1000$  кг равна количеству теплоты, выделившейся при остывании воды массой  $m = 0,2$  кг на  $\Delta T = 50$  К. Удельная теплоёмкость воды равна  $c = 4200$  Дж/(кг К).

Ответ: 4,2 м

16\*. Воду с температурой  $t_1 = 20$  °С смешивают с водой при температуре  $t_2 = 100$  °С. Определить отношение массы холодной воды к массе горячей, если установившаяся температура равна  $\theta = 40$  °С. Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: 3

17\*. Тело с удельной теплоёмкостью  $c = 500$  Дж/(кг К) свободно падает с высоты  $h = 30$  м. Насколько увеличится его температура, если вся кинетическая энергия тела при ударе о Землю перейдет в теплоту? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: на 0,6°

18\*. В калориметре находится  $m = 0,3$  кг воды при температуре  $t_1 = 20$  °С. Сколько граммов воды с температурой  $t_2 = 40$  °С нужно добавить в калориметр, чтобы установившаяся температура равнялась  $\Theta = 25$  °С? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Ответ: 100 г

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  $q = 46000$  Дж/г. Удельная теплоёмкость воды  $c = 4,2$  Дж/(г·К).

Ответ: 42 %

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  $c = 330$  Дж/г.

Ответ: 4,95 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?

Ответ: в 2 раза

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?

Ответ: в 3 раза

## Электродинамика

### Электростатика

#### Основные формулы

$q = eN$  – заряд тела (частицы), где  $e$  – элементарный заряд;  $N$  – число элементарных зарядов;

$F = \frac{|q_1||q_2|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$  – закон Кулона, где  $F$  – модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов;  $q_1, q_2$  – точечные заряды;  $r$  – расстояние между ними;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $\epsilon$  – ди-

электрическая проницаемость среды;

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$  – напряжённость электрического поля, где  $\vec{F}$  – сила, действующая на положительный пробный заряд  $q_0$ ;

$\epsilon = \frac{E_0}{E}$  – диэлектрическая проницаемость среды, где  $E_0, E$  – напряжённость электрического поля в вакууме и среде соответственно;



$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$  – напряжённость электрического поля точечного заряда в некоторой точке, где  $q$  – заряд, создающий поле;  $r$  – расстояние от заряда до точки;

$\vec{E}_p = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$  – принцип суперпозиции полей, где  $\vec{E}_p$  – напряжённость результирующего поля;

$\sigma = \frac{q}{S}$  – поверхностная плотность заряда, где  $q$  – величина заряда,  $S$  – площадь поверхности;

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$  – модуль напряжённости поля, создаваемого бесконечной заряженной плоскостью;

$\varphi = \frac{W}{q_0}$  – потенциал электростатического поля в точке, где  $W$  – потенциальная энергия пробного заряда  $q_0$ , находящегося в данной точке;

$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$  – потенциал поля точечного заряда в некоторой точке, где  $q$  – заряд;  $r$  – расстояние от заряда до точки;

$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U}{d}$  – связь напряжённости однородного электрического поля с напряжением  $U$ , где  $d$  – расстояние между точками 1 и 2 поля.

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?

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: 2,5 мкКл

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

Ответ: 0,9 м

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.

Ответ: 6 мкКл

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

Ответ: в 3 раза

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

Ответ: в 9 раз

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

Ответ: в 4 раза

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

Ответ: 3,2 мКл

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

Ответ: 900 В/м

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

Ответ: 6000 В

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

Ответ: 10 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.

Ответ: 0

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.

Ответ: 150 В/м; 650 В/м

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.

Ответ: 1 см

15\*. Две эквипотенциальные поверхности с потенциалами  $\varphi_1 = 50$  В и  $\varphi_2 = 100$  В находятся на расстоянии  $d = 0,1$  м. Определить модуль напряжённости электрического поля.

Ответ: 500 В/м

16\*. Какую работу в микроджоулях совершает однородное электрическое поле напряженностью  $E = 100 \text{ В/м}$  при перемещении заряда  $q = 2 \text{ мкКл}$  на  $r = 2 \text{ см}$  в направлении, составляющем угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением силовых линий?

Ответ: 2 мкДж

17\*. Определить кинетическую энергию заряда  $q = 1,41 \text{ Кл}$ , который из состояния покоя прошел разность потенциалов  $\Delta\varphi = 500 \text{ В}$ .

Ответ: 705 Дж

18\*. Какую максимальную работу может совершить сила, действующая на заряд  $q = 10 \text{ мкКл}$  со стороны однородного электрического поля с напряженностью  $E = 15 \text{ кВ/м}$ , при его перемещении на  $r = 2 \text{ см}$ ?

Ответ: 3 Дж

19. Определить потенциальную энергию точечного заряда  $q = 5 \text{ мкКл}$ , помещенного в электрическом поле в точку, потенциал которой равен  $\varphi = 8000 \text{ В}$ .

Ответ: 0,04 Дж

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

Ответ: 25 Н

21\*. 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 2,5? Расстояние между зарядами не меняется.

Ответ: в 10 раз

22\*. Два одинаковых маленьких заряженных шарика подвешены на тонких длинных нитях и находятся в керосине. Какова плотность шариков, если в воздухе нити расходятся на такой же угол, как в керосине? Плотность керосина равна  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ , диэлектрическая проницаемость керосина равна  $\epsilon = 2$ .

Ответ:  $1600 \text{ кг/м}^3$

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

Ответ: 1,25 м

24\*. 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?

Ответ: в 4 раза

25\*. 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?

Ответ: в 3 раза

26\*. 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 миллиньютонах модуль силы, действующей на заряд  $q = 0,3 \text{ мкКл}$ , помещённый в некоторую точку этого поля.

Ответ: 0,15 мН

27\*. 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  $E = 800 \text{ В/м}$ .

Ответ: 296 Н

28\*. 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 массу капельки.

Ответ: 1 мг

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

Ответ:  $45^\circ$

30\*. 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?

Ответ: 8 м

31\*. Два одинаковых точечных заряда по  $q = 2 \text{ мкКл}$  находятся в точках  $(0; 0)$  и  $(2; 0)$  прямоугольной системы координат  $(X; Y)$ , где  $x, y$  заданы в метрах. Определить проекцию на ось  $X$  вектора напряженности электрического поля в точке  $(1; 1)$ .

Ответ: 0 В/м

32\*. На расстоянии  $r_1 = 4 \text{ м}$  от уединенного 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.

Ответ: 16 В/м

33\*. При переносе точечного заряда из первой среды во вторую потенциал поля на расстоянии  $r = 1 \text{ м}$  от заряда изменился со  $\varphi_1 = 180 \text{ В}$  до  $\varphi_2 = 100 \text{ В}$ . Во сколько раз относительная диэлектрическая проницаемость второй среды больше, чем относительная диэлектрическая проницаемость первой?

Ответ: в 1,8 раза

34\*. 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, расположенной на расстоянии  $r_1 = 3 \text{ м}$  от первого заряда и  $r_2 = 4 \text{ м}$  от второго?

Ответ: 75 В

35\*. В трех вершинах квадрата со стороной  $a = 1$  м находятся положительные точечные заряды величиной по  $q = 0,1$  мкКл. Определить модуль напряжённости электрического поля в центре квадрата.

Ответ: 1800 В/м

36\*. На концах отрезка расположены заряды по  $q_1 = +12$  мкКл. Определить модуль силы, действующей на заряд  $q_2 = 1,5$  мкКл в точке, удаленной на  $r_1 = 2,5$  см от отрезка и на  $r_2 = 5$  см от его концов.

Ответ; 64,8 Н

37\*. В трех вершинах квадрата со стороной  $a = 30$  см находятся точечные заряды по  $q = 0,001$  мкКл. Определить модуль напряжённости поля в четвертой вершине квадрата.

Ответ: 191 В/м

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

Ответ: 541 В

39\*. На двух проводящих концентрических сферах с радиусами  $r_1 = 20$  см и  $r_2 = 4$  см находятся заряды  $q_1 = 0,2$  мкКл и  $q_2 = 0,3$  мкКл. Найти модуль напряжённости электрического поля на расстоянии  $r = 60$  см от поверхности внешней сферы.

Ответ: 900 В/м

40\*. На расстоянии  $r_1 = 1$  м от центра заряженного металлического шара радиусом  $R = 3$  м потенциал электрического ноля равен  $\varphi = 3$  В. Определить потенциал электрического поля на расстоянии  $r_2 = 2$  м от центра шара.

Ответ: 5 В

41\*. Металлическая сфера диаметром  $d = 0,6$  м имеет заряд  $q = 0,3$  мкКл. Определить максимальное значение модуля напряжённости электрического поля, созданного заряженной сферой. Ответ записать в киловольтах на метр.

Ответ: 30 кВ/м

42\*. Какую разность потенциалов должен пройти первоначально покоящийся электрон, чтобы приобрести кинетическую энергию  $E_k = 150$  эВ?

Ответ: 150 В

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

Ответ: 10 м/с

44\*. Точечный заряд  $q_1 = 2$  мкКл закреплен в точке  $(0; 0)$  прямоугольной системы координат  $(X; Y)$ , где  $y$  заданы в метрах. Какую работу совершает электрическое поле, созданное этим зарядом, при переносе другого точечного заряда в  $q_2 = 1$  мкКл из точки  $(2; 0)$  в точку  $(0; 2)$ ?

Ответ: 0 Дж

45\*. С каким максимальным по значению ускорением может двигаться тело массой  $m = 10$  г и зарядом  $q = 1$  мкКл вблизи поверхности Земли под действием сил тяготения и силы со стороны однородного электрического поля с напряжённостью  $E = 10$  кВ/м?

Ответ:  $11 \text{ м/с}^2$

## Конденсаторы

### Основные формулы

$C = \frac{q}{\varphi}$  – ёмкость уединённого проводника, где  $q$  – заряд проводника;  $\varphi$  – потенциал проводника;

$C = \frac{q}{U}$  – ёмкость конденсатора, где  $q$  – заряд конденсатора;  $U$  – напряжение между пластинами;

$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$  – ёмкость плоского конденсатора, где  $S$  – площадь пластины;  $d$  – расстояние между ними;  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды между пластинами конденсатора;

$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$  – напряжённость поля между пластинами плоского конденсатора,  $\sigma$  – поверхностная плотность заряда;

$C = \sum_{i=1}^N C_i$  – ёмкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, где  $C_i$  – ёмкость отдельного конденсатора;

$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$  – формула для определения ёмкости батареи последовательно соединённых конденсаторов;

$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$  – энергия электростатического поля плоского заряжённого конденсатора, где  $q$  – заряд конденсатора;  $C$  – ёмкость;  $U$  – напряжение между пластинами;

$w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}$  – объёмная плотность энергии электростатического поля, где

$W$  – энергия поля;  $V$  – объём пространства, в котором создано поле;  $E$  – напряжённость поля;  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды.

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?

Ответ: в 1,5 раза

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.

Ответ: 1,5 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?

Ответ: 0,5 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.

Ответ: в 4 раза

5. Во сколько раз возрастёт ёмкость плоского конденсатора при увеличении заряда на его обкладках в 2 раза? Размеры конденсатора не меняются.

Ответ: 1

6. Во сколько раз увеличится энергия электрического поля в конденсаторе, если заряд на пластинах конденсатора увеличить в 2 раза?

Ответ: в 4 раза

7. Определить энергию конденсатора, если его заряд равен  $q = 0,03 \text{ Кл}$ , а разность потенциалов между обкладками составляет  $\Delta\varphi = 1000 \text{ В}$ .

Ответ: 15 Дж

8. Определить энергию конденсатора ёмкостью  $C = 3 \text{ мкФ}$ , заряженного до разности потенциалов  $\Delta\varphi = 3000 \text{ В}$ .

Ответ: 13,5 Дж

9\*. Два одинаковых плоских конденсатора ёмкостью  $C = 100 \text{ мкФ}$  каждый заряжены до разности потенциалов  $\Delta\varphi_1 = 100 \text{ В}$  и  $\Delta\varphi_2 = 300 \text{ В}$  соответственно. Какая энергия выделится при перераспределении заряда, если разноименные пластины конденсаторов соединить проводником?

Ответ: 4 Дж

10. 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  $q = 0,007 \text{ мкКл}$ , помещенный посередине между обкладками? Ответ дать в микроニュтонах.

Ответ: 70 мкН

11\*. Плоский конденсатор зарядили так, что напряженность поля внутри конденсатора равна  $E = 315 \text{ В/м}$  и, не отключая от источника тока, увеличили расстояние между пластинами в 3 раза. Определить модуль напряжённости поля в конденсаторе после раздвижения пластин.

Ответ: 105 В/м

12\*. Конденсатор ёмкостью  $C = 8 \text{ мкФ}$  подключен к источнику тока напряжением  $U = 100 \text{ В}$ . Вычислить работу, совершаемую при вдвигании в конденсатор пластины с относительной диэлектрической проницаемостью, равной  $\epsilon = 4$ . Пластина заполняет весь объем конденсатора.

Ответ: 0,12 Дж

13\*. В конденсаторе переменной ёмкости площадь пластин может меняться от  $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$  до  $S_2 = 4,5 \text{ см}^2$  при неизменном расстоянии между пластинами. Во сколько раз наибольшее значение ёмкости конденсатора больше наименьшего?

Ответ: в 3 раза

14\*. Конденсаторы емкостью  $C_1 = 4,5 \text{ мкФ}$  и  $C_2 = 1,5 \text{ мкФ}$  соединили последовательно и подключили к источнику тока напряжением  $U = 120 \text{ В}$ . Определить разность потенциалов между обкладками конденсатора емкостью  $C = 1,5 \text{ мкФ}$ .

Ответ: 90 В

15\*. Два плоских конденсатора ёмкостью  $C = 2 \text{ мкФ}$ , соединенных последовательно, подключили к источнику напряжения  $U = 360 \text{ В}$  и затем отключили. Определить напряжение на конденсаторах, если их соединить параллельно одноименными пластинами.

Ответ: 180 В

16\*. В пространство между обкладками заряженного и отключенного от источника конденсатора вдвигают параллельно обкладкам незаряженную металлическую пластинку толщиной  $d = 1 \text{ мм}$ . Во сколько раз уменьшается при этом напряжение на обкладках, если расстояние между ними равно 3 мм?

Ответ: в 1,5 раза

17\*. Два одинаковых конденсатора, соединенных параллельно, зарядили до напряжения  $U = 40 \text{ В}$  и отключили от цепи. Определить разность потенциалов на воздушном конденсаторе, если пространство между обкладками другого конденсатора заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной  $\epsilon = 7$ .

Ответ: 10 В

18\*. Расстояние между пластинами заряженного и отключенного от цепи плоского конденсатора увеличивается в 2 раза. Во сколько раз возрастет при этом энергия электрического поля в конденсаторе?

Ответ: в 2 раза

19\*. Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U = 300 \text{ В}$  и отключен от источника тока. Определить в миллиджоулях работу внешней силы по увеличению расстояния между пластинами конденсатора вдвое. Заряд конденсатора  $q = 100 \text{ мкКл}$ .

Ответ: 15 мДж

20\*. Воздушный конденсатор ёмкостью  $C = 32 \text{ мкФ}$  заряжен до напряжения  $U = 100 \text{ В}$  и отключен от источника питания. Какую работу совершат силы электростатического поля при заполнении всего объема между пластинами диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью, равной  $\epsilon = 4$ ?

Ответ: 0,12 Дж

## Законы постоянного тока

### Основные формулы

$I = \frac{q}{t} = en(V)S$  – сила постоянного тока, где  $q$  – заряд, проходящий через поперечное сечение проводника за время  $t$ ;  $e$  – элементарный заряд;  $n$  – концентрация свободных зарядов в проводнике;  $\langle V \rangle$  – средняя скорость направленного дви-



жения свободных зарядов;  $s$  – площадь поперечного сечения проводника;

$$j = \frac{I}{S} = en(V) - \text{плотность постоянного тока;}$$

$$R = \rho \frac{l}{S} - \text{сопротивление проводника, где } l - \text{длина проводника;}$$

$S$  – площадь поперечного сечения;  $\rho$  – удельное сопротивление;

$$I = \frac{U}{R} - \text{закон Ома для участка цепи;}$$

$$R = R_0(1 + \alpha t) - \text{сопротивление проводника при температуре } t, \text{ где}$$

$R_0$  – сопротивление при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления;

$$R = \sum_{i=1}^N R_i - \text{сопротивление участка цепи последовательно соединённых проводников, где } R_i - \text{сопротивление } i\text{-го проводника; } N - \text{число проводников;}$$

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i} - \text{сопротивление участка цепи параллельно соединённых } N \text{ проводников;}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} - \text{Закон Ома для замкнутой цепи, где } \varepsilon - \text{ЭДС источника;}$$

$R$  – внешнее сопротивление;  $r$  – внутреннее сопротивление (сопротивление источника);

$$\varepsilon = \frac{A_{\text{сторон}}}{q} - \text{электродвижущая сила источника (ЭДС), где } A_{\text{сторон}} - \text{работа сторонних сил по перемещению положительного заряда } q \text{ в цепи;}$$

$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr} - \text{сила тока в цепи, замкнутой на батарею } n \text{ одинаковых последовательно соединённых источников, где } \varepsilon, r - \text{ЭДС и внутреннее сопротивление одного источника;}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+\frac{r}{n}} - \text{сила тока в цепи, замкнутой на батарею } n \text{ одинаковых параллельно соединённых источников;}$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) - \text{работа электростатического поля по перемещению заряда } q \text{ из точки с потенциалом } \varphi_1 \text{ в точку с потенциалом } \varphi_2;$$

$A = \frac{U^2}{R} t = IUt = I^2 Rt$  – работа тока на участке цепи, где  $t$  – время протекания тока;

$P = \frac{U^2}{R} = IU = I^2 R$  – мощность тока на участке цепи;

$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A} = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r}$  – КПД источника тока.

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

Ответ: 18 Кл

2\*. Число свободных электронов в  $V = 1$  м<sup>3</sup> меди равно  $N = 10^{28}$ . Найти значение скорости направленного движения электронов в медном проводе с площадью поперечного сечения  $S = 5$  мм<sup>2</sup>, по которому протекает ток силой  $I = 400$  А.

Ответ: 0,05 м/с

3. Найти в квадратных миллиметрах площадь поперечного сечения проводника сопротивлением  $R = 0,5$  Ом, если удельное сопротивление материала проводника равно  $\rho = 8 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, а его длина –  $L = 50$  м.

Ответ: 8 мм<sup>2</sup>

4. Удельное сопротивление материала проводника  $\rho = 3 \cdot 10^{-4}$  Ом·м. Найти сопротивление проводника длиной  $L = 10$  м и площадью сечения  $S = 1$  мм<sup>2</sup>.

Ответ: 3000 Ом

5. Напряжение, приложенное к участку цепи, равно  $U = 168$  В. Сила тока в цепи равна  $I = 7$  А. Найти сопротивление участка цепи.

Ответ: 24 Ом

6. Какое максимальное сопротивление можно получить, соединив резисторы  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 20$  Ом и  $R_3 = 70$  Ом?

Ответ: 95 Ом

7. По резистору сопротивлением  $R = 7$  Ом протекает электрический ток силой  $I = 24$  А. Определить падение напряжения на этом резисторе.

Ответ: 168 В

8. Гирлянда из  $N = 10$  одинаковых лампочек включена в сеть напряжением  $U = 210$  В и потребляет ток силой  $I = 2,5$  А. Определить сопротивление одной лампочки, если все они соединены параллельно.

Ответ: 840 Ом

9. Параллельно амперметру сопротивлением  $R = 0,01$  Ом включен вольтметр. Найти показания амперметра, если напряжение, измеренное вольтметром, равно  $U = 2$  мВ.

Ответ: 0,2 А

10. При коротком замыкании аккумулятора сила тока в перемычке, соединяющей его клеммы, равна  $I = 20$  А. Найти значение электродвижущей силы аккумулятора, если его внутреннее сопротивление равно  $r = 0,45$  Ом.

Ответ: 9 В

11. Источник тока замкнут на резистор сопротивлением  $R = 5$  Ом. ЭДС источника тока равна  $\varepsilon = 12$  В. Определить внутреннее сопротивление источника, если сила тока в цепи равна  $I = 2$  А.

Ответ: 1 Ом

12. Мотор подключен к сети напряжением  $U = 220 \text{ В}$ . Найти работу, совершенную мотором при прохождении по его обмотке заряда  $q = 2 \text{ Кл}$ , если вся электрическая энергия превратилась в механическую работу.

Ответ: 440 Дж

13. 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  $Q = 90 \text{ Дж}$ .

Ответ: 5 с

14\*. Определить напряжение, подведенное к электроплитке, если ее сопротивление  $R = 12,1 \text{ Ом}$ , а мощность  $P = 1 \text{ кВт}$ .

Ответ: 110 В

15. В проводнике сопротивлением  $R = 6 \text{ Ом}$  за  $t = 3 \text{ с}$  выделяется  $Q = 72 \text{ Дж}$  теплоты. Найти силу тока в проводнике.

Ответ: 2 А

16\*. При прохождении по спирали кипятильника заряда  $q = 2 \text{ Кл}$  выделяется  $Q = 30 \text{ Дж}$  теплоты. Определить напряжение, приложенное к спирали.

Ответ: 15 В

17. 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.

Ответ: 10 Ом

18\*. К аккумулятору с ЭДС  $\epsilon = 12,6 \text{ В}$  подключен резистор, в котором протекает ток силой  $I = 5 \text{ А}$ . Определить работу сторонних сил по разделению заряда в аккумуляторе за  $t = 1 \text{ мин}$ .

Ответ: 3780 Дж

19\*. Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника в течение  $t = 5 \text{ с}$ , если за этот промежуток времени ток равномерно возрастает от нуля до  $I = 12 \text{ А}$ ?

Ответ: 30 Кл

20\*. Во сколько раз возрастет сопротивление медного провода при увеличении площади поперечного сечения в 2 раза, а длины провода в 3 раза?

Ответ: в 1,5 раза

21\*. Моток медной проволоки имеет массу  $m = 1,78 \text{ кг}$  и сопротивление  $R = 3,4 \text{ Ом}$ . Определить в квадратных миллиметрах поперечное сечение проволоки. Удельное сопротивление меди равно  $\rho_{\text{мд}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а плотность меди  $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ:  $1 \text{ мм}^2$

22\*. Сопротивление вольфрамовой нити накаливания лампы при  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ . Сопротивление нити в рабочем состоянии равно  $R_2 = 200 \text{ Ом}$ . Определить в градусах Цельсия температуру нити в рабочем состоянии. Температурный коэффициент сопротивления для вольфрама равен  $\alpha = 0,005 \text{ Ом/}^\circ\text{C}$

Ответ:  $2000 \text{ }^\circ\text{C}$

23\*. 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.

Ответ: 9 Ом

24\*. Сколько цепей с различными сопротивлениями можно получить, соединяя по-разному три резистора, если сопротивление каждого равно  $R = 5 \text{ Ом}$ ?

Ответ: 4

25\*. Проволочный куб включен в цепь через контакты, отходящие из двух противоположных вершин куба, принадлежащих одной грани. Определить сопротивление куба, если сопротивление каждого ребра равно  $R = 12 \text{ Ом}$ .

Ответ: 9 Ом

26\*. 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.

Ответ: 0,2 А

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

Ответ: 1,5 А

28\*. Участок цепи состоит из резистора  $R = 2 \text{ Ом}$ , включенного последовательно резисторам  $R_1 = 5 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ , которые соединены параллельно. Определить падение напряжения на резисторе  $R$ , если в первом резисторе течет ток силой  $I_1 = 1 \text{ А}$ .

Ответ: 2,5 В

29\*. Два резистора  $R_1 = 20 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 30 \text{ Ом}$  соединены последовательно. Определить падение напряжения на втором резисторе, если вольтметр с бесконечно большим сопротивлением, подключенный параллельно первому резистору в  $20 \text{ Ом}$ , показал  $U_1 = 25 \text{ В}$ .

Ответ: 37,5 В

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

Ответ: 8640 Кл

31\*. Участок цепи состоит из 3 проводников сопротивлением  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ , включенных последовательно. Найти падение напряжения на участке цепи, если сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 1 \text{ Ом}$  равна  $I_1 = 2 \text{ А}$ .

Ответ: 12 В

32\*. Первый проводник имеет сопротивление  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ , второй —  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ . При параллельном соединении проводников во втором из них течет ток, равный  $I_2 = 0,2 \text{ А}$ . Найти падение напряжения на первом проводнике.

Ответ: 1 В

33\*. Два резистора сопротивлением  $R_1 = 12 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 4 \text{ Ом}$  соединены параллельно. Последовательно к ним включен резистор  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ . Найти силу тока в первом резисторе, если падение напряжения на третьем резисторе составляет  $U_3 = 9 \text{ В}$ .

Ответ: 0,75 А

34\*. Вольтметр имеет сопротивление  $R_V = 500 \text{ Ом}$ , для увеличения цены деления последовательно с ним включен резистор сопротивлением  $R = 1000 \text{ Ом}$ . Во сколько раз возросла цена деления вольтметра?

Ответ: в 3 раза

35\*. Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжения до  $U_V = 30 \text{ В}$ , имеет внутреннее сопротивление  $R_V = 3 \text{ кОм}$ . Найти сопротивление добавочного резистора, который необходимо подсоединить к вольтметру для измерения напряжения до  $U = 300 \text{ В}$ . Ответ дать в килоомах.

Ответ: 27 кОм

36\*. Амперметр сопротивлением  $R_A = 0,09 \text{ Ом}$  необходимо применить для измерения токов, сила которых в 10 раз превышает предел измерения амперметра. Определить сопротивление шунта, который следует подключить к амперметру.

Ответ: 0,01 Ом

37\*. Миллиамперметр, сопротивление которого равно  $R_A = 4,9 \text{ Ом}$ , имеет шкалу, рассчитанную на  $I_1 = 20 \text{ мА}$ . Сопротивление шунта, подключенного к амперметру  $R_{ш} = 0,1 \text{ Ом}$ . Ток какой силы можно измерить таким амперметром?

Ответ: 1 А

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

Ответ: 1,4 В

39\*. 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  $R_A = 0,1 \text{ Ом}$ ?

Ответ: 0,7 А

40\*. Два элемента с ЭДС  $\varepsilon_1 = 1,5 \text{ В}$  и  $\varepsilon_2 = 2,1 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 0,2 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 0,6 \text{ Ом}$  соединены разноименными полюсами. Найти силу тока в цепи.

Ответ: 0,75 А

41\*. Двигатель мощностью  $P = 30 \text{ Вт}$ , рассчитанный на напряжение  $U = 15 \text{ В}$ , необходимо подключить к источнику тока, составленному из батареек с ЭДС  $\varepsilon = 1,5 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,5 \text{ Ом}$ . Найти минимальное число батареек, которые необходимо включить в последовательную цепь.

Ответ: 30

42\*. Источник тока с ЭДС, равной  $\varepsilon = 12 \text{ В}$ , и внутренним сопротивлением  $r = 2 \text{ Ом}$  замкнут цепью, состоящей из резистора сопротивлением  $R = 2 \text{ Ом}$  и конденсатора емкостью  $C = 2 \text{ мкФ}$ , соединенных параллельно. Определить в микрокулонах величину заряда на обкладках конденсатора.

Ответ: 12 мкКл

43\*. Батарея состоит из параллельно соединенных источников тока. При силе тока во внешней цепи  $I = 2 \text{ A}$  полезная мощность равна  $P = 7 \text{ Вт}$ . Определить число элементов в батарее, если ЭДС каждого элемента равна  $\epsilon = 5,5 \text{ В}$ , а внутреннее сопротивление  $r = 5 \text{ Ом}$ .

Ответ: 5

44\*. Источник тока с внутренним сопротивлением  $r = 2 \text{ Ом}$  замкнут на внешний резистор. При каком значении сопротивления резистора падение напряжения на зажимах источника тока составляет 60% от электродвижущей силы источника?

Ответ: 3 Ом

45\*. 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  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ , если на резисторе  $R_1 = 2 \text{ Ом}$  выделяется мощность  $P = 30 \text{ Вт}$ ?

Ответ: 75 Вт

46\*. К источнику тока подключают поочередно реостаты. При этом на реостатах выделяется одинаковая полезная мощность, равная  $P = 25 \text{ Вт}$ . Найти ЭДС источника тока, если сопротивления реостатов равны  $R_1 = 4 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 9 \text{ Ом}$ .

Ответ: 25 В

47\*. Батарея элементов при замыкании на резистор сопротивлением  $R = 5 \text{ Ом}$  дает ток силой  $I = 1 \text{ А}$ . Ток короткого замыкания батареи равен  $I_{к.з.} = 6 \text{ А}$ . Какую наибольшую полезную мощность может дать батарея?

Ответ: 9 Вт

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

Ответ: 65 %

## Магнитное поле тока. Сила Ампера. Сила Лоренца

### Основные формулы

$B = \frac{M_{max}}{r_m}$  – модуль индукции магнитного поля, где  $M_{max}$  – максимальный

вращающий момент, действующий на рамку с током,  $p_m = IS$  – магнитный момент,  $I$  – сила тока в рамке,  $S$  – площадь рамки;

$\vec{B} = \sum_{i=1}^N \vec{B}_i$  – принцип суперпозиции магнитных полей, где  $\vec{B}$  – индукция результирующего магнитного поля,  $\vec{B}_i$  – индукция  $i$ -го магнитного поля;

$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi r}$  – индукция магнитного поля прямолинейного тока, где  $r$  – расстояние от проводника до точки, в которой определяют вектор  $\vec{B}$ ,  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu$  – магнитная проницаемость среды;

$\mu = \frac{B}{B_0}$  – магнитная проницаемость среды, где  $B$  – магнитная индукция поля в среде;  $B_0$  – магнитная индукция поля в вакууме;

$B = \mu \mu_0 n I$  – индукция магнитного поля на оси соленоида, где  $n = \frac{N}{\ell}$  – число витков на единицу длины,  $N$  – общее число витков,  $\ell$  – длина соленоида;

$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$  – индукция магнитного поля в центре кругового проводника с током, где  $R$  – радиус кругового проводника;

$F_A = BIL \sin \alpha$  – сила Ампера, где  $L$  – длина проводника,  $\alpha$  – угол между направлением тока и вектором магнитной индукции;

$F_L = qBV \sin \alpha$  – сила Лоренца, где  $q$  – заряд движущейся частицы,  $V$  – скорость частицы,  $\alpha$  – угол между направлением скорости и вектором магнитной индукции.

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

Ответ: 2 А

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

Ответ:  $2 \cdot 10^{-5}$  Тл

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

Ответ:  $2,8 \cdot 10^{-5}$  Тл

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

Ответ: 2 м

5\*. Определить индукцию магнитного поля в точке, находящейся 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/мм<sup>2</sup>.

Ответ: 0,4 мкТл

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  $I = 1$  А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.

Ответ: 7,5 мкТл

7\*. Два круговых витка расположены в вакууме плоскостях так, что их центры совпадают, а угол между плоскостями составляет  $\alpha = 60^\circ$ . Радиусы витков одинаковы и равны  $R = 20$  см. Сила тока в витках соответственно  $I_1 = 1$  А и  $I_2 = 2$  А. Найти индукцию магнитного поля в центре витков.

Ответ: 16,6 мкТл; 10,9 мкТл

8. 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.

Ответ: 0,5 Тл

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

Ответ: 3 мТл

10. 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 получившегося поля.

Ответ: 0,5 Тл

11\*. 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.

Ответ: 36,7 мкТл; 4,3 мкТл

12\*. Длинный тонкий прямолинейный проводник, сила тока в котором  $I = 15$  А, расположен в воздухе в однородном магнитном поле, модуль индукции которого  $B_0 = 40$  мкТл. Направление тока противоположно направлению линий индукции. Найти модуль индукции результирующего поля на расстоянии  $r = 10$  см от проводника.

Ответ: 50 мкТл



13. Прямой проводник длиной  $L = 1$  м и током  $I = 3$  А помещен 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  $\alpha = 30^\circ$ .

Ответ: 0,3 Н

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

Ответ: 8 Н

15. 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.

Ответ: 3 м

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

Ответ: в 9 раз

17\*. Двухпроводная линия электропередачи, расстояние между проводами которой  $r = 50$  см, расположена в воздухе. Сила постоянного тока в линии  $I = 5,0$  А. Если каждый участок одного провода линии взаимодействует с другим проводом с силой, модуль которой  $F = 25$  мкН. Найти длину участка.

Ответ: 2,5 м

18\*. На прямолинейный проводник с площадью сечения  $S = 0,2$  см<sup>2</sup> 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.

Ответ: 2500 кг/м<sup>3</sup>

19\*. 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, направленной вниз. На сколько градусов отклонятся нити от вертикали, если по стержню пропустить ток  $I = 5$  А?

Ответ: на 45°

20\*. 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, идущего по проводнику, если он висит, не падая?

Ответ: 10 А

21\*. Найти модуль равнодействующей сил, действующих на проводник в форме квадрата площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> со стороны однородного магнитного поля с индукцией  $B = 1$  Тл, если все стороны квадрата перпендикулярны силовым линиям, а сила тока в проводнике равна  $I = 10$  А.

Ответ: 0 Н

22\*. Линейный проводник длиной  $L = 0,25$  м с током  $I = 8$  А расположен перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля с индукцией  $B = 0,4$  Тл. Найти работу силы Ампера при равномерном перемещении проводника на  $S = 2,5$  см в направлении действия этой силы.

Ответ: 0,02 Дж

23. На частицу с зарядом  $q = 1$  мкКл, влетающую в однородное магнитное поле со скоростью  $V = 10$  м/с перпендикулярно силовым линиям, действует сила в  $F = 1$  мкН. Определить магнитную индукцию поля.

Ответ: 0,1 Тл

24. На заряженную частицу, влетающую в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл со скоростью  $V = 10$  м/с перпендикулярно силовым линиям, действует со стороны поля сила в  $F = 1$  мкН. Определить в микрокулонах заряд частицы.

Ответ: 1 мкКл

25\*. Вектор напряженности электрического поля с модулем  $E = 300$  В/м перпендикулярен вектору магнитной индукции с модулем  $B = 0,2$  Тл. Найти скорость движения заряда, при которой этот заряд в скрещенных электрическом и магнитном полях движется равномерно и прямолинейно.

Ответ: 1500 м/с

26\*. Если конденсатор с расстоянием между пластинами  $d = 1$  см определенным образом расположить в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл, то ионы, летящие со скоростью  $V = 100$  км/с, не испытывают отклонения. Найти напряжение на обкладках конденсатора. Вектор скорости ионов перпендикулярен вектору магнитной индукции.

Ответ: 50 В

27\*. 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?

Ответ: в 2 раза

28\*. На частицу со стороны однородного магнитного поля действует сила Лоренца, равная  $F = 6$  мкН. Определить в микроньютонах модуль силы Лоренца, действующей со стороны поля на эту частицу, если значение ее скорости станет в 2 раза больше, а направление не изменится.

Ответ: 12 мкН

29\*. Две частицы влетают под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линиям индукции однородного магнитного поля. Во сколько раз модуль силы Лоренца, действующей на первую частицу, больше модуля силы Лоренца, действующей на вторую, если заряд и масса первой частицы в 2 раза больше, чем второй. Скорости частиц одинаковы.

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: 6,28 с

31\*. Заряжённая частица влетает в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 45^\circ$  к силовым линиям и движется по спирали. Определить радиус спирали, если за один оборот частица смещается вдоль силовых линий поля на  $h = 6,28 \text{ см}$ .

Ответ: 0,01 м

32. Рамка площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$ . Найти значение максимального момента сил, действующих на рамку, если в ней течет ток силой  $I = 1000 \text{ А}$ .

Ответ: 5 Н·м

33\*. Виток с током диаметром  $d = 10 \text{ см}$  помещён в однородное магнитное поле так, что его плоскость параллельна вектору индукции. Определить модуль индукции магнитного поля, если при силе тока в витке  $I = 8,1 \text{ А}$  на него действуют вращающий момент  $M = 116 \text{ мН·м}$ .

Ответ: 1,8 Тл

34\*. Сила тока в квадратной рамке со стороной  $a = 5 \text{ см}$ , находящейся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$ , равна  $I = 10 \text{ А}$ . Определить действующий на рамку со стороны поля вращающий момент, если вектор индукции поля направлен под углом  $\alpha = 60^\circ$  к плоскости рамки.

Ответ: 6,25 мТл

## Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля

### Основные формулы

$\Phi = BS \cos \alpha$  – магнитный поток,  $S$  – площадь поверхности, пронизываемой

линиями магнитной индукции,  $\alpha$  – угол между направлением нормали к поверхности и вектором магнитной индукции;

$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  – закон электромагнитной индукции, где  $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  – скорость измене-

ния магнитного потока,  $\Delta \Phi$  – изменение магнитного потока,

$\Delta t$  – промежуток времени, за которое это изменение произошло;

$\varepsilon_i = v l B \sin \alpha$  – ЭДС индукции в движущемся проводнике, где  $v$  – скорость движения проводника,  $l$  – длина проводника,  $\alpha$  – угол между скоростью проводника и вектором магнитной индукции  $\vec{B}$ ;

$\Phi = LI$  – магнитный поток через контур, где  $L$  – индуктивность контура,  
 $I$  – сила тока в контуре;

$L = \mu\mu_0 n^2 V$  – индуктивность соленоида, где  $n = \frac{N}{l}$  – число витков на единицу длины,  $N$  – общее число витков,  $l$  – длина соленоида,  $V$  – объём соленоида;

$W_M = \frac{LI^2}{2}$  – энергия магнитного поля проводника с током;

$w_M = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$  – объёмная плотность энергии магнитного поля.

1. Найти магнитный поток, пронизывающий 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 милливеберах.

Ответ: 2 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, пронизывающий площадку, равен  $\Phi = 0,04 \text{ Вб}$ .

Ответ: 2 Тл

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, пронизывающий плоскость квадрата.

Ответ: 0 Вб

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  $B = 2 \text{ Тл}$ .

Ответ: 0,04 Вб

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, лежащей в плоскости площадки.

Ответ: 0,6 Вб

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

Ответ: 60 А

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

Ответ: 0,06 Вб

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  $I = 50 \text{ А}$ ?

Ответ: 100 с

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

Ответ: 0,05 с

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

Ответ: 0,02 Вб

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

Ответ: 0,3 с

12. В катушке, состоящей 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  $\varepsilon = 0,75 \text{ В}$ ?

Ответ: 0,45 с

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  $\varepsilon_{si} = 0,36 \text{ В}$ .

Ответ: 6 А

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

Ответ: 3 В

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

Ответ: 3,2 мГн

16\*. На катушке сопротивлением  $R = 5 \text{ Ом}$  и индуктивностью  $L = 25 \text{ мГн}$  поддерживается постоянное напряжение  $U = 50 \text{ В}$ . Сколько энергии выделится при размыкании цепи катушки?

Ответ: 1,25 Дж

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

Ответ: 4 А

18\*. Силовые линии однородного магнитного поля пересекают плоскую площадку под прямым углом. Во сколько раз уменьшится поток магнитной индукции через площадку при ее повороте на  $\alpha = 60^\circ$  относительно оси, лежащей в плоскости площадки?

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: в 3 раза

20\*. Два замкнутых круговых проводника лежат в одной плоскости. При одинаковом изменении индукции однородного магнитного поля в первом возникла ЭДС индукции  $\varepsilon_{i1} = 0,15 \text{ В}$ , а во втором  $-\varepsilon_{i2} = 0,6 \text{ В}$ . Во сколько раз длина второго проводника больше первого?

Ответ: в 2 раза

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

Ответ: 0,25 Кл

22\*. 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  $t = 0,01 \text{ с}$ .

Ответ: 1 В

23\*. Плоскость кругового витка перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. Определить среднее значение ЭДС индукции в витке при увеличении индукции поля за  $t = 0,01 \text{ с}$  на  $\Delta B = 1 \text{ Тл}$ . Радиус витка равен  $r = 10 \text{ см}$ .

Ответ: 3,14 В

24\*. 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 возникала средняя ЭДС индукции  $\varepsilon_i = 10 \text{ В}$ ?

Ответ: 100

25\*. Замкнутый проводник в виде правильного треугольника со стороной  $a = 10 \text{ см}$  расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4 \text{ Тл}$  перпендикулярно силовым линиям. Какая средняя ЭДС возникает в проводнике при его удалении из поля за  $t = 17,3 \text{ мс}$ ?

Ответ: 0,1 В

26\*. Виток площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  расположен перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$ . Какая средняя ЭДС индукции возникнет в витке при повороте его за промежуток времени  $t = 0,1 \text{ с}$  на  $\alpha = 90^\circ$  относительно оси, лежащей в плоскости витка?

Ответ: 0,1 В

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

Ответ: 1,2 Дж

28\*. Кольцо радиусом  $r = 1 \text{ м}$  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?

Ответ: 3,14 Кл

29\*. Во сколько раз ЭДС самоиндукции в случае изменения тока в контуре на  $\Delta I_1 = 6 \text{ А}$  за  $t_1 = 0,2 \text{ с}$  больше, чем в случае изменения тока в том же контуре на  $\Delta I_2 = 0,3 \text{ А}$  за  $t_2 = 6 \text{ с}$ ?

Ответ: в 600 раз

30\*. В однородном магнитном поле с индукцией, равной  $B = 0,05 \text{ Тл}$ , вращается стержень длиной  $l = 1 \text{ м}$  с постоянной угловой скоростью, равной  $\omega = 20 \text{ рад/с}$ . Ось вращения проходит через конец стержня параллельно силовым линиям магнитного поля. Найти ЭДС индукции, возникающую на концах стержня.

Ответ: 0,5 В

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

Ответ: в 4 раза

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

Ответ: 1,5 Дж

## Электромагнитные колебания в контуре

### Основные формулы

$T = 2\pi\sqrt{LC}$  – период свободных колебаний в контуре, где  $L$  – индуктивность контура,  $C$  – его ёмкость;

$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$  – полная энергия колебательного контура, где  $q$  – заряд на конденсаторе,  $I$  – сила тока в контуре;

$W = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{I_0^2}{2}$  – полная энергия колебательного контура, где  $I_0$  – амплитудное значение силы тока,  $q_0$  – амплитудное значение заряда на конденсаторе;

$q = q_0 \cos(\omega t + \alpha)$  – мгновенное значение силы переменного тока, где  $(\omega t + \alpha)$  – фаза колебаний,  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$  – циклическая частота,  $\nu$  – частота переменного тока,  $\alpha$  – начальная фаза;

$U = U_0 \cos(\omega t + \alpha)$  – мгновенное значение напряжения;

$U_0 = \frac{q_0}{C}$  – амплитудное (максимальное) значение напряжения;

$I = I_0 \sin(\omega t + \alpha)$  – мгновенное значение силы переменного тока;

$I_0 = q_0 \omega$  – амплитудное (максимальное) значение силы тока.

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.

Ответ:  $\frac{10^{-8}}{2\pi}$  Кл

2. Контур настроен на приём электромагнитных волн с циклической частотой  $\omega = 10000$  рад/с. Определить индуктивность контура, если ёмкость равна  $C = 0,2$  мкФ.

Ответ 0,05 Гн

3. Сила тока в цепи изменяется с течением времени по закону  $I = 5\sin 200\pi t$ , А. Определить амплитудное значение силы тока, частоту и период. Найти силу тока для фазы  $\varphi_1 = 3\pi/8$

Ответ 5 А, 100 Гц, 0,01 с, 3,53

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?

Ответ: 628 м

5. Полная энергия колебаний в контуре равна  $W = 5$  Дж, Найти максимальную силу тока в контуре, если индуктивность катушки равна  $L = 0,1$  Гн.

Ответ: 10 А

6. Определить частоту и период колебаний в контуре с катушкой индуктивности  $L = 0,5$  мГн и конденсатором ёмкостью  $C = 450$  пФ.

Ответ: 0,2 МГц, 5 мкс

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.

Ответ: 199 кГц, 796 кГц

8. Сигнал радиолокатора возвратился от цели через 0,3 мс. Каково расстояние до цели?

Ответ: 45 км

9\*. Напряжение на обкладках конденсатора колебательного контура ёмкостью  $C = 100$  пФ изменяется с течением времени по закону  $U = 2\cos\omega t$  (В), а сила тока в катушке индуктивности –  $I = 4\sin\omega t$  (мА). Определить частоту электромагнитных колебаний в контуре.

Ответ: 3200 кГц

10\*. Сила тока в катушке колебательного контура индуктивностью  $L = 50$  мГн изменяется с течением времени по закону  $I = 20\sin\omega t$  (мА), а заряд на обкладках конденсатора – по закону  $q = 2\cos\omega t$  (мкКл). Определить период электромагнитных колебаний в контуре.

Ответ: 0,63 мс

11\*. 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  $I = 20\cos(10^4 t + \pi/2)$ , мА.

Ответ: 10 мкФ; 0,2 мкДж



12. Период колебаний в электромагнитном контуре возрастает в 2 раза за счет увеличения ёмкости конденсатора. Во сколько раз увеличили ёмкость конденсатора?

Ответ: в 4 раза

13. 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?

Ответ: 2 А

14\*. Сила тока в колебательном контуре меняется по закону:  $i = 4 \cdot \sin 2000t$  А. Определить в милликулонах максимальный заряд на обкладках конденсатора.

Ответ: 2 мКл

15\*. Контур состоит из индуктивности  $L = 0,2$  Гн и ёмкости  $C = 10$  мкФ. Конденсатор заряжен до напряжения  $U = 200$  В. Какой будет сила тока в контуре в момент, когда энергия контура окажется поровну распределенной между электрическим и магнитным полем?

Ответ: 1 А

16\*. Конденсатор ёмкостью  $C = 10$  мкФ зарядили до напряжения  $U = 1000$  В и подключили к катушке. Какое количество теплоты выделится в контуре за время, в течение которого амплитуда напряжения в ходе затухающих колебаний уменьшится в 2 раза?

Ответ: 3,75 Дж

17\*. Ток в колебательном контуре меняется по закону:  $i = 6 \cdot \sin \varphi$ , где  $\varphi$  – фаза колебаний. Найти энергию электрического поля в конденсаторе, когда фаза колебаний равна  $\varphi = \pi/3$ . Индуктивность контура равна  $L = 0,1$  Гн.

Ответ: 0,45 Дж.

18\*. Колебательный контур составлен из катушки индуктивностью  $L = 0,1$  Гн и конденсатора ёмкостью  $C = 10$  мкФ. Когда напряжение на конденсаторе равно  $U = 30$  В, сила тока в контуре равна  $I = 0,4$  А. Какова максимальная сила тока в контуре?

Ответ: 0,5 А

19\*. Колебательный контур состоит из воздушного конденсатора, площадь каждой обкладки которого  $S = 100$  см<sup>2</sup>, и катушки индуктивностью  $L = 10$  мкГн. Определить расстояние  $d$  между обкладками конденсатора, если период электромагнитных колебаний в контуре  $T = 100$  нс.

Ответ: 3,5 мм

20\*. На какую длину волны настроен колебательный контур, если он состоит из катушки с 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  $S = 800$  см<sup>2</sup>.

Ответ: 2350 м

21\*. Колебательный контур состоит из индуктивности и двух конденсаторов одинаковой ёмкости, соединённых параллельно. Период электромагнитных колебаний в таком контуре равен  $T_1 = 9$  мкс. Эти конденсаторы соединяют последовательно. Найти период  $T_2 = ?$  электромагнитных колебаний.

Ответ: 4,5 мкс

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

Ответ: 3 мГн

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

Ответ: в 1,25 раза

## Переменный электрический ток

### Основные формулы

$I_A = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$  – действующее значение силы тока;

$U_A = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$  – действующее значение напряжения, где  $U_0$  – его амплитудное значение;

$\langle P \rangle = I_A U_A \cos \varphi$  – средняя мощность цепи переменного тока, где  $\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$X_L = L\omega$  – индуктивное сопротивление, где  $\omega$  – циклическая частота,  $L$  – индуктивность;

$X_C = \frac{1}{\omega C}$  – ёмкостное сопротивление, где  $C$  – ёмкость;

$I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$  – аналог закона Ома для цепи переменного тока, где  $R$  – активное сопротивление цепи;

$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_2 + I_2 r_2}$  – коэффициент трансформации, где  $N_1, N_2$  – число витков первичной и вторичной обмоток,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – ЭДС самоиндукции в первичной и вторичной обмотках соответственно;

$\left. \begin{aligned} U_1 &= \varepsilon_1 + I_1 r_1 \\ U_2 &= \varepsilon_2 - I_2 r_2 \end{aligned} \right\}$  – напряжения на первичной и вторичной обмотках, где  $r_1, r_2$  – активные сопротивления обмоток,  $I_1, I_2$  – силы тока в обмотках;

$\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}$  – КПД трансформации, где  $I_1 U_1$  – мощность, потребляемая в первичной цепи,  $I_2 U_2$  – мощность, передаваемая потребителю.

1. При включении конденсатора в цепь переменного тока с циклической частотой  $\omega = 200 \text{ рад/с}$  его ёмкостное сопротивление равно  $X_C = 50 \text{ Ом}$ . Определить в микрофарадах ёмкость конденсатора.

Ответ: 100 мкФ

2. Катушка индуктивностью  $L = 0,2 \text{ Гн}$  включена в сеть переменного тока с частотой  $\nu = 50 \text{ Гц}$ . Определить индуктивное сопротивление катушки.

Ответ: 62,8 Ом

3. Напряжение в сети переменного тока изменяется с течением времени по закону  $U = 180\sin\omega t$  (В). Определите амплитудное  $I_0$  и действующее  $I_d$  значения силы тока в цепи, если в сеть включить резистор сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом}$ .

Ответ: 1,8 А; 1,28 А

4. Сила тока  $I$ , потребляемого резистором сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом}$ , который включен в сеть переменного тока, изменяется с течением времени по закону  $I = 5\sin\omega t$  (А). Определить амплитудное  $U_0$  и действующее  $U_d$  напряжения в сети.

Ответ: 500 В; 357 В

5. 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?

Ответ: 3 мкФ

6\*. Во сколько раз увеличится индуктивное сопротивление катушки, если её включить в сеть переменного тока с частотой  $\nu_1 = 10 \text{ кГц}$  вместо  $\nu_2 = 50 \text{ Гц}$ ?

Ответ: в 200 раз

7\*. Катушка индуктивностью  $L = 0,2 \text{ Гн}$  включена в сеть переменного тока с частотой  $\nu = 50 \text{ Гц}$ . Определить индуктивное сопротивление катушки.

Ответ: 62,8 Ом

8\*. Значение ЭДС, вырабатываемой генератором 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  $t_1 = 1/300 \text{ с}$ .

Ответ: 125 В; 0,02 с; 50 Гц; 0; 62,5 В

9\*. Два конденсатора емкостями по  $C = 0,4 \text{ мкФ}$  каждый включены последовательно в цепь переменного тока с напряжением  $U = 220 \text{ В}$  и частотой  $\nu = 50 \text{ Гц}$ . Найти действующее значение силы тока в цепи.

Ответ: 0,6 мА

10\*. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации  $k = 24$  включен в сеть с напряжением  $U = 120 \text{ В}$ . Вторичная катушка трансформатора присоединена к прибору, через который идет ток  $I = 0,5 \text{ А}$ . Определить сопротивление прибора, если сопротивление вторичной катушки трансформатора равно  $r = 2 \text{ Ом}$ , а КПД трансформатора равен  $\eta = 95 \%$ .

Ответ: 7,5 Ом

11\*. 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  $\nu$  переменного тока реактивное сопротивление  $X$  этого участка цепи равно нулю.

Ответ: 796 Гц

12\*. Реактивное сопротивление  $X$  участка цепи переменного тока, который состоит из последовательно соединённых конденсатора ёмкостью  $C = 600 \text{ пФ}$  и катушки, обращается в нуль при частоте переменного тока  $\nu = 1 \text{ МГц}$ . Определите индуктивность катушки.

Ответ: 0,04 мГн

13\*. Сила тока в первичной обмотке трансформатора  $I_{д1} = 0,5$  А. Определите напряжение на зажимах первичной обмотки  $U_{д1}$ , если КПД трансформатора  $\eta = 95\%$ , сила тока во вторичной обмотке  $I_{д2} = 12$  А, а напряжение на её зажимах  $U_{д2} = 9$  В.

Ответ: 227,4 В

14\*. Напряжение на зажимах первичной обмотки  $U_{д1} = 220$  В, а сила тока  $I_{д1} = 0,6$  А. Определите силу тока  $I_{д2}$  во вторичной обмотке трансформатора, если напряжение на её зажимах  $U_{д2} = 12$  В, КПД трансформатора  $\eta = 98\%$ .

Ответ: 10,8 А

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

Ответ: 50 В

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

Ответ: 282 В

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

Ответ: 8,0 мкФ

## Оптика

### Геометрическая оптика

#### Основные формулы

$\alpha = \gamma$  – закон отражения света, где  $\alpha$  – угол падения,  $\gamma$  – угол отражения;

$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon\mu}$  – абсолютный показатель преломления среды, где  $c$  – скорость

света в вакууме,  $v$  – скорость света в данной среде,  $\epsilon$ ,  $\mu$  – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды;

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$  – закон преломления, где  $\beta$  – угол преломления,  $n_1$ ,  $n_2$  – абсо-

лютные показатели преломления сред;

$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$  – относительный показатель преломления,  $v_1$ ,  $v_2$  – скорости

света в первой и второй среде;

$\sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{n_2}{n_1}$  – синус предельного угла полного отражения;

$D = \frac{1}{F}$  – оптическая сила линзы, где  $F$  – фокусное расстояние линзы;

$D = D_1 + D_2$  – оптическая сила системы двух линз, сложенных вплотную;

$\pm \frac{1}{a} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{b}$  – формула тонкой линзы, где  $d$  и  $f$  – расстояние от линзы до предмета и до изображения соответственно;

$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{a}$  – линейное увеличение линзы, где  $H$  и  $h$  – линейные размеры изображения и предмета;

$\Gamma = \frac{d_o}{F}$  – увеличение лупы, где  $d_o$  – расстояние наилучшего зрения,  $F$  – фокусное расстояние лупы.

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

Ответ: 20 см

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.

Ответ: 0,15 м

3\*. На расстоянии  $L = 4,1$  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.

Ответ:  $0,04 \text{ м}^2$

4\*. Зеркало повернули на угол  $\alpha = 40^\circ$  относительно оси, проходящей через его плоскость и перпендикулярной падающему лучу. Найти угол поворота отражённого зеркалом луча, если направление падающего луча неизменно.

Ответ:  $80^\circ$

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

Ответ: 20 м/с

6\*. 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.

Ответ: 0,88 м

7\*. 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 отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

Ответ: 1,73

8\*. 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.

Ответ: 1,25

9\*. 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.

Ответ: в 2 раза

10\*. Луч света распространяется в оптическом волокне в течение времени  $t = 2$  мкс. Найти длину волокна, если предельный угол полного внутреннего отражения для границы волокно-воздух равен  $\alpha = 60^\circ$ .

Ответ: 519 м

11\*. Луч света падает из воздуха на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом  $\alpha = 30^\circ$ , а из стекла попадает в жидкость. Найти синус угла преломления света в жидкости. Показатель преломления жидкости равен  $n = 1,25$ .

Ответ: 0,4

12\*. Световой луч падает под углом  $\alpha = 60^\circ$  на плоскопараллельную пластинку с показателем преломления  $n = 1,73$  и толщиной  $h = 3,46$  см. Определить в сантиметрах смещение луча при прохождении пластинки. Пластинка находится в воздухе.

Ответ: 2 см

13\*. Два плоских зеркала расположены под углом друг к другу, и между ними помещен точечный источник света. Изображение источника в первом зеркале находится на расстоянии  $a = 6$  см, а во втором зеркале — на расстоянии  $b = 8$  см от источника. Расстояние между изображениями источника  $L = 10$  см. Найти угол между зеркалами.

Ответ:  $90^\circ$

14\*. 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  $\alpha = 60^\circ$ ?

Ответ:  $75^\circ$

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

Ответ: 1,1

16\*. На горизонтальном дне водоема, имеющего глубину  $h = 1,2$  м, лежит плоское зеркало. Луч света падает на поверхность воды под углом  $\alpha = 30^\circ$ . На каком расстоянии от точки падения этот луч снова выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Показатель преломления воды  $n = 1,33$ .

Ответ: 0,97 м

17\*. 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  $n = 1,33$ .

Ответ: 2,3 м

18\*. 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 размер действительного изображения.

Ответ: 4 см

19\*. Рассеивающую линзу с оптической силой  $D = -0,5$  дптр перемещают вдоль главной оптической оси относительно предмета. Найти перемещение, при котором линейное увеличение возрастает с  $\Gamma_1 = 0,2$  до  $\Gamma_2 = 0,5$ .

Ответ: 6 м

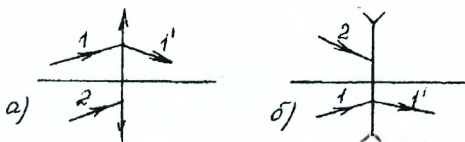
20\*. На тонкую собирающую линзу падает сходящийся пучок лучей. Продолжения лучей пересекаются за линзой на расстоянии  $d = 50$  см, а преломленные лучи — на расстоянии  $f = 25$  см. Обе точки лежат на главной оптической оси. Найти фокусное расстояние линзы.

Ответ: 0,5 см

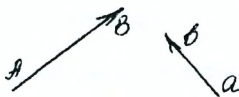
21\*. Предмет расположен на расстоянии  $d = 50$  см от плоскости линзы с оптической силой равной  $D = 2,5$  дптр. На сколько метров следует переместить предмет, чтобы его изображение уменьшилось в 2 раза?

Ответ: на 0,1 м

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



23\*. АВ — предмет, аb — его изображение в линзе. Определить тип линзы, ее расположение, положение главной оптической оси и фокуса.



24\*. На рисунке показано положение главной оптической оси; точки А и ее изображения  $A_1$ . Определить положение линзы и ее фокуса. Построить изображение точки В.



Изображение точки В.

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

Ответ: 7,5 см; 15 см

26\*. 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.

Ответ: 1,25 дптр; 1 м

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

Ответ: 0,5

28\*. С помощью проекционного аппарата на экране получают изображение диапозитива, увеличенное в  $\Gamma = 40,0$  раз. Найти расстояние  $f$  от объектива до экрана, если главное фокусное расстояние объектива проекционного аппарата  $F = 15,0$  см.

Ответ: 6,15 м

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

Ответ: 2 дптр

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

Ответ: 40 дптр

## Волновая оптика

### Основные формулы

$L = nr$  – оптическая длина пути светового луча, где  $n$  – показатель преломления среды,  $r$  – геометрическая длина пути;

$\Delta = L_2 - L_1$  – оптическая разность хода двух световых лучей, где  $L_1$ ,  $L_2$  – оптические длины путей этих лучей;

$\Delta_{\max} = \pm k\lambda$  – условие интерференционного максимума, где  $\lambda$  – длина световой волны в вакууме;  $k = 0, 1, 2, \dots$ ;

$\Delta_{\min} = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}$  – условие интерференционного минимума;

$a \sin \varphi = \pm k\lambda$ ,  $k = 1, 2, \dots$  – условие дифракционного минимума при дифракции

на одной щели, где  $a$  – ширина щели;  $\varphi$  – угол отклонения лучей от нормали;  $k$  – порядковый номер минимума;

$a \sin \varphi = \pm(2k + 1)\frac{\lambda}{2}$  – условие дифракционного максимума при дифракции на одной щели;

$d \sin \varphi = \pm k\lambda$ ,  $k = 0, 1, \dots$  – условие положения главных максимумов освещённости на экране при дифракции нормально падаю-



щего на дифракционную решётку света, где  $d$  – постоянная дифракционной решётки;

$d = a + b = \frac{1}{N}$  – постоянная дифракционной решётки, где  $a$  – ширина щели,  $b$  – ширина непрозрачного штриха,  $N$  – число щелей решётки, приходящееся на единицу длины решётки.

1. Человек воспринимает световое излучение с частотами от  $\nu_1 = 4 \cdot 10^{14}$  Гц до  $\nu_2 = 7,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Определите интервал длин волн электромагнитного излучения в вакууме, вызывающего у людей световое ощущение.

Ответ: 750 нм; 400 нм

2\*. 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 –  $n = 1,3$ .

Ответ:  $4 \cdot 10^{14}$  Гц;  $2,3 \cdot 10^8$  м/с

3. Во сколько раз скорость света в алмазе меньше, чем в воде? Показатель преломления алмаза –  $n_{ал} = 2,42$ , показатель преломления воды –  $n_в = 1,3$ .

Ответ: в 1,86 раза

4. Какова длина волны желтого света паров натрия в стекле с показателем преломления  $n = 1,56$ ? Длина волны этого света в воздухе равна  $\lambda = 589$  нм.

Ответ: 377,6 нм

5. Определить длину волны красного излучения в вакууме, если длина его волны в стекле равна  $\lambda = 400$  нм. Оптическая плотность (абсолютный показатель преломления) стекла  $n = 1,8$ .

Ответ: 720 нм

6. 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.

Ответ: 133,3 нм

7. Длина волны некоторых лучей в воде равна  $\lambda = 435$  нм. Какова длина волны этих лучей в воздухе? Показатель преломления воды –  $n_в = 1,3$ .

Ответ:  $5 \cdot 10^{-7}$  м

8. 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.

Ответ: 5066 нм

9. Разность хода в воздухе двух интерферирующих лучей монохроматического света составляет  $0,3\lambda$ . Найти разность фаз колебаний.

Ответ: 0,6π рад

10\*. Когда монохроматический свет распространяется в среде с показателем преломления  $n = 1,5$ , на пути в  $L = 9$  мкм укладывается  $N = 30$  длин волн. Найти в микрометрах длину волны света такой же частоты в вакууме.

Ответ: 0,45 мкм

11\*. 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 –  $n_1 = 1$ ; стекла –  $n_2 = 1,5$ ; алмаза –  $n_3 = 2,4$ .

Ответ:  $4 \cdot 10^3$ ;  $6 \cdot 10^3$ ;  $9,7 \cdot 10^3$

12\*. 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  $n = 1,33$ .

Ответ: 1,33 м

13. Определить оптическую разность хода двух когерентных монохроматических волн в веществе, абсолютный показатель преломления которого  $n = 1,5$ , если геометрическая разность хода лучей  $\Delta L = 2,5$  см.

Ответ: 3,75 см

14. 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.

Ответ: 2 м

15. В опыте с зеркалами Френеля в зелёном свете  $\lambda = 500$  нм получились интерференционные полосы на расстоянии  $x = 5$  мм друг от друга. Найти расстояние между мнимыми изображениями источника света, если расстояние от них до экрана  $L = 3$  м.

Ответ: 0,5 мм

16. В опыте Юнга расстояние между двумя щелями  $d = 1$  мм и расстояние от отверстий до экрана  $L = 3,0$  м. Найти длину световой волны, падающей на щели, если расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране  $\Delta x = 1,5$  мм.

Ответ: 500 нм

17. 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?

Ответ: 4

18\*. Разность хода лучей от двух когерентных источников света с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, сходящихся в некоторой точке, равна  $\Delta r = 1,5 \cdot 10^{-6}$  м. Сколько длин полуволны укладывается на разности хода? Усиление или ослабление света будет наблюдаться в этой точке?

Ответ: 5; ослабление

19\*. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$  см, расстояние между отверстиями  $d = 1$  мм и расстояние от отверстий до экрана  $L = 3$  м. Найдите положение трёх первых светлых полос.

Ответ: 1,8 мм; 3,6 мм; 5,4 мм

20\*. Источники белого света, расстояние между которыми  $d = 0,32$  мм, имеют вид узких щелей. Экран, на котором наблюдают интерференцию света от источников, находится на расстоянии  $L = 3,2$  м от них. Найти расстояние между красной  $\lambda_{кр} = 760$  нм и фиолетовой  $\lambda_{ф} = 400$  нм линиями второго интерференционного спектра на экране.

Ответ: 7,2 мм

21\*. Для измерения длины световой волны применялась дифракционная решётка, имеющая  $N = 100$  штрихов на  $l = 1$  мм. Первый дифракционный максимум на экране расположен на расстоянии  $x = 12$  см от центрального. Расстояние от дифракционной решётки до экрана  $L = 2$  м. Определить длину световой волны.

Ответ: 600 нм

22\*. При нормальном падении на дифракционную решетку 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.

Ответ:  $30^\circ$

23\*. Период дифракционной решетки равен  $d = 2,5$  мкм. Сколько максимумов будет наблюдаться на экране при нормальном падении на дифракционную решетку плоской монохроматической волны длиной  $\lambda = 400$  нм.

Ответ: 13

24\*. При нормальном падении на дифракционную решетку с периодом  $d = 1$  мкм плоской монохроматической волны угол между максимумами первого порядка равен  $\alpha = 60^\circ$ . Определить в нанометрах длину волны падающего света.

Ответ: 500 нм

25\*. На дифракционную решетку с периодом  $d = 0,01$  мм падает нормально плоская монохроматическая волна. Расстояние между максимумами первого порядка на экране, расположенном на расстоянии  $L = 1$  м от решетки, равно  $\Delta x = 8$  см. Найти в микрометрах длину волны падающего света.

Ответ: 0,4 мкм

26\*. Найти отношение угла, соответствующего максимуму первого порядка, при нормальном падении на дифракционную решетку света с длиной волны  $\lambda_1 = 700$  нм, к углу, соответствующему максимуму второго порядка, при падении на эту же решетку света с длиной волны  $\lambda_2 = 350$  нм.

Ответ: 1

27\*. Тонкая мыльная плёнка освещается светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Найти, на сколько отличаются разности хода двух отражённых волн для светлой и следующей за ней тёмной интерференционных полос.

Ответ: 300 нм

28\*. 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.

Ответ: 100 нм

29\*. 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.

Ответ: 9

30\*. Какова ширина спектра первого порядка, полученного на экране, стоящем на расстоянии  $L = 3$  м от дифракционной решётки с периодом  $d = 0,01$  мм, если на решётку падает белый свет, состоящий из компонентов спектра в пределах длин волн от  $\lambda_1 = 0,38$  мкм до  $\lambda_2 = 0,76$  мкм?

Ответ: 11 см

## Основы специальной теории относительности

### Основные формулы

$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  – длина тела, движущегося относительно инерциальной системы

отсчёта со скоростью  $v$ ;  $l_0$  – собственная длина тела;  $c$  – скорость света в вакууме;

$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  – промежуток времени между двумя событиями в движущейся

со скоростью  $v$  относительно неподвижной системы отсчёта,

где  $\Delta t_0$  – промежуток времени между двумя событиями в не-

подвижной относительно наблюдателя инерциальной системе отсчёта;

$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  – релятивистская масса тела, где  $m_0$  – масса покоя;

$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{v'u}{c^2}}$  – релятивистский закон сложения скоростей, где  $v'$  – скорость те-

ла относительно неподвижной системы отсчёта,  $v$  – скорость тела относительно подвижной системы отсчёта,  $u$  – скорость подвижной системы отсчёта относительно неподвижной;

$P = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  – релятивистский импульс тела;

$E = mc^2$  – полная энергия тела (закон взаимосвязи массы и энергии);

$E_0 = m_0 c^2$  – энергия покоя тела (собственная энергия).

1. Масса движущегося электрона больше его массы покоя в два раза. Найти кинетическую энергию этого электрона.

Ответ:  $8,2 \cdot 10^{-14}$  Дж

2. Найти энергии покоя электрона и протона, выразив их в джоулях и электронвольтах.

Ответ:  $\approx 8,2 \cdot 10^{-14}$  Дж;  $\approx 0,51$  МэВ;  $\approx 1,5 \cdot 10^{-10}$  Дж,  $\approx 939,4$  МэВ

3. Частица движется со скоростью  $V = 0,75 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме) относительно неподвижного наблюдателя. Во сколько раз масса движущейся частицы больше её массы покоя?

Ответ: в 1,51 раза

4. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза?

Ответ:  $2,6 \cdot 10^8$  м/с

5. При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?

Ответ:  $1,98 \cdot 10^8$  м/с

6. Звёздный корабль, движущийся со скоростью  $V = 0,8 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме). Путешествовал  $t_0 = 10$  лет по часам космонавтов. Насколько земляне будут старше космонавтов, когда корабль вернётся на Землю?

Ответ: на 6,7 лет

7. Найти собственную длину стержня  $L_0$  в космическом корабле, движущемся со скоростью  $V = 0,8 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме), если его длина относительно подвижной системы отсчёта  $L = 10$  см.

Ответ: 12,5 см

8. Частица в вакууме движется со скоростью, равной половине скорости света. Во сколько раз её масса  $m$  больше массы покоя  $m_0$ ?

Ответ: в 1,155 раза

9. Найти удельный заряд электрона, движущегося со скоростью  $V = 0,8 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме).

Ответ:  $1,005 \cdot 10^{11}$  Кл/кг

10. Найти изменение массы  $m = 1$  кг льда при его плавлении?

Ответ:  $3,7 \cdot 10^{-12}$  кг

11. Найти увеличение массы протона при его ускорении от начальной скорости  $V_0 = 0$  до скорости  $V = 0,75 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме)?

Ответ:  $8,58 \cdot 10^{-28}$  кг

12. Длина неподвижного стержня  $L_0 = 1$  м. Определить длину  $L$  стержня, если он движется со скоростью  $V = 0,6 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме).

Ответ: 0,8 м

13. В течение дня озеро поглотило  $E = 1,8 \cdot 10^{14}$  Дж солнечной энергии. Найти в граммах изменение массы воды в озере.

Ответ: 2 г

14. Сколько солнечной энергии поглотило озеро, если вследствие этого масса его воды увеличилась на  $\Delta m = 1,0$  г?

Ответ:  $9 \cdot 10^{13}$  Дж

15. При какой скорости  $V$  энергия движущейся частицы больше её энергии покоя в два раза?

Ответ:  $2,6 \cdot 10^8$  м/с

16\*. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями  $V = 2,25 \cdot 10^8$  м/с относительно неподвижного наблюдателя. Определить скорость их сближения по классической и релятивистской формулам сложения скоростей.

Ответ:  $4,5 \cdot 10^8$  м/с;  $2,88 \cdot 10^8$  м/с

17\*. Две ракеты движутся навстречу друг другу со скоростями, составляющими соответственно 50 % и 75 % от скорости света по отношению к неподвижной системе отсчёта. Найти скорость сближения ракет.

Ответ:  $2,73 \cdot 10^8$  м/с

18\*. До какой энергии можно ускорить в циклотроне электрон, если относительное увеличение его массы не должно превышать  $\eta = 5$  %?

Ответ:  $8,6 \cdot 10^{-15}$  Дж

19\*. Определите скорость движения частицы, если её релятивистский импульс в 2 раза превышает классический.

Ответ:  $2,6 \cdot 10^8$  м/с

20\*. Во сколько раз величина релятивистского импульса протона превышает значение импульса, рассчитанного по классической формуле, если скорость движения протона  $V = 0,96 c$ , ( $c$  – скорость света в вакууме).

Ответ: в 3,6 раза

21\*. Некоторая частица движется со скоростью  $V = 0,75 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме) относительно неподвижного наблюдателя. Во сколько раз энергия движущейся частицы больше её энергии покоя?

Ответ: в 1,5 раза

22\*. Определить модуль импульса электрона при его движении со скоростью  $V = 0,8 c$  ( $c$  – скорость света в вакууме). Масса покоя электрона  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

Ответ:  $3,3 \cdot 10^{-22}$  кг·м/с

### Основы квантовой физики

#### Основные формулы

$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$  – энергия фотона, где  $\nu$  – частота,  $\lambda$  – длина волны,  $h$  – постоянная Планка;

$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$  – импульс фотона;

$m = \frac{h\nu}{c^2}$  – масса фотона;

$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{макс}}^2}{2}$  – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, где  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода электрона,  $m$  – масса электрона,  $v_{\text{макс}}$  – максимальная скорость вылетевшего электрона;

$\frac{mv_{\text{макс}}^2}{2} = eU_3$  – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона, где  $U_3$  – задерживающее напряжение;  $e$  – заряд электрона;

$\nu_0 = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$ ,  $\lambda_0 = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$  – красная граница фотоэффекта.

1. Определить в эВ энергию фотона, соответствующего излучению с частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц.

Ответ: 6,6 эВ

2. Какой мощностью обладает источник монохроматического света, испускающий каждую секунду  $N = 10^{20}$  фотонов с длиной волны  $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7}$  м?

Ответ: 60 Вт

3. Определить в электронвольтах энергию фотона, соответствующего излучению с длиной волны  $\lambda = 0,495$  мкм.

Ответ: 2,5 эВ

4. Во сколько раз энергия фотона с длиной волны  $\lambda_1 = 500 \text{ нм}$  больше энергии фотона с длиной волны  $\lambda_2 = 800 \text{ нм}$ ?

Ответ: в 1,6 раза

5\*. Во сколько раз энергия фотона с частотой  $\nu_1 = 2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  меньше энергии фотона с частотой  $\nu_2 = 3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ .

Ответ: в 1,5 раза

6. Определить в электронвольтах максимальную кинетическую энергию электронов, выбиваемых с поверхности металла фотонами с энергией  $E = 4,6 \text{ эВ}$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A = 1,8 \text{ эВ}$ .

Ответ: 2,8 эВ

7. Красная граница фотоэффекта для серебра равна  $\lambda_{кр} = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ . Определить работу выхода электронов из металла. Ответ выразить в электронвольтах,

Ответ: 3,75 эВ

8\*. Определить количество фотонов, содержащихся в одном импульсе лазерного излучения. Мощность импульсного лазера, излучающего фотоны с длиной волны  $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ , равна  $P = 60 \text{ Вт}$ . В секунду излучается  $n = 100$  импульсов.

Ответ:  $10^{18}$

9\*. Пучок лазерного излучения с длиной волны  $\lambda = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  используется для нагревания  $m = 1 \text{ кг}$  воды с удельной теплоёмкостью  $c = 4200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ . За какое время вода нагреется на  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ , если лазер каждую секунду испускает  $N = 10^{20}$  фотонов, и все они поглощаются водой?

Ответ: 700 с

10\*. Во сколько раз масса фотона с длиной волны  $\lambda_1 = 10 \text{ нм}$  (рентгеновское излучение) меньше массы фотона с длиной волны  $\lambda_2 = 0,1 \text{ нм}$  ( $\gamma$ -излучение)?

Ответ: в 100 раз

11\*. Определить частоту излучения, соответствующую красной границе фотоэффекта для металла, работа выхода из которого составляет  $A = 4,125 \text{ эВ}$ . Ответ выразить в терагерцах ( $1 \text{ терагерц} = 10^{12} \text{ Гц}$ ).

Ответ: 1000 тГц

12\*. Длина волны ультрафиолетового света, падающего на металл, уменьшается с  $\lambda_1 = 250 \text{ нм}$  до  $\lambda_2 = 125 \text{ нм}$ . Во сколько раз при этом увеличивается максимальная кинетическая энергия электронов, если работа выхода электронов из металла равна  $A = 3,3 \text{ эВ}$ ?

Ответ: в 4 раза

13\*. Работа выхода электронов из металла равна  $A = 4,1 \text{ эВ}$ . Определить минимальную задерживающую разность потенциалов, если поверхность металла освещается фотонами с энергией  $E = 5,3 \text{ эВ}$ .

Ответ: 1,2 В

14\*. При освещении металлической пластинки монохроматическим светом задерживающая разность потенциалов равна  $U_{з1} = 1,6 \text{ В}$ . Если увеличить частоту света в 2 раза, задерживающая разность потенциалов равна  $U_{з2} = 5,1 \text{ В}$ . Определить в электронвольтах работу выхода электрона.

Ответ: 1,9 эВ

15\*. Максимальная кинетическая энергия электронов, вырывающихся с поверхности цезия под действием фотонов с энергией  $E = 3,2 \text{ эВ}$ , равна  $E_k = 1,3 \text{ эВ}$ . На сколько электронвольт увеличится кинетическая энергия электронов при увеличении частоты падающего света в 2 раза?

Ответ: на 3,2 эВ

16\*. Максимальная кинетическая энергия электронов, вырываемых с поверхности цезия под действием фотонов с энергией  $E = 2,4$  эВ, равна  $E_k = 0,5$  эВ. На сколько электронвольт увеличится кинетическая энергия электронов при уменьшении длины волны падающего света в 2 раза?

Ответ: на 2,4 эВ

17\*. При освещении металлической поверхности фотонами с энергией  $E = 6,2$  эВ обнаружено, что фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной  $U_s = 3,7$  В. Определить в электронвольтах работу выхода электронов из металла.

Ответ: 2,5 эВ

18\*. При увеличении в два раза энергии фотона, падающего на металлическую пластинку, максимальная кинетическая энергия вылетающего электрона увеличилась в три раза. Определить в электронвольтах работу выхода электрона с поверхности металла, если первоначальная энергия фотона равнялась  $E = 5$  эВ.

Ответ: 2,5 эВ

19\*. Изолированный металлический шар емкостью  $C = 1$  мкФ освещается монохроматическим светом. Энергия фотона равна  $E = 4$  эВ. Работа выхода электронов равна  $A = 2$  эВ. Определить в микрокулонах величину заряда шара при длительном освещении.

Ответ: 2 мкКл

20\*. Заряд металлического шара с электроемкостью  $C = 1$  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 электронвольтах.

Ответ: 2,8 эВ

21\*. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, пролетевшего разность потенциалов  $\Delta\varphi = 4,9$  В.

Ответ: 0,61 нм

## Физика атома

### Основные формулы

$E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$  – энергия электрона в атоме водорода на  $n^{\text{ой}}$  орбите, где

$E_1$  – энергия электрона на  $1^{\text{ой}}$  орбите,  $n$  – номер орбиты;

$h\nu = E_2 - E_1$  – энергия, излученная или поглощённая атомом водорода,

где  $E_1, E_2$  – энергии атома в соответствующих стационарных состояниях,  $\nu$  – частота излучения,  $h$  – постоянная Планка;



$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$  – формула Бальмера, где  $\lambda$  – длина волны, излученной ато-

мом,  $n$  – номер орбиты с которой переходит электрон,

$m$  – номер орбиты, на которую переходит электрон,

$R$  – постоянная Ридберга;

$m_e v_n r_n = \frac{n\hbar}{2\pi}$  – условие квантования электронной орбиты, где  $m_e$  – мас-

са электрона,  $r_n$  – радиус электронной орбиты,  $v_n$  – ско-

рость электрона на этой орбите;

$r_n = \frac{n^2 \hbar^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2} = r_1 \cdot n^2 =$  – радиус  $n^{\text{ой}}$  орбиты электрона в атоме водорода, где

$r_1 = 0,53 \text{ \AA}$  – радиус  $1^{\text{ой}}$  орбиты в атоме водорода.

1. При переходе электронов в атомах некоторого вещества с одной орбиты на другую излучаются фотоны с энергией  $\epsilon = 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ . Определить длину волны этого излучения. Ответ выразить в микрометрах.

Ответ: 0,45 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 электронвольтах энергию поглощаемого при этом кванта света.

Ответ: 3,5 эВ

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 электронвольтах энергию излучаемого фотона.

Ответ: 3,4 эВ

4. Электрон в атоме находится в возбужденном состоянии. Определить в электронвольтах энергию электрона в этом состоянии, если минимальная энергия, необходимая для ионизации атома в этом случае, равна  $E = 2,4 \text{ эВ}$ .

Ответ: -2,4 эВ

5. Найти длину волны излучения в серии Бальмера атома водорода при переходе электрона с пятого энергетического уровня.

Ответ:  $4,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$

6. Найти частоту излучения в серии Лаймана атома водорода при переходе электрона с третьего энергетического уровня.

Ответ:  $2,9 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

7. Электрон в атоме водорода находится на четвёртой орбите. Сколько квантов различной энергии может излучить атом водорода при этом?

Ответ: 6

8. Электрон в атоме водорода перешёл с четвёртой орбиты на вторую. Определить энергию испущенного при этом фотона.

Ответ:  $4,1 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

9. Найти энергию электрона в атоме водорода на втором энергетическом уровне, если энергия основного состояния атома водорода  $E_1 = -13,55$  эВ.

Ответ:  $-5,42 \cdot 10^{-19}$  Дж

10. Найти изменение энергии электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны  $\lambda = 4860 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ )

Ответ:  $-4,1 \cdot 10^{-19}$  Дж

11. Определите длину волны, соответствующую третьей спектральной линии в видимой области спектра атома водорода.

Ответ:  $4,34 \cdot 10^{-7}$  м

12. При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны  $\lambda = 4340 \text{ \AA}$ . Найти номер неизвестной орбиты.

Ответ: 5

13. Найти длину волны первой яркой линии в видимой области спектра излучения атома водорода.

Ответ: 655 нм

14\*. Полная энергия электрона на  $n^{\text{ой}}$  орбите по теории Бора определяется соотношением  $W_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ. Найти наименьшую энергию, которую надо сообщить электрону, находящемуся на второй орбите, чтобы ионизировать атом водорода.

Ответ: 3,4 эВ

15\*. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в видимой области спектра излучения атома водорода.

Ответ: 656 нм, 365 нм

16\*. Электрон в невозбуждённом атоме водорода получил энергию  $E = 12,1$  эВ. Найти, на какой энергетический уровень перешёл электрон.

Ответ: 3

17\*. Найти отношение самой большой длины волны к самой малой длине волны в спектре излучения атома водорода для инфракрасной области спектра (серия Пашена).

Ответ: 16/7

18\*. Найти, какую энергию нужно сообщить электрону, находящемуся в основном состоянии, чтобы спектр излучения водорода содержал только три спектральные линии.

Ответ: 12,1 эВ

19\*. Радиус первой боровской орбиты в атоме водорода равен  $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$  м. Определить линейную и угловую скорости движения электрона на этой орбите.

Ответ:  $2,2 \cdot 10^6$  м/с;  $4,1 \cdot 10^{16}$  рад/с

20\*. Радиус круговой орбиты электрона в ионе гелия равен  $r = 10^{-10}$  м. Найти в электронвольтах кинетическую энергию электрона на этой орбите.

Ответ: 14,4 эВ

21. При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны  $\lambda = 4,33 \cdot 10^{-7}$  м. Найти номер неизвестной орбиты. Насколько изменилась энергия электрона в атоме водорода.

Ответ: 5;  $4,6 \cdot 10^{-19}$  Дж

## Атомное ядро и элементарные частицы

### Основные формулы

$\Delta m = z m_p + N m_n - m_{\alpha}$  – дефект массы атомного ядра, где  $z$  – число протонов,

$m_p$  – масса протона,  $N$  – число нейтронов,  $m_n$  – масса

нейтрона,  $m_{\alpha}$  – масса ядра;

$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$  – энергия связи атомного ядра, где  $c$  – скорость света;

$\epsilon_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$  – удельная энергия связи, где  $A$  – массовое число, равное

числу нуклонов в ядре;

${}^A_Z X \rightarrow {}^4_2 \text{He} + {}^{A-4}_{Z-2} Y - \alpha$  – распад, где  ${}^A_Z X$  – ядро, испытывающее  $\alpha$  – распад (материнское ядро),  ${}^{A-4}_{Z-2} Y$  – возникшее ядро (дочернее ядро);

${}^A_Z X \rightarrow {}^0_{-1} e + {}^{A}_{Z+1} Y - \beta$  – распад, где  ${}^0_{-1} e$  – электрон.

1. Определить количество протонов в ядре изотопа кислорода  ${}^{17}_8 \text{O}$ .  
Ответ: 8
2. В состав ядра гелия входит 2 нейтрона и 2 протона. Определить массовое число.  
Ответ: 4
3. Сколько нейтронов содержится в ядре лития  ${}^7_3 \text{Li}$ ?  
Ответ: 4
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?  
Ответ: 24
5. Насколько больше нейтронов содержится в ядре кислорода  ${}^{16}_8 \text{O}$ , чем в ядре гелия  ${}^4_2 \text{He}$ ?  
Ответ: на 6
6. Во сколько раз число протонов в ядре урана  ${}^{238}_{92} \text{U}$  больше числа нуклонов в ядре изотопа кислорода  ${}^{16}_8 \text{O}$ ?  
Ответ: в 5,75 раза
7. Во сколько раз число нейтронов в ядре атома трития  ${}^3_1 \text{H}$  больше, чем число протонов?  
Ответ: в 2 раза
8. Определить разность между числом нейтронов и числом протонов в ядре атома алюминия  ${}^{27}_{13} \text{Al}$ .  
Ответ: 1

9. Заряд всех электронов в атоме железа равен  $q = -4,16 \cdot 10^{-18}$  Кл. Каков порядковый номер железа в таблице Менделеева?

Ответ: 26

10. Во сколько раз число нейтронов в ядре атома бериллия  ${}^9_4\text{Be}$  больше числа протонов?

Ответ: в 1,25 раза

11. Найти количество заряженных частиц в атоме изотопа индия  ${}^{115}_{49}\text{In}$ .

Ответ: 98

12. Насколько изменится порядковый номер элемента при испускании его ядром электрона?

Ответ: на 1

13. В ядерной реакции ядро некоторого элемента захватывает протон и испускает  $\alpha$ -частицу. На сколько единиц уменьшается массовое число ядра по сравнению с исходным?

Ответ: на 3

14. Атомное ядро некоторого элемента захватывает нейтрон и при этом испускает гамма-квант. На сколько единиц увеличивается массовое число ядра?

Ответ: на 1

15. На сколько единиц изменится порядковый номер элемента при испускании гамма-кванта?

Ответ: 0

16. На сколько единиц уменьшается массовое число при  $\alpha$ -распаде?

Ответ: на 4

17. Из ядра  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  после двух  $\alpha$ -распадов и определенного числа  $\beta$ -распадов образовался элемент с порядковым номером 86. Сколько  $\beta$ -распадов произошло в этом случае?

Ответ: 2

18\*. В ядро какого элемента превращается ядро урана  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после двух  $\beta$ -распадов и одного  $\alpha$ -распада?

Ответ:  ${}^{235}_{92}\text{U}$

19. Найти недостающий продукт ядерной реакции  ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$

Ответ:  ${}^0_0\gamma$

20. Найти недостающий продукт ядерной реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$

Ответ:  ${}^1_1\text{p}$

21. Удельная энергия связи для ядра гелия равна  $\epsilon_{\text{уд}} = 7$  МэВ/нуклон. Определить в МэВ минимальную энергию, необходимую для разделения ядра  ${}^4_2\text{He}$  на нуклоны.

Ответ: 28 МэВ

22. При соединении свободных протона и нейтрона образуется ядро дейтерия и выделяется энергия, равная  $E = 4 \cdot 10^{13}$  Дж. Найти в МэВ энергию связи ядра дейтерия.

Ответ: 2,5 МэВ

23\*. Найти сумму зарядов всех ядер в  $v = 0,01$  моль неона, порядковый номер которого в таблице Менделеева равен 10. Число Авогадро принять равным  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

Ответ: 9600

24\*. Зарядовое число ядра цинка равно  $Z = 30$ . Найти в миллиграммах массу цинка, в которой сумма зарядов ядер составляет величину  $q = 360$  Кл. Молярная масса цинка равна  $M = 64$  г/моль, а число Авогадро –  $N_A = 6 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

Ответ: 8 мг

25\*. При делении изотопа  ${}_{92}^{235}\text{U}$  под действием нейтрона образовались ядра стронция и ксенона с массовыми числами  $A_1 = 92$  и  $A_2 = 141$ . Найти число свободных нейтронов, получившихся в процессе деления.

Ответ: 3

26\*. Неподвижное ядро тория с массовым числом  $A = 228$  испускает  $\alpha$ -частицу. Во сколько раз скорость  $\alpha$ -частицы больше скорости ядра, получившегося при  $\alpha$ -распаде? Принять, что массы ядер в атомных единицах массы равны их массовым числам.

Ответ: в 56 раз

27\*. На сколько уменьшится число нуклонов в ядре радиоактивного элемента после пяти  $\alpha$ - и четырех  $\beta$ -распадов?

Ответ: на 20

28\*. При радиоактивном распаде ядро испускает  $\alpha$ -частицу, скорость которой равна  $V = 2 \cdot 10^7$  м/с. Найти в МэВ кинетическую энергию  $\alpha$ -частицы. Принять массу  $\alpha$ -частицы равной  $m_\alpha = 6,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

Ответ: 8 МэВ

29\*. Какую массу топлива с удельной теплотой сгорания  $q = 3 \cdot 10^7$  Дж/кг нужно сжечь, чтобы получить энергию эквивалентную энергии покоя массы в  $m = 1$  мг.

Ответ: 3000 кг

30\*. Электрическая мощность атомной электростанции равна  $P = 10^9$  Вт, а КПД  $\eta = 25\%$ . Найти число ядер, распадающихся в реакторе за  $t = 1$  с, если в одном акте деления высвобождается энергия  $E = 250$  МэВ.

Ответ:  $1 \cdot 10^{20}$

31\*. Определить в МэВ энергию покоя протона, если его масса покоя равна  $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

Ответ: 939,4 МэВ

32\*. Сколько граммов урана с молярной массой  $M = 0,238$  кг/моль расщепляется в ходе суточной работы атомной электростанции, тепловая мощность которой составляет  $P = 10^6$  Вт? Дефект массы при делении ядра урана равен  $\Delta m = 4 \cdot 10^{-28}$  кг. КПД станции составляет  $\eta = 20\%$ .

Ответ: 4,76 г

33\*. В результате излучения гамма-кванта масса покоя ядра уменьшилась на  $\Delta m = 1,6 \cdot 10^{-27}$  кг. Найти в мегаэлектронвольтах энергию гамма-кванта.

Ответ: 0,9 МэВ

34\*. Для запуска спутника израсходовано  $m = 96$  кг топлива с удельной теплотой сгорания  $q = 10^7$  Дж/кг. Найти в граммах массу урана с молярной массой  $M = 235$  г/моль, деление которого обеспечило бы запуск спутника. При делении одного ядра урана выделяется энергия  $E = 200$  МэВ.

Ответ: 11,75 г

35\*. Вычислить энергию связи ядра алюминия  ${}^{27}_{13}\text{Al}$ . Масса ядра  ${}^{27}_{13}\text{Al}$   $m_{\text{я}} = 44,8020 \cdot 10^{-27}$  кг.

Ответ:  $3,5 \cdot 10^{-11}$  Дж

36. Найти время, за которое распадается  $3/4$  от первоначального количества ядер радиоактивного изотопа, если период полураспада  $T = 32$  ч.

Ответ: 64 ч

37. Сколько процентов ядер остается нераспавшимися через время, равное трем периодам полураспада?

Ответ: 12,5 %

38. Период полураспада радиоактивного цезия равен  $T = 29$  лет. Какое количество цезия из имеющейся массы  $m = 1,6$  кг распадется за время  $t = 116$  лет?

Ответ: 1,5 кг

## Приложения

### Приложение 1. Латинский и греческий алфавиты

Латинский		Греческий	
буквы	названия букв	буквы	названия букв
Aa	а	Α α	альфа
Bb	бе	Β β	бета
Cc	це	Γ γ	гамма
Dd	де	Δ δ	дельта
Ee	е	Ε ε	эпсилон
Ff	эф	Ζ ζ	дзета
Gg	ге (же*)	Η η	эта
Hh	ха (аш*)	Θ θ	тхэта
Ii	и	Ι ι	йота
Jj	йот (жи*)	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	пе	Π π	пи
Qq	ку	Ρ ρ	ро
Rr	эр	Σ σ	сигма
Ss	эс	Τ τ	тау
Tt	те	Υ υ	ипсилон
Uu	у	Φ φ	фи
Vv	ве	Χ χ	хи
Ww	дубль-ве	Ψ ψ	пси
Xx	икс	Ω ω	омега
Yy	игрек		
Zz	зет		

## Приложение 2. Физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	9,81 м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	G	6,67·10 <sup>-11</sup> м <sup>3</sup> /(кг·с <sup>2</sup> )
Постоянная Авагадро	N <sub>а</sub>	6,02·10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Стандартный объём	V <sub>м</sub>	22,4·10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> /моль
Постоянная Больцмана	k	1,38·10 <sup>-23</sup> Дж/К
Скорость света в вакууме	c	3,0·10 <sup>8</sup> м/с
Элементарный заряд	e	1,60·10 <sup>-19</sup> Кл
Масса электрона	m <sub>e</sub>	9,11·10 <sup>-31</sup> кг
Масса протона	m <sub>p</sub>	1,672·10 <sup>-27</sup> кг
Масса нейтрона	m <sub>n</sub>	1,675·10 <sup>-27</sup> кг
Постоянная Планка	h	6,63·10 <sup>-34</sup> Дж·с
Атомная единица массы	а.е.м.	1,66·10 <sup>-27</sup> кг
Электрическая постоянная	ε <sub>0</sub>	8,85·10 <sup>-12</sup> Ф/м
Магнитная постоянная	μ <sub>0</sub>	4π·10 <sup>-7</sup> Гн/м

### Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение
Радиус Земли	6,37·10 <sup>6</sup> м
Масса Земли	5,96·10 <sup>24</sup> кг
Радиус Солнца	6,95·10 <sup>8</sup> м
Масса Солнца	1,97·10 <sup>30</sup> кг
Радиус Луны	1,74·10 <sup>6</sup> м
Масса Луны	7,3·10 <sup>22</sup> кг
Расстояние от центра Земли до центра Солнца	1,49·10 <sup>11</sup> м
Расстояние от центра Земли до центра Луны	3,84·10 <sup>8</sup> м

## Приложение 3. Единицы измерения физических величин

Наименование величины	Единица измерения		
	Наименование единицы	Обозначение	
		Международное	Русское
<b>Основные единицы</b>			
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
<b>Дополнительные единицы</b>			
Плоский угол (φ)	РадIAN	rad	рад
Телесный угол (Ω)	Стерeдиан	sr	ср
<b>Производные единицы пространства и времени</b>			
Площадь (S)	Квадратный метр	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>
Объём, вместимость (V)	Кубический метр	м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>
Скорость (v)	Метр в секунду	м/с	м/с
Ускорение (a)	Метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>	м/с <sup>2</sup>
Угловая скорость (ω)	РадIAN в секунду	rad/s	рад/с

Период (T)	Секунда	s	с
Частота периодического процесса (v)	Герц	Hz	Гц
<b>Производные единицы механических величин</b>			
Плотность (ρ)	Килограмм на метр в кубе	kg/m <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>
Импульс тела (p)	Килограмм-метр в секунду	kg·m/s	кг·м/с
Сила (F)	Ньютон	N	Н
Момент силы (M)	Ньютон-метр	N·m	Н·м
Импульс силы (F·t)	Ньютон-секунда	N·s	Н·с
Давление (p), напряжение (механическое)	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
<b>Производные единицы тепловых величин</b>			
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)
<b>Производные единицы молекулярной физики</b>			
Молярная масса (M)	Килограмм на моль	kg/mol	кг/моль
<b>Производные единицы электрических и магнитных величин</b>			
Количество электричества, электрический заряд (q)	Кулон	C	Кл
Напряжённость электрического поля (E)	Вольт на метр	V/m	В/м
Электрическое напряжение (U), потенциал электрического поля (φ), разность электрических потенциалов (Δφ), 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	Ω·m	Ом·м
<b>Производные единицы световых величин</b>			
Энергия излучения (E)	Джоуль	J	Дж
Поток излучения (Φ <sub>e</sub> )	Ватт	W	Вт
Световой поток (Φ)	Люмен	lm	лм
Яркость (B <sub>e</sub> )	Кандела на квадратный метр	cd/m <sup>2</sup>	кд/м <sup>2</sup>
Светимость (R <sub>e</sub> )	Люмен на квадратный метр	lm/m <sup>2</sup>	лм/м <sup>2</sup>
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	$10^{15}$	санτι	с	$10^{-2}$
тера	Т	$10^{12}$	мили	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 излагаемых, 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  $\pi$ ,  $\gamma$ , 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  $21,6 \pm 0,3$ . Ноль 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:  $a = (3,56 \pm 0,4) \cdot 10^{-9}$  м =  $(3,56 \pm 0,4)$  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. Например, запись  $L = 1,2$  м читается как  $L = (1,20 \pm 0,05)$  м и так далее.

## Приложение 7. Основные сведения из математики

### 1. Некоторые значения тригонометрических функций

$\alpha$		$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
град	рад				
0	0	0	1	0	$\infty$
5	$\pi/36$	0,087	0,996	0,0875	11,430
10	$\pi/18$	0,174	0,985	0,1763	5,671

15	$\pi/12$	0,259	0,966	0,2679	3,732
20	$\pi/9$	0,342	0,940	0,3640	2,747
25	$5\pi/36$	0,423	0,906	0,4663	2,145
30	$\pi/6$	0,500	$\sqrt{3}/2 = 0,866$	$\sqrt{3}/3 = 0,577$	$\sqrt{3} = 1,732$
35	$7\pi/36$	0,574	0,8192	0,7002	1,428
40	$2\pi/9$	0,643	0,7660	0,8391	1,192
45	$\pi/4$	$\sqrt{2}/2 = 0,707$	$\sqrt{2}/2 = 0,707$	1	1
60	$\pi/3$	$\sqrt{3}/2 = 0,866$	0,500	$\sqrt{3} = 1,732$	$\sqrt{3}/3 = 0,577$
90	$\pi/2$	1	0	$\infty$	0
180	$\pi$	0	-1	0	$-\infty$
270	$3\pi/2$	-1	0	$-\infty$	0

## 2. Формулы приведения

$\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$\pi/2 - \alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
$\pi/2 + \alpha$	$\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$
$\pi - \alpha$	$\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$
$\pi + \alpha$	$-\sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$3\pi/2 - \alpha$	$-\cos \alpha$	$-\sin \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$
$3\pi/2 + \alpha$	$-\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$
$2\pi - \alpha$	$-\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$-\operatorname{tg} \alpha$	$-\operatorname{ctg} \alpha$
$2\pi + \alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$-\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$

## 3. Основные тригонометрические соотношения

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$$

$$\cos \alpha = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{1}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\pm \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\pm \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$$

Выбор знака перед корнем зависит от того, в какой четверти находится угол  $\alpha$ .

#### 4. Элементы векторной алгебры и аналитической геометрии

Сложение векторов	
<p>а) <math>a+b</math> б) <math>a-b</math> в) <math>a+b+c</math></p>	
<p><math>a</math> – правило параллелограмма; <math>b</math> – правило треугольника; <math>в</math> – правило многоугольника</p>	
Вычитание векторов	Умножение вектора на скаляр
<p><math>a-b</math> <math>b-a</math></p>	<p><math>2a</math> <math>-2a</math> <math>1/2a</math></p>
Скалярное произведение двух векторов $(a, b) = ab \cos \alpha$	Векторное произведение двух векторов $(a \times b) = ab \sin \alpha = -(b \times a)$
<p><math>\alpha</math></p>	<p><math>(a \times b)</math></p>
Проецирование вектора $\vec{a}$ на оси $x$ и $y$	
<p><math>a_x</math> <math>a_y</math> <math>c_x</math> <math>c_y</math></p>	<p><math>a_x = x_2 - x_1; a_y = y_2 - y_1;</math>  где <math>a_x</math> – проекция вектора <math>\vec{a}</math> на ось <math>x</math>;  <math>a_y</math> – проекция вектора <math>\vec{a}</math> на ось <math>y</math>;  <math>x_1, y_1</math> – координаты начала вектора <math>\vec{a}</math>;  <math>x_2, y_2</math> – координаты конца вектора <math>\vec{a}</math>; <math>\alpha</math> – угол между вектором <math>\vec{a}</math> и осью <math>x</math>.  <math>a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}</math> – модуль вектора, выраженный через его проекции, где  <math>a_x = a \cdot \cos \alpha, a_y = a \cdot \sin \alpha.</math></p>

### Треугольник

**Сумма внутренних углов**  
 $\alpha + \beta + \gamma = \pi$

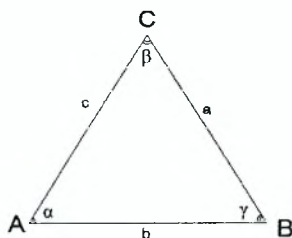
**Теорема косинусов**  
 $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma$$

**Теорема синусов**  
 $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R$

$R$  – радиус описанной окружности



**Длина медианы, проведённой из вершины A:**

$$m_A = \frac{1}{2} \sqrt{2b^2 + 2c^2 - a^2}$$

**Длина высоты, проведённой из вершины A:**

$$h_A = \frac{2\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}}{a}$$

$p$  – полупериметр

**Длина биссектрисы, проведённой из вершины A:**

$$l_A = \frac{2\sqrt{b \cdot c \cdot p(p-a)}}{b+c}$$

### Прямоугольный треугольник

**Сумма острых углов**  
 $\alpha + \beta = \frac{\pi}{2}$

**Теорема Пифагора**  
 $a^2 + b^2 = c^2$

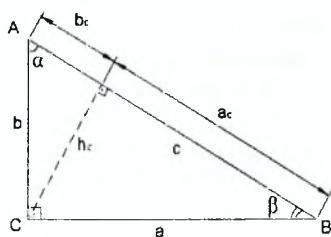
**Связь между сторонами и углами**

$$a = c \cdot \sin \alpha = c \cdot \cos \beta$$

$$b = c \cdot \sin \beta = c \cdot \cos \alpha$$

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha = b \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

$$b = a \cdot \operatorname{tg} \beta = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$



### Площадь треугольника

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h_B = \frac{1}{2} \cdot c \cdot h_C$$

$$s = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = \frac{1}{2} ac \sin \beta = \frac{1}{2} bc \sin \alpha$$

$$s = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$s = \frac{a \cdot b \cdot c}{4R} = p \cdot r$$

$R$  – 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**

$$|AC|^2 + |BD|^2 = 2(a^2 + b^2)$$



### Ромб

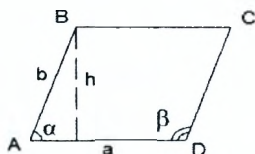
**Сумма углов**

$$\alpha + \beta = \pi$$

$$|AB| = |BC| = |CD| = |AD| = a$$

**Площадь**

$$S = a \cdot h = a^2 \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} |AC| \cdot |BD|$$



### Трапеция

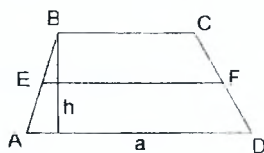
$$|AD| \parallel |BC|$$

**Средняя линия**

$$|EF| = \frac{1}{2}(a + b)$$

**Площадь**

$$S = \frac{a + b}{2} \cdot h = |EF| \cdot h$$



### Окружность и круг

**Длина окружности**

$$L = 2\pi R = \pi d$$

$d$  – диаметр окружности

**Длина дуги**

$$l = \alpha R$$

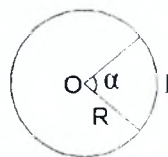
$\alpha$  – центральный угол, выраженный в радианах

**Площадь круга**

$$S = \pi R^2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

**Площадь сектора**

$$S_{\text{сек}} = \frac{1}{2} R^2 \cdot \alpha$$



### Шар

**Площадь поверхности**

$$S = 4\pi R^2 = \pi d^2$$

$R$  – радиус шара,  $d$  – диаметр шара

**Объём**

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

### Цилиндр

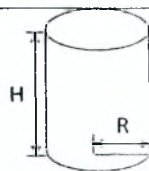
**Площадь боковой поверхности**

$$S_{\text{бок}} = 2\pi R \cdot H$$

$R$  – радиус основания,  $H$  – высота цилиндра

**Объём**

$$V = \pi R^2 \cdot H$$



### Конус

Площадь боковой поверхности

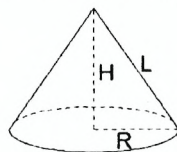
$$S_{\text{бок}} = \pi R \cdot L$$

$R$  – радиус основания,  $L$  – образующая

Объём

$$V = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot H$$

$H$  – высота конуса



### 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. – 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. – 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, В.А. Физика. 75 вариантов экзаменационных заданий: пособие для абитуриентов и школьников / В.А. Галякевич, Б.К. Галякевич. – Мн.: БГУИР, 1995. – 103 с.
8. Балаш, В.А. Задачи по физике и методы их решения. – М.: Просвещение, 1974. – 414 с.
9. Гурский, И.П. Элементарная физика с примерами решения задач / Под редакцией И.В. Савельева. – М.: Наука, 1984. – 448 с.
10. Задачи по физике для подготовительных отделений вузов / Под редакцией А.И. Гүщи. – Мн.: Высшая школа, 1980. – 190 с.
11. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике. – М.: Просвещение, 1988. – 191 с.

Учебное издание

Составители:

Яромская Людмила Николаевна

Янусик Ирина Семеновна

Кушнер Татьяна Леонидовна

# ***Сборник задач по физике***

Ответственный за выпуск: Янусик И.С.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная верстка: Романюк И.Н.

Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-228-6



9 789854 932286

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009г.

Подписано к печати 4.10.2012 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага «Снегурочка» Усл. печ. л. 6,05. Уч. изд. л. 6,5.

Заказ № 1093. Тираж 120 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.