

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Ю.А. Рахштадт

# ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ПОДГОТОВКЕ К ОЛИМПИАДАМ  
ШКОЛЬНИКОВ

9–11-й классы (в трех частях)

Часть I  
ТЕМАТИЧЕСКИЙ БАНК ЗАДАЧ,  
РЕКОМЕНДУЕМЫХ ШКОЛЬНИКАМ

Рекомендовано редакционно-издательским советом



Москва 2016

УДК 53  
P27

**Рахштадт Ю.А.**

P27      Физика : метод. пособие по подготовке к олимпиадам школьников : 9–11-й классы. Ч. I. Тематический банк задач, рекомендуемых школьникам / Ю.А. Рахштадт. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2016. – 57 с.

Цель данного пособия – помочь школьникам эффективно подготовиться к олимпиадам по физике.

Пособие содержит примеры олимпиадных заданий с разбором, анализ их выполнения учащимися, а также справочные материалы, охватывающие все представленные на олимпиаде разделы физики.

Пособие предназначено для школьников 6–11 классов и для учителей физики. Материалы пособия могут быть использованы для подготовки к различным олимпиадам по физике, а также на уроках физики.

**УДК 53**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### **Часть 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика**

1. Кинематика.....	4
2. Законы сохранения.....	10
3. Динамика.....	13
4. Механические колебания. Упругие волны.....	18
5. Молекулярно-кинетическая теория.....	20
6. Основы классической термодинамики.....	22
7. Круговые процессы (циклы). КПД тепловой машины.....	26
8. Агрегатные состояния вещества.....	27

### **Часть 2. Электромагнетизм. Оптика. Квантовая физика. Физика атома. Физика ядра**

9. Электростатика.....	29
10. Постоянный ток.....	34
11. Магнитное поле.....	39
12. Электродинамика.....	40
13. Электромагнитные волны. Волновые явления.....	44
14. Геометрическая оптика.....	46
15. Квантовая физика. Физика атома.....	48
16. Физика ядра.....	52
Приложения.....	55

# ЧАСТЬ 1. МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

## 1. КИНЕМАТИКА

### Задачи №№ 1–15

рекомендованы для учащихся 9 классов

1. Автобус за первые два часа проехал 90 км, а следующие три часа двигался со скоростью 50 км/ч. Определите среднюю путевую скорость автобуса на всем пути. *Ответ:* 48 км/ч.

2. Мотоциклист едет первую половину пути со скоростью  $V_1 = 90$  км/ч, а вторую – со скоростью  $V_2 = 70$  км/ч. Определите среднюю путевую скорость мотоцикла на всем пути. Покажите, что средняя путевая скорость меньше среднего арифметического значений  $V_1$  и  $V_2$ . *Ответ:* 78 км/ч.

3. Средняя скорость велосипедиста на всем пути равна 40 км/ч. Первую половину пути он ехал со скоростью 60 км/ч. Определите, с какой скоростью велосипедист проехал остаток пути. *Ответ:* 30 км/ч.

4. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении два тела, причем второе тело начинает свое движение через 2 с после первого.  $V_{01} = 1$  м/с,  $a_1 = 2$  м/с<sup>2</sup>,  $V_{02} = 10$  м/с,  $a_2 = 1$  м/с<sup>2</sup>. Через сколько времени от начала отсчета времени движения первого тела и на каком расстоянии от исходного положения второе тело догонит первое? *Ответ:* Дважды: через 3,39 с на расстоянии 14,9 м и через 10,6 с на расстоянии 123 м.

5. Рядом с поездом на одной линии с передними буферами паровоза стоит человек. В тот момент, когда поезд начал движение с ускорением  $0,1$  м/с<sup>2</sup>, человек пошел в том же направлении с постоянной скоростью 1,5 м/с. Где и через какое время поезд догонит человека? *Ответ:* 45 м и 30 с.

6. Тело двигалось равнозамедленно и через 6 с остановилось. Определите путь, пройденный телом за это время, если за 2 с до остановки его скорость была 3 м/с. *Ответ:* 27 м.

7. Скорость поезда, движущегося равнозамедленно, уменьшается в течение 1 мин от 40 до 28 км/ч. Найдите ускорение поезда и расстояние, пройденное им за это время. *Ответ:* 0,0556 м/с<sup>2</sup> и 567 м.

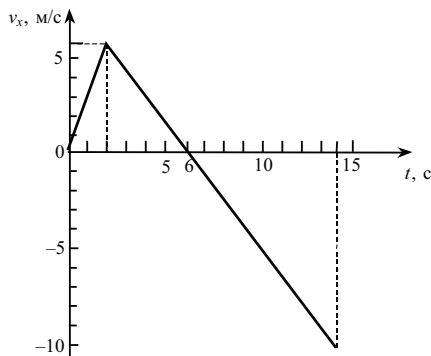
8. При взлете разбег самолета длится 25 с. Определите путь, пройденный самолетом по взлетной полосе, если, пройдя  $\frac{3}{4}$  длины разбега, самолет приобрел скорость 51 м/с. *Ответ:* 736 м.

9. Два автомобиля выходят из пункта  $A$  в одном направлении. Второй автомобиль выходит на 20 с позже первого. Оба движутся равноускоренно с одинаковым ускорением 0,4 м/с<sup>2</sup>. Через сколько времени, считая от начала движения первого автомобиля, расстояние между ними окажется равным 240 м? *Ответ:* 40 с.

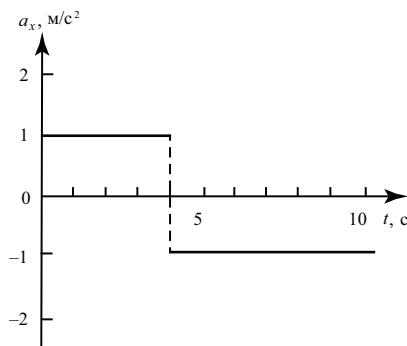
10. Поезд, вышедший в 12 часов дня из пункта  $A$ , движется со скоростью 60 км/ч. Поезд, вышедший в 14 часов из пункта  $B$ , движется со скоростью 40 км/ч навстречу первому поезду. В котором часу они встретятся, если расстояние  $AB$  равно 420 км? *Ответ:* в 17 ч.

11. В одном направлении из одной точки одновременно начали двигаться два тела: первое – равномерно со скоростью 980 см/с, а второе – равноускоренно без начальной скорости с ускорением 9,8 см/с<sup>2</sup>. Через какое время второе тело догонит первое? *Ответ:* 200 с.

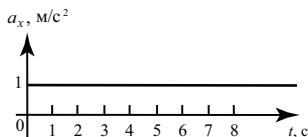
12. На рисунке представлена зависимость проекции скорости на ось  $Ox$  от времени для движения некоторого тела. Определите среднюю путевую скорость за первые 14 с движения. *Ответ:* 4,14 м/с.



13. Зависимость проекции ускорения от времени при некотором движении тела представлена на рисунке. Определите среднюю путевую скорость за первые 8 с движения. Начальная скорость равна нулю. *Ответ: 2 м/с.*

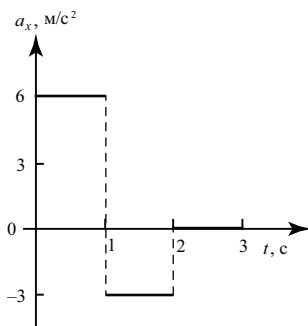


14. Начертите графики зависимости от времени проекции скорости и пути, пройденного телом, если график зависимости проекции ускорения  $a_x$  от времени имеет вид:



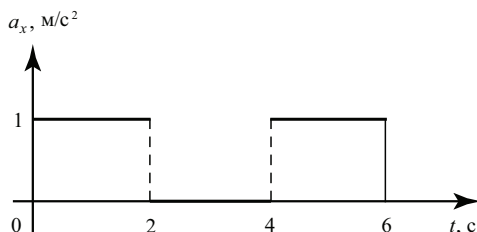
Начальная скорость тела равна нулю.

15. По заданному графику зависимости проекции ускорения автомобиля от времени постройте график зависимости пути от времени и определите путь, пройденный автомобилем за 3 с от начала движения. Начальная скорость автомобиля равна нулю. *Ответ: 10,5 м.*



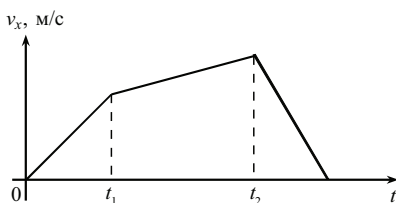
**Задачи №№16-26**  
**рекомендованы для учащихся 10 классов**

**16.** Начертите график зависимости от времени проекции скорости мотоциклиста, если график зависимости проекции ускорения  $a_x$  от времени имеет вид:

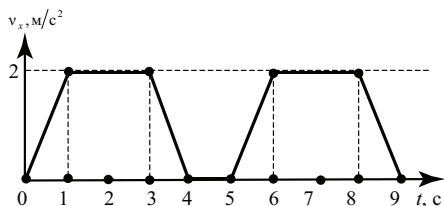


Определите путь, пройденный автомобилем за 6 с от начала движения. Начальная скорость мотоциклиста равна нулю. *Ответ:* 12 м.

**17.** На рисунке дан график зависимости проекции скорости тела от времени. Начальная координата  $x_0 = 0$ . Постройте графики зависимости проекции ускорения и координаты от времени.



**18.** Начертите графики зависимостей координаты и проекции ускорения некоторого тела от времени, если проекция скорости этого тела как функция времени имеет вид:



19. Уравнение прямолинейного движения имеет вид  $x(t) = 3t - 0,25t^2$  (м). Выведите уравнения зависимостей  $V_x(t)$  и  $a_x(t)$ . Постройте графики зависимостей координаты, проекций скорости и ускорения от времени для заданного движения.

20. Движение материальной точки задано уравнением  $x(t) = 4t - 0,05t^2$  (м). Определите момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найдите координату и ускорение в этот момент. *Ответ:* 40 с, 80 м,  $-0,1$  м/с<sup>2</sup>.

21. Тело движется прямолинейно. Зависимость пройденного пути от времени определяется уравнением  $S(t) = 0,5t + t^2$  (м). Выведите формулы зависимости скорости и ускорения от времени. Определите путь, пройденный телом за пятую секунду. Начертите графики зависимости пути, скорости и ускорения от времени. *Ответ:* 9,5 м.

22. По заданному уравнению движения лифта  $x(t) = 15t + 2t^2$  (м) выведите уравнение зависимости проекции его мгновенной скорости от времени  $V(t)$  и постройте график этой зависимости.

23. Движение материальной точки задано уравнением  $x(t) = 0,14t^2 + 0,01t^3$  (м). Найдите уравнения зависимостей  $V_x(t)$  и  $a_x(t)$ . Через какое время после начала отсчета ускорение тела будет равно  $1$  м/с<sup>2</sup>? *Ответ:* 12 с.

24. Прямолинейное движение точки описывается уравнением  $x(t) = 1 + 3t - 2t^2$  (м). Где находилась точка в начальный момент времени? Как изменяется проекция скорости точки со временем? Когда точка окажется в начале координат? *Ответ:* 1 м и 1,78 с.

25. Движение точки задано уравнением  $x(t) = 12t - 2t^2$  (м). Определите среднюю скорость перемещения точки в интервале времени от 1 до 4 с. *Ответ:* 2 м/с.

26. Зависимость проекции вектора перемещения от времени выражается уравнением  $\Delta r_x = At^2 - Bt^3$ , где  $A$  и  $B$  – постоянные. Постройте графики зависимостей проекций скорости и ускорения от времени. Определите перемещение тела за 3 с, если наибольшая скорость тела равна 3 м/с через 2 с после начала отсчета времени движения. *Ответ:* 6,75 м.



**Задачи №№ 27–30**  
**рекомендованы для учащихся 11 классов**

27. Пароход, двигаясь против течения реки со скоростью 14 км/ч относительно берега, проходит расстояние между двумя пристанями за 4 ч. За какое время он пройдет то же расстояние по течению, если его скорость относительно берега в этом случае равна 20,16 км/ч? Найдите скорость течения реки и скорость парохода в стоячей воде.  
*Ответ:* 2,78 ч; 3,08 и 17,08 км/ч.

28. Эскалатор метрополитена поднимает неподвижно стоящего на нем пассажира в течение времени 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за время 3 мин. Сколько времени будет подниматься пассажир по движущемуся эскалатору? *Ответ:* 45 с.

29. Катер идет по течению реки из пункта  $A$  в пункт  $B$  время 3 ч, обратно – время 6 ч. Сколько времени потребуется катеру для того, чтобы пройти расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  по течению при выключенном моторе? *Ответ:* 12 ч.

30. Самолет летит из пункта  $A$  в пункт  $B$  и обратно со скоростью 300 км/ч относительно воздуха. Расстояние между пунктами  $A$  и  $B$  равно 900 км. Сколько времени затратит самолет на весь полет, если вдоль линии полета непрерывно дует ветер со скоростью 60 км/ч?  
*Ответ:* 6,25 ч.

## 2. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

### Задачи №№ 31–39

рекомендованы для учащихся 10 классов

**31.** Два тела движутся в горизонтальном направлении навстречу друг другу вдоль одной прямой. После столкновения тела *слипаются*. Определите скорости тел после столкновения, если масса первого тела равна 0,5 кг, масса второго – 0,9 кг, скорость первого тела до столкновения равна 20 см/с, скорость второго – 40 см/с. Сравните энергию тел до и после удара. Удар считайте центральным. *Ответ:* 18,6 см/с. До удара: 0,082 Дж. После удара: 0,024 Дж.

**32.** Шар массой 1,8 кг сталкивается с покоящимся шаром большей массы. В результате центрального, прямого и абсолютно упругого удара шар потерял 0,36 своей кинетической энергии. Определите массу большего шара. *Ответ:* 16,2 кг.

**33.** Снаряд массой 10 кг в верхней точке параболической траектории имел скорость 200 м/с. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая, массой 3 кг, получила скорость 400 м/с и полетела вперед и вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту. Найдите, с какой скоростью и под каким углом к горизонту полетит более тяжелая часть снаряда? *Ответ:* 249 м/с и  $-36,6^\circ$ .

**34.** Снаряд массой 10 кг имел в верхней точке параболической траектории скорость 200 м/с. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая, массой 3 кг, получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость большей части снаряда после разрыва. *Ответ:* 114 м/с.

**35.** На рельсах стоит платформа массой 10 т. На платформе укреплено орудие массой 5 т, из которого произведен выстрел вдоль рельсов. Масса снаряда 100 кг, его скорость относительно орудия в момент выстрела 500 м/с. На какое расстояние откатится платформа? Коэффициент трения платформы о рельсы равен 0,002. *Ответ:* 283 м.

**36.** Снаряд массой 1 кг разрывается на два осколка в верхней точке параболической траектории на высоте 60 м. В момент разрыва скорость снаряда была равна 100 м/с. Первый осколок массой 0,6 кг полетел вертикально вниз и достиг Земли через 0,5 с. Найдите скорость второго осколка сразу после разрыва. *Ответ:* 306 м/с.

37. Снаряд массой 9 кг в верхней точке параболической траектории разорвался на два осколка. Осколок массой 3 кг полетел в обратном направлении с горизонтальной скоростью 300 м/с. Определите скорость второго осколка, если скорость снаряда в момент разрыва равна 250 м/с. *Ответ:* 525 м/с.

38. Пуля массой 10 г, летевшая со скоростью 600 м/с, попала в баллистический маятник массой 5 кг и застряла в нем. На какую высоту поднялся маятник? Баллистический маятник считайте математическим. *Ответ:* 7,31 см.

39. В баллистический маятник массой 5 кг попала горизонтально летящая пуля массой 10 г и застряла в нем. Найдите начальную скорость пули, если маятник, откачнувшись после удара, поднялся на высоту 10 см. Баллистический маятник считайте математическим. *Ответ:* 702 м/с.

### **Задачи №№ 40–51** **рекомендованы для учащихся 11 классов**

40. Свинцовый шар массой 500 г, движущийся со скоростью 10 м/с, соударяется с неподвижным шаром из воска, имеющим массу 200 г, после чего оба шара движутся вместе. Найдите кинетическую энергию шаров после соударения. Удар считайте центральным и прямым. *Ответ:* 17,9 Дж.

41. Частица массой  $1 \cdot 10^{-25}$  кг обладает импульсом  $5 \cdot 10^{-20}$  кг·м/с. Определите, какой импульс может передать эта частица, сталкиваясь абсолютно упруго с частицей массой  $4 \cdot 10^{-25}$  кг, которая до соударения покоилась. Удар считайте прямым. *Ответ:*  $8 \cdot 10^{-20}$  кг·м/с.

42. Два шара претерпевают центральный, прямой и абсолютно неупругий удар. До удара шар массой  $m_2$  неподвижен, шар массой  $m_1$  движется с некоторой скоростью. Какая часть первоначальной кинетической энергии теряется при ударе, если  $m_1 = 0,1m_2$ . *Ответ:* 0,909.

43. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяет неподвижный шар массой 800 г. Удар центральный, прямой и абсолютно упругий. Определите скорости шаров после удара. *Ответ:* 6 м/с и 4 м/с.

44. Два шара подвешены на тонких параллельных нитях, касаясь друг друга. Меньший шар отводится от первоначального положения и отпускается. После центрального, прямого и абсолютно упругого удара шары поднимаются на одинаковую высоту. Определите массу меньшего шара, если масса большего 0,6 кг. *Ответ:* 0,2 кг.

45. Ящик, имеющий массу 1 кг, подвешен на тросе длиной 2,5 м. Длина троса значительно больше линейных размеров ящика. Пуля массой 10 г летит в горизонтальном направлении, попадает в центр ящика и застревает в нем. Трос после попадания пули отклоняется на угол  $60^\circ$  от вертикали. Определите начальную скорость пули (перед ударом). *Ответ:* 500 м/с.

46. Из двух соударяющихся абсолютно упругих шаров больший шар покоится. В результате центрального и прямого удара меньший шар потерял  $3/4$  своей кинетической энергии. Во сколько раз отличаются массы шаров? *Ответ:* 3.

47. Какую часть кинетической энергии может передать частица массой  $2 \cdot 10^{-23}$  г, сталкиваясь абсолютно упруго с частицей массой  $6 \cdot 10^{-23}$  г, которая до столкновения покоилась? Удар считайте центральным и прямым. *Ответ:* 0,75.

48. Два шара массами 200 г и 100 г подвешены на параллельных нитях одинаковой длины, соприкасаясь между собой. Первый шар отклоняют так, что его центр поднимается на высоту 4,5 см, и отпускают. На какую высоту поднимутся шары после прямого, центрального и абсолютно неупругого соударения? *Ответ:* 0,02 м.

49. Два шара массами 0,2 кг и 0,8 кг подвешены на двух параллельных нитях длиной 2 м, касаясь друг друга. Меньший шар отводится на  $90^\circ$  от первоначального положения и отпускается. Найдите скорости шаров после центрального, прямого и абсолютно упругого столкновения. *Ответ:* 3,76 и 2,51 м/с.

50. Два груза массами 10 кг и 15 кг подвешены на нитях длиной 2 м так, что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол  $60^\circ$  от вертикали и отпущен. Определите высоту, на которую поднимутся оба груза после центрального, прямого и абсолютно неупругого удара. *Ответ:* 16 см.

51. Пуля, летящая горизонтально, попадает в центр шара, подвешенного на очень легком жестком стержне, и застревает в нем. Масса пули составляет 0,001 часть массы шара. Расстояние от точки подвеса стержня до центра шара равно 1 м. Найдите скорость пули, если известно, что стержень с шаром отклонился после удара пули на угол  $10^\circ$ . *Ответ:* 547 м/с.

### 3. ДИНАМИКА

#### Задачи №№ 52–59 рекомендованы для учащихся 9 классов

52. Конькобежец движется по горизонтальному пути равномерно, а затем за 25 с проезжает до остановки путь 60 м равнозамедленно. Определите коэффициент трения. *Ответ:* 0,0196.

53. Трамвай, трогаясь с места, движется с постоянным ускорением  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Через 12 с после начала движения мотор трамвая выключается и трамвай движется до остановки равнозамедленно. На всем пути движения трамвая коэффициент трения равен 0,01. Найдите общее расстояние, пройденное трамваем, и время торможения. *Ответ:* 219 м и 61,2 с.

54. На автомобиль массой 1000 кг во время движения действует сила трения, равная  $0,1mg$ . Чему должна быть равна сила тяги, развиваемая мотором автомобиля, чтобы автомобиль двигался с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ ? 2,98 кН.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 2,98 кН.

55. Определите тормозной путь автомобиля массой 1000 кг, движущегося по горизонтальной дороге, если при горизонтальной силе торможения 4000 Н время торможения равно 4 с. *Ответ:* 32 м.

56. Определите тормозной путь движущегося по горизонтальной дороге автомобиля, если его скорость перед началом торможения 40 м/с. Коэффициент трения между шинами и дорогой 0,8. *Ответ:* 102 м.

57. Тележка массой 200 кг движется по горизонтальному пути с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$  под действием горизонтальной силы 300 Н. Определите коэффициент трения. *Ответ:* 0,0510.

58. Автомобиль массой 1200 кг начинает движение по горизонтальной поверхности с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Чему равна сила тяги автомобиля? Коэффициент трения равен 0,2. *Ответ:* 3,55 кН.

59. Вагон массой 10000 кг движется по горизонтальному пути со скоростью 20 м/с. Какова должна быть горизонтальная сила торможения, чтобы остановить вагон на расстоянии 1000 м? Движение считайте равнозамедленным. *Ответ:* 2 кН.

**Задачи №№ 60–75**  
**рекомендованы для учащихся 10 классов**

**60.** Камень брошен с вышки горизонтально с начальной скоростью 30 м/с. Определите скорость и нормальное ускорение камня в конце второй секунды после начала движения.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 35,8 м/с;  $8,21 \text{ м/с}^2$ .

**61.** С башни высотой 19,6 м в горизонтальном направлении брошено тело со скоростью 10 м/с. Чему равна скорость тела в момент падения? Какой угол образует вектор скорости тела с осью  $X$ ?  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 22 м/с;  $63^\circ$ .

**62.** Пуля вылетает с поверхности Земли с начальной скоростью 200 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. Запишите кинематические уравнения движения пули и выведите уравнение траектории. Определите максимальную высоту подъема, дальность полета и радиус кривизны траектории в ее наивысшей точке. *Ответ:* 1,53; 3,53 и 1,02 км

**63.** Миномет установлен на крыше здания, высота которого 40 м, и стреляет вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту. Начальная скорость мины равна 50 м/с. Запишите кинематические уравнения движения и выведите уравнение траектории мины. Определите время и дальность полета мины, максимальную высоту подъема и скорость мины в момент падения на Землю. *Ответ:* 9,67 с; 242 м; 136 м; 57,3 м/с.

**64.** Снаряд вылетает с поверхности Земли под углом  $30^\circ$  к горизонту. Запишите кинематические уравнения движения и выведите уравнение траектории. Определите начальную скорость снаряда, если он был на одной и той же высоте спустя 10 с и 50 с после начала движения, и эту высоту. Найдите нормальное ускорение в момент начала движения. *Ответ:* 589 м/с; 2,45 км;  $8,50 \text{ м/с}^2$ .

**65.** Тело брошено с поверхности Земли под углом  $45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Запишите кинематические уравнения движения и выведите уравнение траектории этого тела. На какой высоте вектор скорости этого тела будет составлять с горизонтом угол  $30^\circ$ ? *Ответ:* 6,80 м.

**66.** Камень брошен с поверхности Земли со скоростью 20 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. Запишите кинематические уравнения движения и выведите уравнение траектории камня. Определите радиус кривизны его траектории: а) в верхней точке; б) в момент падения на Землю. *Ответ:* 10,2 м и 81,5 м.

67. Тело брошено с поверхности Земли под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту. Найдите значение угла  $\alpha$ , если горизонтальная дальность полета тела в четыре раза больше максимальной высоты подъема тела над Землей.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:*  $45^\circ$ .

68. Период вращения искусственного спутника Земли равен 2 ч. Считая орбиту спутника круговой, найдите, на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник. *Ответ:* 1690 км.

69. Стационарный искусственный спутник движется по окружности в плоскости земного экватора, оставаясь все время над одним и тем же пунктом земной поверхности. Определите угловую скорость спутника и радиус его орбиты. *Ответ:*  $7,27 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$  и 42,3 Мм.

70. Планета Нептун в 30 раз дальше от Солнца, чем Земля. Определите период обращения (в годах) Нептуна вокруг Солнца. *Ответ:* 164 года.

71. Искусственный спутник вращается вокруг Земли по окружности на высоте 3600 км над поверхностью Земли. Определите орбитальную скорость спутника. *Ответ:* 6,33 км/с.

72. Зная среднюю скорость движения Земли вокруг Солнца (30 км/с), определите, с какой средней скоростью движется малая планета вокруг Солнца, если радиус орбиты планеты в 4 раза больше радиуса орбиты Земли. *Ответ:* 15 км/с.

73. С какой орбитальной скоростью движется Земля вокруг Солнца? Считайте орбиту Земли круговой. *Ответ:* 29,6 км/с.

74. Определите скорость движения Луны вокруг Земли, считая, что Луна движется по круговой орбите. Расстояние между Луной и Землей 384,4 Мм. *Ответ:* 1,02 км/с.

75. Две планеты обращаются вокруг Солнца по орбитам, принимаемым приближенно за круговые с радиусами  $150 \cdot 10^6$  км (Земля) и  $108 \cdot 10^6$  км (Венера). Во сколько раз линейная скорость Земли больше линейной скорости Венеры? *Ответ:* 1,18.

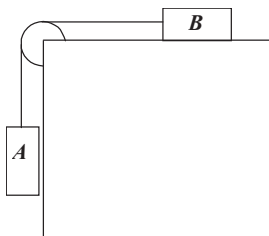
### Задачи №№76–91

рекомендованы для учащихся 11 классов

76. Две гири неравной массы висят на концах нити, перекинутой через неподвижный невесомый блок, причем легкая гиря расположена ниже тяжелой на 8 м. Если гири не удерживать, то через 2 с они окажутся на одной высоте. Во сколько раз масса тяжелой гири больше массы легкой? *Ответ:* 1,51.

77. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязаны грузы массами 1,5 кг и 3 кг. Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура следует пренебречь. *Ответ:* 39,2 Н.

78. Невесомый блок укреплен на краю стола. Гири *A* и *B* массой по 1 кг соединены нитью и перекинуты через блок. Коэффициент трения гири *B* о стол равен 0,1. Найдите: 1) ускорение, с которым движутся гири; 2) натяжение нити. Трением в блоке следует пренебречь.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:*  $4,41 \text{ м/с}^2$  и  $5,40 \text{ Н}$ .



79. К нити подвешен груз массой 1 кг. Найдите натяжение нити, если нить с грузом начать поднимать с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 14,8 Н.

80. К нити подвешен груз массой 1 кг. Найдите натяжение нити, если нить с грузом начали опускать с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 4,81 Н.

81. Стальная проволока выдерживает силу натяжения 4400 Н. С каким наибольшим ускорением можно поднимать груз массой 400 кг, подвешенный на этой проволоке, чтобы она при этом не порвалась? *Ответ:*  $1,19 \text{ м/с}^2$ .

82. Масса лифта с пассажирами равна 800 кг. Найдите, с каким ускорением движется лифт, если известно, что натяжение троса, удерживающего лифт, равно 12 кН. *Ответ:*  $5,19 \text{ м/с}^2$ .

83. Гирия подвешена на нити. Если поднимать эту гирию с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , то натяжение нити будет вдвое меньше того натяжения, при котором нить разрывается. С каким ускорением надо поднимать эту гирию, чтобы нить разорвалась? *Ответ:*  $13,8 \text{ м/с}^2$ .

84. На нити, выдерживающей натяжение 100 Н, из состояния покоя поднимают груз массой 5 кг вертикально вверх. Определите предельную высоту, на которую можно поднять груз за 0,5 с так, чтобы



нить не порвалась. Силу сопротивления считайте постоянной и равной 10 Н. *Ответ:* 1,02 м.

**85.** Веревка выдерживает груз массой 10 кг при подъеме его с некоторым ускорением, направленным по вертикали, и груз массой 90 кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какова максимальная масса груза, который можно поднять на этой веревке с постоянной скоростью? *Ответ:* 18 кг.

**86.** Нить выдерживает нагрузку 103 Н. С каким наибольшим ускорением можно поднимать вертикально вверх груз массой 10 кг, чтобы нить не оборвалась? *Ответ:*  $0,499 \text{ м/с}^2$ .

**87.** На гладком столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через невесомый блок, укрепленный на краю стола. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирию массой 1 кг? *Ответ:*  $1,96 \text{ м/с}^2$ .

**88.** На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязаны два шнура, перекинутые через блоки, прикрепленные к противоположным краям стола. К концам шнуров подвешены гири, массы которых 1 кг и 2 кг. Найдите ускорение, с которым движется брусок, и силу натяжения каждого из шнуров. Массой блоков и трением следует пренебречь. *Ответ:*  $1,40 \text{ м/с}^2$ ; 11,2 Н; 16,8 Н.

**89.** Две гири массами 1 и 3 кг связаны невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через неподвижный блок. На сколько опустится большая гиря за первые 2 с движения, если гири отпустить? Массой блока и трением следует пренебречь. *Ответ:* 9,81 м.

**90.** К концам невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный невесомый блок, подвешены два груза массой 1 кг каждый. На один из грузов положен перегрузок массой 0,5 кг. Найдите величину силы, с которой перегрузок давит на груз. Трением следует пренебречь.  $g=9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:* 3,92 Н.

**91.** Тела массами 20 и 5 кг связаны невесомой нерастяжимой нитью. Тело массой 20 кг находится на горизонтальной поверхности, а массой 5 кг висит на нити, перекинутой через невесомый блок, укрепленный у края стола. С каким ускорением будет двигаться тело массой 20 кг, если второе тело отпустить? Трением следует пренебречь.  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . *Ответ:*  $1,96 \text{ м/с}^2$ .

## 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ. УПРУГИЕ ВОЛНЫ

### Задачи №№ 92–103 рекомендованы для учащихся 11 классов

92. Определите максимальные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и циклической частотой  $1,57 \text{ с}^{-1}$ . *Ответ:* 4,71 см/с и 7,39 см/с<sup>2</sup>.

93. Точка совершает колебания по закону  $x(t) = 0,05 \cos(2t)$  (м). Определите модуль ускорения точки в тот момент времени, когда ее скорость равна 8 см/с. *Ответ:* 12 см/с<sup>2</sup>.

94. Точка совершает гармонические колебания. Наибольшее смещение точки от положения равновесия равно 10 см, максимальная скорость равна 20 см/с. Найдите циклическую частоту колебаний и максимальное ускорение точки. *Ответ:*  $2 \text{ с}^{-1}$  и 40 см/с<sup>2</sup>.

95. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение равно 100 см/с<sup>2</sup>. Найдите циклическую частоту, период и амплитуду колебаний. *Ответ:*  $10 \text{ с}^{-1}$ ; 0,628 с и 1 см.

96. Грузик массой 250 г, подвешенный к пружине, совершает гармонические колебания по вертикали с периодом 1 с. Определите жесткость пружины. *Ответ:* 9,86 Н/м.

97. К пружине подвесили грузик, в результате чего статическая деформация пружины составила 9 см. Каков будет период гармонических колебаний грузика, если систему вывести из состояния равновесия? *Ответ:* 0,6 с.

98. Гирия, подвешенная к пружине, совершает гармонические колебания по вертикали с амплитудой 4 см. Определите полную энергию колебаний гири, если жесткость пружины равна 1 кН/м. *Ответ:* 0,8 Дж.

99. К пружине подвешен груз массой 10 кг. Зная, что пружина под влиянием силы 9,81 Н растягивается на 1,5 см, определите, чему будет равен период гармонических колебаний груза, если систему вывести из положения равновесия? *Ответ:* 0,777 с.

**100.** Составьте уравнение плоской волны, распространяющейся в воздухе, частицы в которой колеблются с частотой 2 кГц и амплитудой 1,7 мкм. Скорость распространения звука в воздухе 340 м/с. *Ответ:*  $S(x, t) = 1,7 \cos \left[ \pi \left( 4 \cdot 10^3 t - 11,8x \right) \right]$  (мкм).

**101.** Уравнение бегущей плоской звуковой волны имеет вид  $S(x, t) = 60 \cos(1800t - 5,3x)$  (мкм). Найдите отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны.

**102.** При распространении плоской упругой волны в среде частицы колеблются с частотой 1,5 кГц. Длина волны равна 15 см. Максимальные смещения точек среды от положения равновесия в 200 раз меньше длины волны. Составьте уравнение этой волны. *Ответ:*  $S(x, t) = 750 \cos(3000t - 6,667x)$  (мкм).

**103.** Плоская бегущая волна представлена уравнением  $S(x, t) = 0,05 \sin(1980t - 5,97x)$  (см). Определите разность фаз колебаний между точками, находящимися на расстоянии 35 см друг от друга. *Ответ:*  $\frac{2}{3}\pi$ .

## 5. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

### Задачи №№ 104–119 рекомендованы для учащихся 11 классов

104. В сосуде вместимостью 2 л находятся 0,2 моля кислорода. Определите плотность газа. *Ответ:* 3,2 кг/м<sup>3</sup>.

105. В сосуде вместимостью 5 л находится кислород, концентрация молекул которого равна  $9,41 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ . Определите массу газа. *Ответ:* 0,25 г.

106. В колбе вместимостью 100 см<sup>3</sup> содержится некоторый газ при температуре 300 К. На сколько понизится давление газа в колбе, если вследствие утечки из колбы выйдет  $10^{20}$  молекул? *Ответ:* 4,14 кПа.

107. Определите число молей азота массой 0,2 кг. *Ответ:* 7,14 моль.

108. Определите вместимость сосуда, в котором находится газ, если концентрация молекул равна  $1,26 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}$ , а общее их число равно  $2,5 \cdot 10^{23}$ . *Ответ:* 1,98 л.

109. Определите давление идеального газа при температуре 3 К. Примите концентрацию молекул равной  $10^{19} \text{ см}^{-3}$ . *Ответ:* 414 Па.

110. В сосуде вместимостью 20 л находятся 1,5 кмоль идеального газа. Определите концентрацию молекул в сосуде. *Ответ:*  $4,52 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .

111. Сколько молекул газа содержится в баллоне вместимостью 30 л при температуре 300 К и давлении 5 МПа? *Ответ:*  $3,62 \cdot 10^{25}$  молекул.

112. В баллоне находится кислород массой 4 г. Определите число молекул газа. *Ответ:*  $7,53 \cdot 10^{22}$  молекул.

113. Идеальный газ находится при нормальных условиях в закрытом сосуде. Определите концентрацию молекул газа. *Ответ:*  $2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ .

114. Определите число молей и концентрацию молекул газа, содержащегося в колбе вместимостью 240 см<sup>3</sup> при температуре 290 К и давлении 50 кПа. *Ответ:* 4,98 ммоль;  $1,25 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ .

**115.** В сосуде вместимостью 12 л находится газ, число молекул которого составляет  $1,44 \cdot 10^{18}$ . Определите концентрацию молекул газа. *Ответ:*  $1,2 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ .

**116.** Кислород при нормальных условиях заполняет сосуд вместимостью 11,2 л. Определите число молей и массу газа. *Ответ:* 0,5 моль и 16 г.

**117.** Определите число молей водорода, заполняющего сосуд вместимостью 3 л, если плотность газа равна  $6,65 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ . *Ответ:*  $9,97 \cdot 10^{-3}$  моль.

**118.** Определите концентрацию молекул идеального газа при температуре 300 К и давлении 1 мПа. *Ответ:*  $2,42 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-3}$ .

**119.** Давление газа равно 1 мПа, концентрация его молекул равна  $10^{10} \text{ см}^{-3}$ . Определите температуру газа. *Ответ:* 7,25 К.

## 6. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ

### Задачи №№ 120–154 рекомендованы для учащихся 11 классов

**120.** В цилиндр длиной 1,6 м, заполненный воздухом при нормальном атмосферном давлении, начали медленно вдвигать поршень площадью  $200 \text{ см}^2$ . Определите силу, которая будет действовать на поршень, если его остановить на расстоянии 10 см от дна цилиндра. *Ответ:* 32,4 кН.

**121.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура холодильника равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от 400 К до 600 К? *Ответ:* 1,88.

**122.** Котел вместимостью  $2 \text{ м}^3$  содержит водяной пар массой 10 кг при температуре 500 К. Определите давление пара в котле. *Ответ:* 1,15 МПа.

**123.** Идеальный газ, совершающий цикл Карно,  $2/3$  количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника равна 280 К. Определите температуру нагревателя. *Ответ:* 420 К.

**124.** Полый шар вместимостью  $10 \text{ см}^3$ , заполненный воздухом при температуре 573 К, соединили трубкой с чашей, заполненной ртутью. Определите массу ртути, вошедшей в шар при остывании воздуха в нем до температуры 293 К. Плотность ртути равна  $13600 \text{ кг/м}^3$ . Изменением вместимости шара следует пренебречь. *Ответ:* 420 К.

**125.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определите работу изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0,2. *Ответ:* 4 Дж.

**126.** В баллоне вместимостью 25 л находится водород при температуре 290 К. После того, как часть водорода израсходована, давление в баллоне понизилось на 0,4 МПа. Определите массу израсходованного водорода. *Ответ:* 8,30 г.

**127.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя равна 470 К, температура холодильника равна 280 К. При изотермическом расширении газ совершает работу 100 Дж. Определите тер-

мический КПД цикла, а также количество теплоты, которое газ отдает холодильнику при изотермическом сжатии. *Ответ:* 0,404; 59,6 Дж.

**128.** Определите среднюю кинетическую энергию поступательно-го движения молекулы водяного пара при температуре 600 К. Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. *Ответ:*  $1,24 \cdot 10^{-20}$  Дж.

**129.** Гелий массой 1 г был нагрет на 100 К при постоянном давлении. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) приращение внутренней энергии и 3) совершенную газом работу расширения. Молярная масса гелия 0,004 кг/моль. Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К). *Ответ:* 520; 312; 208 Дж.

**130.** Давление газа равно 1 мПа, концентрация его молекул равна  $10^{10}$  см<sup>-3</sup>. Определите среднюю кинетическую энергию поступательно-го движения молекул газа. Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. *Ответ:*  $1,50 \cdot 10^{-19}$  Дж.

**131.** Атомарный водород занимает объем 10 м<sup>3</sup> при давлении 100 кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления 300 кПа. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии и 3) совершенную газом работу. *Ответ:* 3; 3; 0 МДж.

**132.** Некоторая масса молекулярного азота находится при температуре 300 К и давлении  $10^5$  Па. Запас кинетической энергии поступательного движения молекул газа составляет 6,3 Дж. Найдите среднюю квадратичную скорость молекул азота и объем газа. Молярная масса молекулярного азота равна 0,028 кг/моль. Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. *Ответ:* 517 м/с;  $4,2 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>.

**133.** Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному одноатомному газу при изобарическом процессе, расходуется на приращение внутренней энергии и какая доля – на работу расширения? *Ответ:* 0,6 и 0,4.

**134.** Определите среднюю кинетическую энергию поступательно-го движения молекулы азота при температуре 1 кК. Постоянная Больцмана  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. *Ответ:*  $20,7 \cdot 10^{-21}$  Дж.

**135.** Баллон вместимостью 20 л содержит атомарный водород при температуре 300 К под давлением 0,4 МПа. Каковы будут температура и давление газа, если ему сообщить количество теплоты 6 кДж? Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К). *Ответ:* 450К; 0,6 МПа.

**136.** В баллоне содержится газ при температуре 373 К. До какой температуры нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза? *Ответ:* 473 °С.

**137.** При нагревании идеального газа на 1 К при постоянном давлении объем его увеличился на  $1/350$  первоначального объема. Найдите начальную температуру газа. *Ответ:* 350 К.

**138.** Какой объем занимает 1 кмоль идеального газа при давлении 1 МПа и температуре 400 К? *Ответ:*  $3,32 \text{ м}^3$ .

**139.** Баллон вместимостью 12 л содержит углекислый газ. Давление газа равно 1 МПа, температура 300 К. Определите массу газа в баллоне. *Ответ:* 0,212 кг.

**140.** Определите плотность насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К. Давление пара при этой температуре равно 3,55 кПа. *Ответ:*  $2,56 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ .

**141.** Какой объем занимает 1 моль идеального газа при давлении 1 МПа и температуре 400 К? *Ответ:*  $3,32 \text{ дм}^3$ .

**142.** Котел содержит перегретый водяной пар массой 10 кг при температуре 500 К и давлении 1,15 МПа. Определите вместимость котла. *Ответ:*  $2 \text{ м}^3$ .

**143.** При нагревании идеального газа на 1 К при постоянном давлении объем его увеличился на  $1/350$  первоначального объема. Найдите конечную температуру газа. *Ответ:* 351 К.

**144.** Определите давление насыщенного водяного пара в воздухе при температуре 300 К, если плотность пара при этой температуре равна  $2,56 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ . *Ответ:* 3,55 кПа.

**145.** Азот массой 5 кг нагрет изохорически на 150 К. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии; 3) совершенную газом работу. *Ответ:* 556; 556; 0 кДж.

**146.** При изохорическом нагревании кислорода объемом 50 л давление газа изменилось на 0,5 МПа. Найдите количество тепла, сообщенное газу. *Ответ:* 62,5 кДж.

**147.** Кислород массой 800 г, охлажденный от 373 К до 293 К, сохранил неизменным объем. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии; 3) совершенную газом работу. *Ответ:*  $-41,6$ ;  $-41,6$ ; 0 кДж.



**148.** Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты 21 кДж. Найдите: 1) изменение внутренней энергии; 2) совершенную газом работу. *Ответ:* 6; 15 кДж.

**149.** Кислород при постоянном давлении 80 кПа нагревается, при этом его объем увеличивается от 1 м<sup>3</sup> до 3 м<sup>3</sup>. Определите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии; 3) совершенную газом работу. *Ответ:* 400; 160; 560 кДж.

**150.** Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определите работу расширения, если пару передано количество теплоты 4 кДж. *Ответ:* 1 кДж.

**151.** Азот массой 200 г расширяется изотермически при температуре 280 К, причем объем газа удваивается. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии и 3) совершенную газом работу. *Ответ:* 11,6; 0 и 11,6 кДж.

**152.** В цилиндре под поршнем находится азот массой 0,6 кг, занимающий объем 1,2 м<sup>3</sup> при температуре 560 К. В результате подвода теплоты газ изотермически расширился и занял объем 4,2 м<sup>3</sup>. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) изменение внутренней энергии; 3) совершенную газом работу. *Ответ:* 125; 0 и 125 кДж.

**153.** При изотермическом расширении водорода массой 1 г, имевшего температуру 280 К, объем газа увеличился в три раза. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу, и 2) совершенную газом работу. *Ответ:* 1,28 кДж.

**154.** Азот, занимавший объем 10 л под давлением 0,2 МПа, изотермически расширился до объема 28 л. Найдите: 1) количество тепла, сообщенное газу; 2) совершенную газом работу. *Ответ:* 2,06 и 2,06 кДж.

## 7. КРУГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ (ЦИКЛЫ). КПД ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ

### Задачи №№ 155–160 рекомендованы для учащихся 11 классов

**155.** В результате кругового процесса газ совершил работу 1 Дж и передал холодильнику количество теплоты 4,2 Дж. Определите термический КПД цикла. *Ответ:* 0,192.

**156.** Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты 4 кДж. Определите работу газа при протекании цикла, если его термический КПД равен 0,1. *Ответ:* 400 Дж.

**157.** Идеальный газ, совершающий цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты 4,2 кДж, совершил работу 590 Дж. Найдите термический КПД этого цикла. Во сколько раз температура нагревателя больше температуры холодильника? *Ответ:* 14 %; 1,16.

**158.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в три раза больше температуры холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты 42 кДж. Какую работу совершил газ? *Ответ:* 28 кДж.

**159.** Идеальный газ, совершающий цикл Карно,  $1/3$  количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Температура нагревателя равна 420 К. Определите температуру холодильника. *Ответ:* 140 К.

**160.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в четыре раза больше температуры холодильника. Какую долю количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает холодильнику? *Ответ:* 0,25.

## 8. АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

### Задачи №№161–170

рекомендованы для учащихся 10 классов.

**161.** Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде при температуре  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  равна 84%, а при температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  равна 30%. Во сколько раз давление насыщенного пара воды при  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  больше, чем при температуре  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? *Ответ:* 2,97.

**162.** Два одинаковых кусочка льда, находившиеся при температуре 261 К, летят навстречу друг другу с равными по модулю скоростями и при ударе обращаются в пар. Оцените минимально возможные скорости льдинок перед ударом. Удельная теплоёмкость льда  $2100\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Удельная теплота плавления льда равна  $3,36\cdot 10^5\text{ Дж}/\text{кг}$ . Удельная теплоёмкость воды  $4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Удельная теплота парообразования воды при температуре кипения равна  $2,26\cdot 10^6\text{ Дж}/\text{кг}$ . *Ответ:* 2310 м/с.

**163.** В калориметр налили воду при температуре  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  и поставили на нагреватель. Через  $\tau_1=20$  минут вода закипела. Сколько ещё времени  $\tau_2$  пройдёт, прежде чем вся вода выкипит? Теплоёмкостью калориметра по сравнению с теплоёмкостью воды пренебречь. Мощность нагревателя считать неизменной. Удельная теплота парообразования воды при температуре кипения равна  $2,26\cdot 10^6\text{ Дж}/\text{кг}$ , удельная теплоёмкость воды  $4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . *Ответ:*  $\tau_2 = 135$  мин.

**164.** 2,60 кг воды, взятой при температуре 363 К, смешали со 150 кг воды, взятой при температуре 296 К. Конечная температура получившейся смеси оказалась равной 313 К. Какое количество теплоты было отдано в окружающую среду при смешивании? Удельная теплоёмкость воды  $4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ . Ответ выразите в кДж. *Ответ:* 1890 кДж.

**165.** С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дробинка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась? Считать, что 80% кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергию дробинки, а температура дробинки до удара была  $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ . *Ответ:* 350 м/с.

**166.** Для нагревания кирпича массой 2 кг от  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  затрачено такое же количество теплоты, как для нагревания той же массы воды на  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найдите удельную теплоёмкость кирпича. Удельная теплоёмкость воды  $4200\text{ Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$ . *Ответ:* 840 Дж/(кг·К).

**167.** Какое количество теплоты необходимо для нагревания 100 г свинца от 20 °С до 320 °С?

Удельная теплоемкость свинца 130 Дж/кг·К; температура плавления свинца 600 К; удельная теплота плавления свинца  $2,3 \cdot 10^4$  Дж/кг.  
*Ответ:* 3,90 кДж.

**168.** В сосуд, содержащий 1,5 кг воды при 15 °С, впускают 200 г водяного пара при 100 °С. Какая общая температура установится в сосуде после конденсации пара?

Удельная теплота парообразования воды  $2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг; удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·К). *Ответ:* 88,3 °С.

**169.** Два свинцовых шара одинаковой массы движутся со скоростями  $V$  и  $2V$  навстречу друг другу. Определите повышение температуры  $\Delta T$  шаров в результате абсолютно неупругого удара. *Ответ:*

$$\Delta T = \frac{9 \cdot V^2}{8 \cdot C}.$$

**170.** Сколько дров надо сжечь в печи с КПД 40%, чтобы получить из 200 кг снега, взятого при температуре  $-10$  °С, воду при температуре 20 °С?

Удельные теплоемкости льда (снега) и воды 2100 и 4200 Дж/(кг·К) соответственно. Удельная теплота плавления льда  $3,35 \cdot 10^5$  Дж/кг. Плотность дров 500 кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплота сгорания дров  $1 \cdot 10^7$  Дж/кг. *Ответ:*  $4,22 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>.

**ЧАСТЬ 2. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ. ОПТИКА.  
КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. ФИЗИКА АТОМА.  
ФИЗИКА ЯДРА**

**9. ЭЛЕКТРОСТАТИКА**

**Задачи №№ 171–190  
рекомендованы для учащихся 10 классов**

**171.** Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 мм, площадь пластин равна  $20 \text{ см}^2$ . В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной 0,7 мм и эбонита толщиной 0,3 мм. Определите электроемкость конденсатора. Диэлектрическая проницаемость слюды равна 7, эбонита – 3. Электрическая постоянная  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . *Ответ:* 33,4 пФ.

**172.** Электроемкость плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние между пластинами равно 5 мм. Какова будет электроемкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной 3 мм? Диэлектрическая проницаемость эбонита равна 3. Электрическая постоянная  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . *Ответ:* 2,5 мкФ.

**173.** Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 100 В. Какова будет разность потенциалов, если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора? Диэлектрическая проницаемость стекла равна 7. Электрическая постоянная  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . *Ответ:* 700 В.

**174.** Плоский конденсатор образован двумя квадратными пластинами, отстоящими друг от друга на расстоянии 1,0 мм. Какой должна быть длина каждой из этих пластин, чтобы емкость конденсатора была равна 1,0 мкФ? Чему будет равна сторона пластины для получения такой же емкости, если между ними поместить эбонит? Диэлектрическая проницаемость эбонита равна 3. Электрическая постоянная  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . *Ответ:* 10,6 м; 4,8 м.

**175.** Два проводящих шара диаметром 0,1 мм и 0,3 м каждый соединяются проводником. До соединения на шарах находились заряды  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $3 \cdot 10^{-8}$  Кл. Каким будет потенциал шаров после их соединения? *Ответ:* 1500 В.

**176.** Определите емкость плоского слюдяного конденсатора, площадь пластин которого равна  $100 \text{ см}^2$ , а расстояние между ними равно 0,1 мм. Диэлектрическая проницаемость слюды равна 7. *Ответ:* 6,2 нФ.

**177.** На капельке ртути радиусом  $10^{-3}$  м находится заряд  $0,7 \cdot 10^{-13}$  Кл. Десять таких капелек сливаются в одну большую каплю. Определите потенциал этой капли. *Ответ:* 2,9 В.

**178.** Между пластинами заряженного плоского конденсатора находятся два слоя диэлектриков: стекла толщиной 7 мм и эбонита толщиной 3 мм. Площадь каждой пластины конденсатора равна  $200 \text{ см}^2$ . Найдите емкость конденсатора. Диэлектрическая проницаемость стекла равна 7, эбонита – 3. *Ответ:* 88,5 пФ.

**179.** Два металлических шара – большой и маленький – заряжаются одинаковым количеством электричества. Будут ли одинаковыми потенциалы шаров? Что произойдет, если шары соединить проволокой?

**180.** Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно 1,33 мм, площадь пластин равна  $20 \text{ см}^2$ . В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной 0,7 мм и эбонита толщиной 0,3 мм. Определите емкость конденсатора. Диэлектрическая проницаемость слюды равна 7, эбонита – 3. *Ответ:* 33,4 пФ.

**181.** Два металлических шара – большой и маленький – заряжаются до одинакового потенциала. На каком шаре при этом будет больший заряд? В какую сторону будет перетекать заряд, если шары соединить проволокой?

**182.** На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью  $0,2 \text{ мкКл/м}^2$ . Расстояние между пластинами равно 1 мм. На сколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния между пластинами до 3 мм? *Ответ:* 45,2 В.

**183.** Два металлических заряженных шара соединяют проволокой. Показать, что после соединения поверхностные плотности зарядов на шарах будут обратно пропорциональны их радиусам.

**184.** Определите емкость плоского конденсатора, между обкладками которого находится стеклянная пластинка толщиной 100 мкм, покрытая с обеих сторон слоями парафина толщиной  $0,2 \cdot 10^{-4}$  м каждый. Площадь обкладок конденсатора равна  $0,02 \text{ м}^2$ . Диэлектрическая проницаемость стекла – 7, парафина – 2. *Ответ:* 51,6 пФ.

**185.** Каким должен быть радиус шара, чтобы его емкость была равна 1,0 Ф? *Ответ:* 12,3 см.

**186.** Емкость плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние между пластинами равно 5 мм. Какова будет емкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной 3 мм? Диэлектрическая проницаемость эбонита равна 3. *Ответ:* 2,5 мкФ.

**187.** Металлический шар диаметром 18 см заряжают до потенциала 10 кВ. Определить величину заряда шара. *Ответ:* 0,1 мкКл.

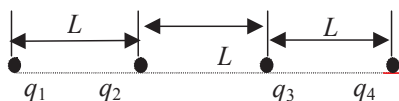
**188.** Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 100 В. Какова будет разность потенциалов, если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора? Диэлектрическая проницаемость стекла равна 7. *Ответ:* 700 В.

**189.** Заряженный до потенциала 300 В шар радиуса 15 см соединяется с незаряженным шаром длиной тонкой проволокой. После соединения потенциал шара оказался 100 В. Каков радиус второго шара? *Ответ:* 30 см.

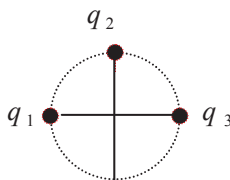
**190.** Плоский конденсатор образован двумя квадратными пластинами, отстоящими друг от друга на расстоянии 1,0 мм. Какой должна быть ширина каждой из этих пластин, чтобы емкость конденсатора была равна 1,0 мкФ? Чему будет равна сторона пластины для получения такой же емкости, если между ними поместить эбонит? Диэлектрическая проницаемость эбонита равна 3. *Ответ:* 10,6 м; 4,8 м.

**Задачи №№ 191–198**  
**рекомендованы для учащихся 11 классов.**

**191.** На одной прямой на равном расстоянии  $L = 0,15$  м друг от друга расположены 4 точечных заряда  $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 10^{-5}$  Кл так, как показано на рисунке. Определите величину результирующей силы, действующей на заряд  $q_3$ . *Ответ:* 10 Н.



**192.** Три одноименных точечных заряда по 1 мкКл расположены так, как изображено на рисунке. Радиус окружности равен 0,03 м. Определите величину силы, действующей на заряд  $q_3$ . *Ответ:* 6,99 Н.



**193.** На окружности на одинаковом расстоянии друг от друга расположены 3 точечных заряда по 3 нКл каждый. Диаметр окружности 0,1 м. Какая результирующая сила действует на заряд  $(-2)$  нКл, расположенный в центре окружности? *Ответ:* ноль.

**194.** Точечные заряды  $q_1, q_2, q_3, q_4$  находятся в вершинах квадрата со стороной 1 м, а  $q_5$  – в его середине. Определите величину силы, действующей на заряд  $q_5$ , если  $q_2 = q_3 = q_4 = -1$  мкКл,  $q_1 = q_5 = +1$  мкКл. *Ответ:* 36 мН.

**195.** Расстояние между двумя точечными зарядами 8 нКл и  $(-5,3)$  нКл равно 40 см. Вычислите напряженность поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность в той же точке, если второй заряд положительный? *Ответ:* 2,99 кВ/м; 608 В/м.

**196.** Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 10 нКл и  $(-20)$  нКл, находящимися на расстоянии 20 см друг от друга. Определите напряженность поля в точке, удаленной на 30 см от первого заряда и на 50 см от второго. *Ответ:* 280 В/м.



**197.** Расстояние между двумя точечными зарядами  $9Q$  и  $Q$  равно 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю? Где находилась бы эта точка, если бы второй заряд был отрицательным? *Ответ:* 6 и 12 см.

**198.** Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 40 нКл и  $(-10)$  нКл, находящимися на расстоянии 10 см друг от друга. Определите напряженность поля в точке, удаленной на 12 см от первого заряда и на 6 см от второго. *Ответ:* 23,6 кВ/м.

## 10. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

### Задачи №№199–218 рекомендованы для учащихся 9 классов

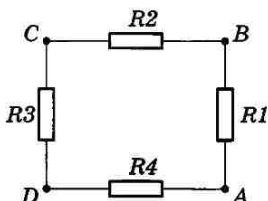
**199.** Вольтметр сопротивлением 10 Ом рассчитан на силу тока 30 мА. Какое добавочное сопротивление надо подключить последовательно с вольтметром, чтобы можно было включать вольтметр в сеть с напряжением до 150 В? *Ответ:* 5 кОм.

**200.** Параллельно амперметру, имеющему сопротивление 0,020 Ом, включен медный проводник длиной 20 см и сечением 3,4 мм<sup>2</sup>. Определите величину полного тока в цепи, если амперметр показывает 0,30 А. Удельное сопротивление меди равно  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м. *Ответ:* 6,3 А.

**201.** Вольтметр, включенный последовательно с сопротивлением 70 Ом, показывает напряжение 100 В при напряжении в цепи 240 В. Что покажет вольтметр, если его включить последовательно с сопротивлением 35 кОм в ту же сеть? *Ответ:* 0,34 В.

**202.** В сеть с напряжением 24 В подключили два последовательно соединенных резистора. При этом величина тока стала равной 0,60 А. Когда резисторы подключили параллельно, суммарная величина тока стала равной 3,2 А. Определите сопротивления резисторов. *Ответ:* 30 и 10 Ом.

**203.** Резисторы сопротивлениями  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом подключены к источнику тока в точках АС. Найдите общее сопротивление цепи при данном способе подключения. *Ответ:* 2,1 Ом.

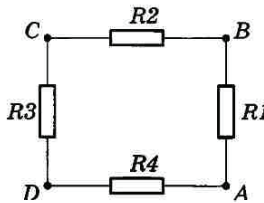


**204.** Какую работу произвел электрический ток, если через сечение проводника прошел заряд 1,5 Кл и падение напряжения на проводнике 2,0 В? *Ответ:* 3 Дж.

**205.** Какие сопротивления резисторов можно получить, имея в своем распоряжении три резистора сопротивлением 60 Ом каждый?  
*Ответ:* 20; 30; 40; 60; 90; 120; 180 Ом.

**206.** За время 10 с через проводник, падение напряжения на котором 12 В, прошел заряд 24 Кл. Определите работу, совершенную током, мощность тока, сопротивление проводника.  
*Ответ:* 0,29 кДж; 29 Вт; 5 Ом.

**207.** Резисторы сопротивлениями  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом подключены к источнику тока в точках AD. Найдите общее сопротивление цепи при данном способе подключения.  
*Ответ:* 2,4 Ом.



**208.** Прибор имеет три нагревательные спирали по 120 Ом каждая. Какие мощности можно получить, используя различные соединения спиралей? Напряжение в сети 120 В.  
*Ответ:* 40; 60; 80; 120; 180; 240; 360 Вт.

**209.** При последовательном подключении к сети двух проводников сила тока в 6,25 раза меньше, чем при параллельном подключении этих проводников. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников?  
*Ответ:* в 4 раза.

**210.** Две лампочки сопротивлениями 180 Ом и 360 Ом подключили параллельно к сети с напряжением 120 В. Какая мощность выделяется в каждой из лампочек? Какая будет выделяться мощность, если лампочки подключить последовательно?  
*Ответ:* 80 и 40 Вт; 8,9 и 17,8 Вт.

**211.** В медном проводнике длиной 2 м и площадью поперечного сечения  $0,4 \text{ мм}^2$  идет ток. Мощность, выделяющаяся в проводнике, 0,35 Вт. Определите число электронов, проходящих за 1 с через поперечное сечение этого проводника.  
*Ответ:*  $1,27 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}$ .

**212.** По железному проводнику течет ток с плотностью  $10 \text{ А/м}^2$ . Считая, что на каждый атом металла приходится один свободный электрон, определите среднюю скорость упорядоченного движения электронов (дрейфовую скорость). *Ответ:*  $7,45 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}$ .

**213.** Как изменится сопротивление медной проволоки, если ее растянуть на  $0,1 \%$ ? Удельное сопротивление меди равно  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . *Ответ:* Увеличится на  $0,2 \%$ .

**214.** Чему равна сила тока в проводнике, если за 1 мин через сечение проводника протекает  $30 \text{ мКл}$  электричества? *Ответ:*  $0,5 \text{ мА}$ .

**215.** По проводу течет ток  $10 \text{ А}$ . Найдите массу электронов, проходящих через поперечное сечение этого провода за время  $1,0 \text{ час}$ . *Ответ:*  $0,2 \text{ мг}$ .

**216.** Зашунтированный амперметр измеряет токи до  $10 \text{ А}$ . Какой наибольший ток может измерить этот прибор без шунта, если сопротивление амперметра  $0,02 \text{ Ом}$  и сопротивление шунта  $0,005 \text{ Ом}$ ? *Ответ:*  $2 \text{ А}$ .

**217.** Имеется миллиамперметр с сопротивлением  $9,9 \text{ Ом}$ , предназначенный для измерения токов не более  $10 \text{ мА}$ . Каким должно быть сопротивление шунта для того, чтобы этим прибором измерять токи до  $1 \text{ А}$ ? *Ответ:*  $0,1 \text{ Ом}$ .

**218.** При изменении внешнего сопротивления с  $6,0 \text{ Ом}$  до  $21 \text{ Ом}$  КПД схемы увеличился вдвое. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? *Ответ:*  $14 \text{ Ом}$ .

### **Задачи №№219–233 рекомендованы для учащихся 11 классов**

**219.** К батарейке с ЭДС  $4,5 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $1,0 \text{ Ом}$  подключили резистор сопротивлением  $8,0 \text{ Ом}$ . Какой силы ток потечет в цепи? Чему равно напряжение на внешнем сопротивлении? *Ответ:*  $0,5 \text{ А}$ ;  $4,0 \text{ В}$ .

**220.** В цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $6,0 \text{ В}$ , внутренним сопротивлением  $2,0 \text{ Ом}$  и внешним сопротивлением, идет ток  $1,0 \text{ А}$ . Какой ток пойдет по цепи, если внешнее сопротивление увеличить в  $2,0$  раза? *Ответ:*  $0,6 \text{ А}$ .

**221.** Мощность, выделяемая на резисторе, подключенном к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  3,0 В и внутренним сопротивлением 1,0 Ом, равна 2,0 Вт. Определите величину тока в цепи. *Ответ:* 1 или 2 А.

**222.** К генератору подключено 100 ламп, соединенных параллельно, имеющих сопротивление 1,2 кОм каждая. Напряжение на лампах 220 В. Внутреннее сопротивление генератора 6,0 Ом. Определите ЭДС генератора. *Ответ:* 0,33 кВ.

**223.** Электродвижущая сила элемента и его внутреннее сопротивление равны соответственно 1,6 В и 0,5 Ом. Чему равен КПД элемента при токе 2,4 А? *Ответ:* 25 %.

**224.** Батарея состоит из 5 последовательно соединенных элементов с ЭДС 1,4 В и внутренним сопротивлением 0,3 Ом каждый. Определите ток, при котором полезная мощность батареи равна 8 Вт. *Ответ:* 2 или 2,7 А.

**225.** Каково внутреннее сопротивление одного аккумулятора, если при смешанном соединении аккумуляторов в две группы по четыре последовательно соединенных аккумулятора в каждой группе, на сопротивлении 3 Ом выделяется такая же мощность, как и в случае последовательного соединения аккумуляторов, замкнутых на то же сопротивление? *Ответ:* 0,75 Ом.

**226.** Батарея гальванических элементов замкнута на внешнее сопротивление 10 Ом и дает ток 3 А. Если вместо этого сопротивления включить сопротивление 20 Ом, то ток станет равным 1,6 А. Найдите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи. *Ответ:* 34,4 В; 1,43 Ом.

**227.** Когда к источнику тока подключили резистор сопротивлением 5,0 Ом, величина тока стала 1,0 А, а когда подключили резистор сопротивлением 15 Ом, то ток стал равным 0,50 А. Определите ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление. *Ответ:* 10 В и 5,0 Ом.

**228.** Какую работу произвел электрический ток, если через сечение проводника прошел заряд 1,5 Кл и падение напряжения на проводнике 2,0 В? *Ответ:* 3 Дж.

**229.** За время 10 с через проводник, падение напряжения на котором 12 В, прошел заряд 24 Кл. Определите работу, совершенную током, мощность тока, сопротивление проводника. *Ответ:* 0,29 кДж; 29 Вт; 5 Ом.

**230.** Прибор имеет три нагревательные спирали по 120 Ом каждая. Какие мощности можно получить, используя различные соединения спиралей? Напряжение в сети 120 В. *Ответ:* 40; 60; 80; 120; 180; 240; 360 Вт.

**231.** ЭДС источника тока 2,0 В, внутреннее сопротивление 1,0 Ом. Определите сопротивление внешней цепи, если в ней выделяется мощность 0,75 Вт. *Ответ:* 3 или 0,3 Ом.

**232.** Две лампочки сопротивлениями 180 Ом и 360 Ом подключили параллельно к сети с напряжением 120 В. Какая мощность выделяется в каждой из лампочек? Какая будет выделяться мощность, если лампочки подключить последовательно? *Ответ:* 80 и 40 Вт; 8,9 и 17,8 Вт.

**233.** Перегоревшую спираль электрического утюга мощностью 300 Вт укоротили на  $1/4$ . Какой стала при этом его мощность? *Ответ:* 400 Вт.

## 11. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

### Задачи №№234–241

рекомендованы для учащихся 10 классов

**234.** В однородном магнитном поле с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$  равномерно со скоростью  $20 \text{ см/с}$  движется проводник длиной  $10 \text{ см}$ . По проводнику течет ток  $2 \text{ А}$ . Скорость движения проводника направлена перпендикулярно вектору индукции поля. Найдите работу перемещения проводника за  $10 \text{ с}$ . *Ответ:*  $0,2 \text{ Дж}$ .

**235.** Электрический колебательный контур состоит из катушки индуктивностью  $1,6 \text{ мкГн}$  и конденсатора емкостью  $40 \text{ пФ}$ . Максимальное напряжение на обкладках конденсатора  $200 \text{ В}$ . Определите максимальный ток в контуре. *Ответ:*  $1 \text{ А}$ .

**236.** Между полюсами электромагнита создается однородное магнитное поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$ . По проводу длиной  $70 \text{ см}$ , помещенному перпендикулярно магнитным силовым линиям, течет ток  $70 \text{ А}$ . Найдите силу, действующую на единицу длины проводника. *Ответ:*  $4,9 \text{ Н}$ .

**237.** Электрический колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $8 \text{ пФ}$  и катушки индуктивностью  $0,5 \text{ мГн}$ . Определите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальный ток в контуре равен  $40 \text{ мА}$ ? *Ответ:*  $316 \text{ В}$ .

**238.** Прямой провод, по которому течет ток  $1 \text{ кА}$ , расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции. С какой силой действует поле на отрезок провода длиной  $1 \text{ м}$ , если магнитная индукция равна  $1 \text{ Тл}$ ? *Ответ:*  $1 \text{ кН/м}$ .

**239.** Электрический колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $889 \text{ пФ}$  и катушки индуктивностью  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ . На какую длину волны настроен контур, если электромагнитная волна распространяется в воздухе? *Ответ:*  $2,51 \text{ км}$ .

**240.** Прямой провод длиной  $10 \text{ см}$ , по которому течет ток  $20 \text{ А}$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01 \text{ Тл}$ . Найдите угол между направлениями вектора  $\vec{B}$  и тока, если на провод действует сила  $10 \text{ мН}$ . *Ответ:*  $30^\circ$ .

**241.** Определите индуктивность катушки, которую нужно включить в электрический колебательный контур, чтобы при емкости  $2 \text{ мкФ}$  получить электромагнитные колебания частотой  $1000 \text{ Гц}$ ? *Ответ:*  $12,7 \text{ мГн}$ .

## 12. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

### Задачи №№242–265 рекомендованы для учащихся 10 классов

#### *Электромагнитная индукция*

**242.** Магнитный поток  $40 \text{ мВб}$  пронизывает замкнутый контур. Определите среднее значение ЭДС индукции, возникающей в контуре, если магнитный поток равномерно изменяется до нуля за  $2 \text{ мс}$ .  
*Ответ:*  $20 \text{ В}$ .

**243.** Прямой провод длиной  $40 \text{ см}$  движется в однородном магнитном поле со скоростью  $5 \text{ м/с}$  перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов, возникающая между концами провода, равна  $0,6 \text{ В}$ . Вычислите индукцию магнитного поля. *Ответ:*  $0,3 \text{ Тл}$ .

**244.** В однородном магнитном поле с индукцией  $1 \text{ Тл}$  находится прямой провод длиной  $20 \text{ см}$ , концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление всей цепи равно  $0,1 \text{ Ом}$ . Найдите силу, которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно вектору магнитной индукции с постоянной скоростью  $2,5 \text{ м/с}$ . *Ответ:*  $1 \text{ Н}$ .

**245.** Прямой провод длиной  $10 \text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1 \text{ Тл}$ . Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи равно  $0,4 \text{ Ом}$ . Какая мощность потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростью  $20 \text{ м/с}$ ? *Ответ:*  $10 \text{ Вт}$ .

**246.** В однородном магнитном поле с индукцией  $0,4 \text{ Тл}$  в плоскости, перпендикулярной вектору индукции поля, вращается стержень длиной  $10 \text{ см}$ . Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определите разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения  $16 \text{ Гц}$ . *Ответ:*  $201 \text{ мВ}$ .

**247.** Определите разность потенциалов, возникшую в проводнике длиной  $20 \text{ см}$ , движущемся в однородном магнитном поле с индукцией  $10 \text{ мТл}$  со скоростью  $1,0 \text{ м/с}$  под углом  $30^\circ$  к вектору магнитной индукции. *Ответ:*  $1,0 \text{ мВ}$ .

**248.** В однородном магнитном поле, индукция которого  $0,1 \text{ Тл}$ , движется проводник длиной  $10 \text{ см}$ . Скорость движения проводника



равна 15 м/с, вектор скорости перпендикулярен вектору индукции магнитного поля. Чему равна индуцированная в проводнике разность потенциалов? *Ответ:* 0,15 В

**249.** Скорость самолета с реактивным двигателем равна 950 км/ч. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах крыльев самолета, если вертикальная составляющая индукции земного магнитного поля равна 50 мкТл и размах крыльев самолета 12,5 м. *Ответ:* 165 мВ.

### *Электрические колебания*

**250.** Разность потенциалов на обкладках конденсатора в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $u(t) = 50\cos(10^4\pi \cdot t)$  (В). Емкость конденсатора 0,1 мкФ. Найдите период колебаний и индуктивность контура. *Ответ:* 0,2 мс и 10,1 мГн.

**251.** Ток в электрическом колебательном контуре изменяется согласно уравнению  $i(t) = -0,02\sin(400\pi \cdot t)$  (А). Индуктивность катушки 1 Гн. Найдите максимальную энергию магнитного поля в катушке контура. *Ответ:* 0,2 мДж.

**252.** Воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин (диаметр каждой 20 см, расстояние между пластинами 1 см) и катушка индуктивностью 1 мкГн образуют электрический колебательный контур. Найдите период гармонических колебаний в этом контуре. *Ответ:* 33,1 нс.

**253.** Разность потенциалов на обкладках конденсатора в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $u(t) = 50\cos(10^4\pi \cdot t)$  (В). Емкость конденсатора 0,1 мкФ. Найдите период колебаний. *Ответ:* 0,2 мс.

**254.** Ток в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $i(t) = -0,02\sin(400\pi t)$  (А). Индуктивность катушки 1 Гн. Найдите максимальную энергию электрического поля в конденсаторе контура. *Ответ:* 0,2 мДж.

**255.** Конденсатор емкостью 500 пФ и катушка (длина 40 см, площадь поперечного сечения  $5\text{ см}^2$ , число витков – 1000, сердечник немагнитный) образуют электрический колебательный контур. Найдите период гармонических колебаний в этом контуре. *Ответ:* 5,56 мкс.

**256.** Ток в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $i(t) = -0,02 \sin(400\pi t)$  (А). Индуктивность катушки 1 Гн. Найдите максимальный заряд на обкладках конденсатора. *Ответ:* 15,9 мкКл.

**257.** Найдите отношение энергии магнитного поля в катушке электрического колебательного контура к энергии электрического поля в конденсаторе того же колебательного контура для момента времени  $t = T/8$ . Начальная фаза равна нулю. *Ответ:* 1.

**258.** Ток в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $i(t) = -0,02 \sin(400\pi t)$  (А). Индуктивность катушки 1 Гн. Найдите емкость конденсатора контура. *Ответ:* 633 нФ.

**259.** Электрический колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,6 мкГн и конденсатора емкостью 40 пФ. Максимальное напряжение на обкладках конденсатора 200 В. Определите максимальный ток в контуре. *Ответ:* 1 А.

**260.** Ток в электрическом колебательном контуре изменяется по закону  $i(t) = -0,02 \sin(400\pi t)$  (А). Индуктивность катушки 1 Гн. Найдите максимальную разность потенциалов на обкладках конденсатора. *Ответ:* 25,1 В.

**261.** Электрический колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,5 мГн и конденсатора емкостью 8 пФ. Определите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальный ток в контуре равен 40 мА. *Ответ:* 316 В.

**262.** Электрический колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,07 Гн и плоского конденсатора, пластины которого площадью  $0,45 \text{ м}^2$  разделены парафинированной бумагой толщиной 0,1 мм. Определите циклическую частоту гармонических колебаний в этом контуре. Диэлектрическая проницаемость парафинированной бумаги равна 2. *Ответ:*  $1,34 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ .

**263.** На какой диапазон электромагнитных волн, распространяющихся в воздухе, можно настроить электрический колебательный контур, если индуктивность его катушки равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Гн, а емкость конденсатора может меняться от 68,9 до 533 пФ? *Ответ:* (700... 1950) м.

**264.** Электрический колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 889 пФ и катушки индуктивностью 2 мГн. На какую длину волны настроен контур, если электромагнитная волна распространяется в воздухе? *Ответ:* 2,51 км.

**265.** Катушка, индуктивность которой  $3 \cdot 10^{-5}$  Гн, присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $100 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними 0,1 мм. Чему равна диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами, если электрический колебательный контур резонирует на электромагнитную волну в вакууме длиной 750 м. *Ответ:* 5,96.

### 13. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

#### Задачи №№ 266–280 рекомендованы для учащихся 10 классов

**266.** На какой диапазон электромагнитных волн, распространяющихся в воздухе, можно настроить электрический колебательный контур, если индуктивность его катушки равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Гн, а емкость конденсатора может меняться от 68,9 до 533 пФ? *Ответ:* (700... 1950) м.

**267.** Электрический колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 889 пФ и катушки индуктивностью 2 мГн. На какую длину волны настроен контур, если электромагнитная волна распространяется в воздухе? *Ответ:* 2,51 км.

**268.** Катушка, индуктивность которой  $3 \cdot 10^{-5}$  Гн, присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин  $100 \text{ см}^2$  и расстоянием между ними 0,1 мм. Чему равна диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами, если электрический колебательный контур резонирует на электромагнитную волну в вакууме длиной 750 м. *Ответ:* 5,96.

**269.** В однородной и изотропной среде с  $\epsilon = 3$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда вектора напряженности электрического поля волны 10 В/м. Найдите амплитуду вектора магнитной индукции. *Ответ:* 57,7 нТл.

**270.** Плоская электромагнитная волна, вектор напряженности электрического поля которой изменяется по закону  $E_z = 200 \cos(6,28 \cdot 10^8 t + 4,55 x)$  (В/м), распространяется в некоторой среде. Определите диэлектрическую проницаемость этой среды (магнитная проницаемость среды равна 1). *Ответ:* 4,72.

**271.** В однородной и изотропной среде с  $\epsilon = 3$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда вектора магнитной индукции равна  $5,57 \cdot 10^{-8}$  Тл. Найдите амплитуду вектора напряженности электрического поля волны. *Ответ:* 9,65 В/м.

**272.** Определите скорость распространения электромагнитных колебаний в стекле ( $\epsilon = 7$ ,  $\mu = 1$ ). *Ответ:* 113 Мм/с.

**273.** Электромагнитная волна с частотой 3 МГц переходит из воздуха в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью 4. Показатель преломления воздуха равен 1,00029. Найдите изменение длины волны. *Ответ:* –50 м.

**274.** В одном из космических экспериментов радиосигнал от Земли до Луны и обратно шел 2,5 с. Каково по этим данным расстояние от Земли до Луны?

- 1) 300 тыс. км; 2) 350 тыс. км; 3) 375 тыс. км; 4) 325 тыс. км;  
5) невозможно определить.

*Ответ:* 3.

**275.** Посланный локатором радиоимпульс, отразившись от цели, вернулся через 0,4 мс. Каково расстояние до цели?

- 1) 30 км; 2) 40 км; 3) 60 км; 4) 90 км; 5) 120 км.

*Ответ:* 3.

**276.** Найдите длину электромагнитной волны, колебания в которой происходят с частотой  $\nu = 30$  кГц.

- 1) 100 м; 2) 1000 м; 3) 10000 м; 4) 900 м; 5) 9000 м.

*Ответ:* 3.

**277.** Два источника испускают электромагнитные волны частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц с одинаковыми начальными фазами. Минимум интерференции будет наблюдаться, если минимальная разность хода волн равна: 1)0; 2)0,3 мкм; 3)0,6 мкм; 4)1 мкм. *Ответ:* 0,3 мкм.

**278.** Два источника испускают электромагнитные волны частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц с одинаковыми начальными фазами. Максимум интерференции будет наблюдаться, если минимальная разность хода волн равна: 1)0,9 мкм; 2)0,5 мкм; 3)0,3 мкм; 4)0 мкм. *Ответ:* 4.

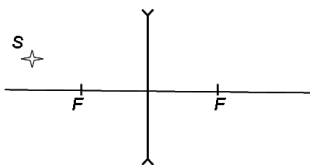
**279.** Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимально усилены при оптической разности хода интерферирующих волн 1,8 мкм. *Ответ:* 0,6 и 0,45 мкм.

**280.** Найдите все длины волн видимого света, которые будут максимально ослаблены при оптической разности хода интерферирующих волн 1,8 мкм. *Ответ:* 0,72, 0,514 и 0,4 мкм.

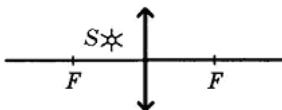
## 14. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

### Задачи №№ 281-2890 рекомендованы для учащихся 9 классов

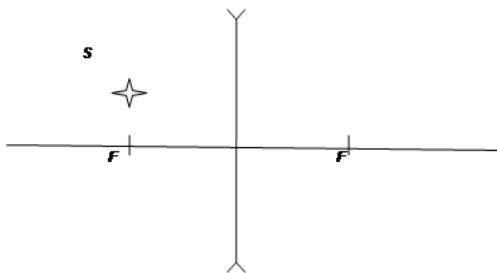
281. Постройте изображение точечного источника света  $S$ , которое образует собирающая линза для случая, показанного на рисунке:



282. Постройте изображение точечного источника света  $S$ , которое образует собирающая линза для случая, показанного на рисунке:



283. Постройте изображение точечного источника света  $S$ , которое образует собирающая линза для случая, показанного на рисунке:



284. Стержень длиной  $\ell = 15$  см установлен вертикально на плоском дне сосуда с жидкостью. Лучи света падают под углом  $\alpha = 38^\circ$  к поверхности жидкости. Показатель преломления жидкости  $n = 1,62$ , глубина сосуда  $h = 7,6$  см. Определите длину тени от стержня на дне сосуда. *Ответ:* 14 см.

**285.** Луч света падает на плоскопараллельную пластину толщиной  $d = 1,5$  см с показателем преломления  $n = 1,52$  под углом  $\alpha = 62^\circ$  к нормали. Определите смещение луча после выхода из пластины. *Ответ:* 0,82 см.

**286.** Стержень длиной  $\ell$  установлен вертикально на плоском дне сосуда с жидкостью. Лучи света падают под углом  $\alpha = 57^\circ$  к поверхности жидкости. Показатель преломления жидкости  $n = 1,33$ , глубина сосуда  $h = 35,0$  см. Длина тени от стержня на дне сосуда равна  $x = 20$  см. Определите длину  $\ell$  стержня. *Ответ:* 42 см.

**287.** Луч света падает на плоскопараллельную пластину толщиной  $d$  с показателем преломления  $n = 1,42$  под углом  $\alpha = 48^\circ$  к нормали. После выхода из пластины смещение луча составляет величину  $x = 0,80$  см. Определите толщину  $d$  пластины. *Ответ:* 2,4 см.

**288.** При съемке с расстояния 9,8 м изображение предмета на фотопластинке имеет высоту 11,2 мм, а при съемке с расстояния 3,5 м – высоту  $h_2$ . Фокусное расстояние объектива фотоаппарата равно 85 мм. Определите неизвестную величину  $h_2$ . *Ответ:* 3,4 мм.

**289.** Двояковыпуклая линза с радиусами кривизны 32 см и  $R_2$  имеет в жидкости с показателем преломления 1,33 – фокусное расстояние (+110) см. Показатель преломления материала линзы 1,56. Определите неизвестную величину  $R_2$ . *Ответ:* 46 см.

## 15. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. ФИЗИКА АТОМА

### Задачи №№290–302

рекомендованы для учащихся 10 классов

**290.** Определите скорость электрона на первой боровской орбите, радиус которой определяется формулой  $r_0 = \frac{\hbar^2}{kme^2}$ , где  $e$  – заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m$  – масса электрона  $9,11 \cdot 10^{-31}$  кг,  $k$  – электрическая постоянная  $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ ,  $\hbar$  – постоянная Планка  $1,054 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. *Ответ:*  $2,18 \cdot 10^6$  м/с.

**291.** Определите циклическую частоту света, испускаемого электроном в атоме водорода при его переходе из состояния ( $n = 2$ ) с энергией  $(-3,4)$  эВ в стационарное состояние ( $n = 1$ ) с энергией  $(-13,6)$  эВ. Постоянная Планка равна  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. Скорость света в вакууме равна  $3 \cdot 10^8$  м/с.  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. *Ответ:*  $1,55 \cdot 10^{16}$  рад/с.

**292.** Определите ускорение электрона на первой боровской орбите, радиус которой определяется формулой  $r_0 = \frac{\hbar^2}{kme^2}$ , где  $e$  – заряд электрона  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m$  – масса электрона  $9,11 \cdot 10^{-31}$  кг,  $k$  – электрическая постоянная  $9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ ,  $\hbar$  – постоянная Планка  $1,054 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. *Ответ:*  $9,04 \cdot 10^{22}$  м/с<sup>2</sup>.

**293.** Определите длину волны света, испускаемого электроном в атоме водорода при его переходе из состояния ( $n = 2$ ) с энергией  $(-3,4)$  эВ в стационарное состояние ( $n = 1$ ) с энергией  $(-13,6)$  эВ. Постоянная Планка равна  $6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с. Скорость света в вакууме равна  $3 \cdot 10^8$  м/с.  $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж. *Ответ:*  $1,22 \cdot 10^{-7}$  м.

**294.** Вычислите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона с третьего энергетического уровня на первый в однократно ионизованном атоме гелия  ${}_2\text{He}$ . *Ответ:* 48,4 эВ.

**295.** Определите наименьшую энергию, необходимую для возбуждения полного спектра дважды ионизованного атома лития  ${}_3\text{Li}$ . *Ответ:* 122 эВ.



**296.** Вычислите энергию фотона, испускаемого при переходе электрона с третьего энергетического уровня на второй в трижды ионизованном атоме бериллия  ${}^4\text{Be}$ . *Ответ:* 30,2 эВ.

**297.** Электрон, движущийся со скоростью 5000 км/с, ускоряется однородным электрическим полем напряженностью 10 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в поле, чтобы длина дебройлевской волны, ассоциированной с этим электроном, стала равной 0,1 нм? *Ответ:* 7,92 см.

**298.** Определите длину волны де Бройля, ассоциированной с электроном, кинетическая энергия которого равна 1 кэВ. *Ответ:* 38,8 пм.

**299.** Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл. Определите длину волны де Бройля, ассоциированной с этим электроном. *Ответ:* 103 пм.

**300.** Параллельный монохроматический пучок волн де Бройля, ассоциированных с электронами, обладающими кинетической энергией 180 эВ, падает на поверхность монокристалла никеля под углом скольжения  $35^\circ$ . В отраженном излучении наблюдается дифракционный максимум четвертого порядка. Вычислите соответствующее значение межплоскостного расстояния монокристалла. *Ответ:* 319 пм.

**301.** Какую энергию необходимо дополнительно сообщить классическому электрону, чтобы длина волны де Бройля, ассоциированной с ним, уменьшилась от 100 до 50 пм? *Ответ:* 450 эВ.

### Задачи №№ 302–317

#### рекомендованы для учащихся 10 классов

**302.** Определите энергию, массу и импульс фотона, которому соответствует длина волны 380 нм. *Ответ:* 3,27 эВ;  $5,8 \cdot 10^{-36}$  кг;  $1,74 \cdot 10^{-27}$  кг·м/с.

**303.** Определите длину волны, массу и импульс фотона с энергией 1 МэВ. *Ответ:* 1,24 пм;  $1,78 \cdot 10^{-30}$  кг;  $5,33 \cdot 10^{-22}$  кг·м/с.

**304.** Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу релятивистского электрона, обладающего скоростью 10 Мм/с. *Ответ:* 72,6 пм.

**305.** Максимум спектра плотности потока энергии излучения лампы накаливания с металлической спиралью равен 12000 Å. Найдите число фотонов, испускаемых 200-ваттной лампочкой за 1 с. *Ответ:*  $1,2 \cdot 10^{21}$ .

**306.** Определите длину волны фотона, масса которого равна массе покоя протона. 1,32 фм.

**307.** Найдите отношения энергии фотона с длиной волны 555 нм к энергии покоя электрона и импульса этого фотона к импульсу электрона, движущегося со скоростью 1000 м/с. *Ответ:*  $4,38 \cdot 10^{-6}$  и 1,31.

**308.** При какой скорости электрона его импульс совпадает по величине с импульсом фотона, длина волны которого 0,001 нм? *Ответ:* 277 Мм/с.

**309.** При помощи индукционного ускорителя электронов (бетатрона) можно получить фотоны  $\gamma$ -излучения с энергией 100 МэВ. Какова длина волны этого излучения? *Ответ:* 12,4 фм.

**310.** Определите наименьший задерживающий потенциал, необходимый для прекращения эмиссии с сурьмяно-калиево-натриевого фотокатода, если поверхность его освещается излучением с длиной волны 0,4 мкм, а красная граница фотоэффекта для данного катода соответствует длине волны 0,67 мкм. *Ответ:* 1,25 В.

**311.** Определите длину волны ультрафиолетового излучения, падающего на поверхность некоторого металла, если максимальная скорость фотоэлектронов равна 10 Мм/с. Работой выхода электронов из металла следует пренебречь. *Ответ:* 4,37 нм.

**312.** Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла под действием  $\gamma$ -излучения с длиной волны 0,3 нм. Работой выхода электронов из металла следует пренебречь. *Ответ:* 38,0 Мм/с.

**313.** Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении его  $\gamma$ -фотонами с энергией 1,533 МэВ. Работой выхода электронов из металла следует пренебречь. *Ответ:* 290,5 Мм/с.

**314.** Максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из металла при облучении его  $\gamma$ -фотонами, равна 291 Мм/с. Определите энергию фотонов. Работой выхода электронов из металла следует пренебречь. *Ответ:* 1,59 МэВ.

**315.** Красная граница фотоэффекта для цинка соответствует длине волны 290 нм. Какая часть энергии фотона, вызывающего фотоэффект, расходуется на работу выхода, если максимальная скорость фотоэлектронов равна  $10^6$  м/с? *Ответ:* 0,6.

**316.** Произойдет ли фотоэффект, если медь облучать светом с длиной волны 400 нм? Работа выхода электрона из меди равна 4,47 эВ.

**317.** Какова должна быть длина волны света, которым облучали цезий, если для прекращения эмиссии электронов потребовалось приложить задерживающую разность потенциалов 1,75В? Работа выхода электрона из цезия равна 1,89 эВ. *Ответ:* 341 нм.

## 16. ФИЗИКА ЯДРА

### Задачи №№ 318–343 рекомендованы для учащихся 10 классов

**318.** Ядро  $Ra^{226}$  выбросило  $\alpha$ -частицу ( $\alpha$ -распад). Напишите уравнение ядерной реакции. Найдите массовое число и зарядовое число вновь образовавшегося ядра.

**319.** Ядро азота  $N^{14}$  захватило  $\alpha$ -частицу и испустило протон («протонная активность»). Напишите уравнение ядерной реакции. Определите массовое число и зарядовое число вновь образовавшегося ядра.

**320.** В ядре изотопа кремния  $Si^{27}$  один из протонов превратился в нейтрон ( $\beta^+$ -распад). Напишите уравнение ядерной реакции. Какое ядро получилось в результате такого превращения (определите массовое число и зарядовое число)? Объясните механизм  $\beta^+$ -распада.

**321.** В ядре изотопа углерода  $C^{14}$  один из нейтронов превратился в протон ( $\beta^-$ -распад). Напишите уравнение ядерной реакции. Какое ядро получилось в результате такого превращения (определите массовое число и зарядовое число)? Объясните механизм  $\beta^-$ -распада.

**322.** Ядро  $Rn^{226}$  выбросило  $\alpha$ -частицу ( $\alpha$ -распад). Напишите уравнение ядерной реакции. Найдите массовое число и зарядовое число вновь образовавшегося ядра. Укажите, какому элементу это ядро соответствует.

**323.** Ядро  $Zn^{65}$  захватило электрон из  $K$ -оболочки атома. Напишите уравнение ядерной реакции. Укажите, в ядро какого элемента превратилось ядро цинка (определите массовое число и зарядовое число) в результате  $K$ -захвата.

**324.** Вещество радиоактивного элемента после ряда превращений потеряло одну  $\alpha$ - и две  $\beta^-$ -частицы и превратилось в ядро урана  ${}_{92}U^{235}$ . Напишите уравнение ядерной реакции. Найдите массовое число и зарядовое число исходного радиоактивного элемента.

**325.** В какой элемент превращается уран  ${}_{92}U^{238}$  после трех  $\alpha$ - и двух  $\beta^+$ -превращений? Напишите уравнение ядерной реакции. Укажите массовое число и зарядовое число образовавшегося ядра.

**326.** Радиоактивный изотоп кремния  ${}_{14}\text{Si}^{27}$  распадается, превращаясь в алюминий  ${}_{13}\text{Al}^{27}$ . Напишите уравнение ядерной реакции. Какая частица при этом выбрасывается? Укажите массовое число и зарядовое число.

**327.** Найдите радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода и скорость электрона на этой орбите. *Ответ:*  $0,529 \cdot 10^{-10}\text{ м}$ ;  $2,19 \cdot 10^6\text{ м/с}$ .

**328.** Радиоактивный изотоп урана  ${}_{92}\text{U}^{238}$  после двух  $\alpha$ -распадов и двух  $\beta^-$ -распадов превращается в изотоп.

1)  ${}_{91}\text{Pa}^{234}$ ; 2)  ${}_{90}\text{Th}^{230}$ ; 3)  ${}_{92}\text{U}^{238}$ ; 4)  ${}_{88}\text{Ra}^{238}$ .

*Ответ:* 2.

**329.** Радиоактивный изотоп  ${}_{54}\text{Xe}^{112}$  после спонтанного  $\alpha$ -распада превратился в изотоп.

1)  ${}_{52}\text{Te}^{108}$ ; 2)  ${}_{50}\text{Sn}^{110}$ ; 3)  ${}_{55}\text{Cs}^{112}$ ; 4)  ${}_{54}\text{Xe}^{113}$ .

*Ответ:* 1.

**330.** Ядро изотопа урана  ${}_{92}\text{U}^{238}$  после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа урана  ${}_{92}\text{U}^{234}$ . Какие это были распады?

1) один  $\alpha$  и два  $\beta$ ; 2) один  $\alpha$  и один  $\beta$ ; 3) два  $\alpha$  и один  $\beta$ ; 4) такое превращение невозможно.

*Ответ:* 1.

**331.** Ядро изотопа  ${}_{84}\text{Po}^{216}$  образовалось после  $\alpha$ -распада из ядра.

1)  ${}_{80}\text{Hg}^{214}$ ; 2)  ${}_{84}\text{Pb}^{212}$ ; 3)  ${}_{86}\text{Rn}^{220}$ ; 4)  ${}_{86}\text{Rn}^{218}$ .

*Ответ:* 3.

**332.** Ядро  ${}_{12}\text{Mg}^{21}$  захватило электрон ( $K$ -захват) и испустило протон. В результате такой реакции образовалось ядро.

1)  ${}_{10}\text{Ne}^{21}$ ; 2)  ${}_{12}\text{Mg}^{20}$ ; 3)  ${}_{10}\text{Ne}^{20}$ ; 4)  ${}_{14}\text{Si}^{22}$ .

*Ответ:* 3.

**333.** В результате реакции ядра  ${}_{13}\text{Al}^{27}$  и  $\alpha$ -частицы  ${}_{2}\text{He}^4$  появились протон  ${}_{1}\text{H}^1$  и ядро.

1)  ${}_{14}\text{Si}^{30}$ ; 2)  ${}_{16}\text{S}^{32}$ ; 3)  ${}_{14}\text{Si}^{28}$ ; 4)  ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ .

*Ответ:* 1.

**334.** Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадется за время, равное половине периода полураспада?

1) 0,71; 2) 0,50; 3) 0,29; 4) 0,14.

*Ответ:* 3.

**335.** Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадется за время, равное двум периодам полураспада?

1) 0,25%; 2) 0,50%; 3) 75%; 4) все ядра распадутся.

Ответ: 3.

**336.** Какая доля первоначального количества ядер  $Sr^{90}$  останется через 10 и 100 лет? Период полураспада  $Sr^{90}$  равен 28,5 лет. 0,784 и 0,0879.

**337.** Определите постоянные распада  $Ra^{219}$  (период полураспада  $T_{1/2} = 0,001$  с) и  $Ra^{226}$  (период полураспада  $T_{1/2} = 1620$  лет).  $693$  с<sup>-1</sup> и  $13,6 \cdot 10^{-12}$  с<sup>-1</sup>.

**338.** Постоянная распада рубидия  $Rb^{89}$  равна  $0,00077$  с<sup>-1</sup>. Определите его период полураспада. 15 мин.

**339.** Какая часть начального количества атомов распадется за один год в радиоактивном изотопе  ${}_{90}Th^{229}$  (период полураспада  $T_{1/2} = 7000$  лет)?  $10^{-4}$ .

**340.** Какая часть начального количества атомов радиоактивного актиния  ${}_{89}Ac^{225}$  ( $T_{1/2} = 10$  сут) останется через 5 суток? 0,707.

**341.** Какая доля первоначального количества ядер  $Sr^{90}$  распадется за один день; за 15 лет? Период полураспада  $Sr^{90}$  равен 28,5 лет.  $6,66 \cdot 10^{-5}$ ; 0,306.

**342.** Торий  ${}_{90}Th^{232}$  имеет период полураспада  $1,34 \cdot 10^{10}$  лет. Вычислите постоянную распада тория.  $1,64 \cdot 10^{-18}$  с<sup>-1</sup>.

**343.** При бомбардировке урана  ${}_{92}U^{238}$  нейтронами получается радиоактивный элемент нептуний  ${}_{93}Np$ . Постоянная распада нептуния равна  $9,8 \cdot 10^{-15}$  с<sup>-1</sup>. Вычислите период полураспада нептуния.  $2,24 \cdot 10^6$  лет.

Таблица физических величин-1

Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с	Расстояние от центра Солнца до центра Земли $1,49 \cdot 10^{11}$ м
Радиус Земли $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$ м	Масса Земли $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Солнца $R_C = 6,95 \cdot 10^8$ м	Масса Солнца $M_C = 1,98 \cdot 10^{30}$ кг
Ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с <sup>2</sup>	Гравитационная постоянная $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м <sup>2</sup> /кг <sup>2</sup>
Элементарный заряд $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл	Масса покоя электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона. $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг	Масса покоя нейтрона $m_n = 1,68 \cdot 10^{-27}$ кг
Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м	Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Электрическая постоянная в законе Кулона. $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1} = 9 \cdot 10^9$ Н·м <sup>2</sup> /Кл <sup>2</sup>	
Постоянная Планка. $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с	
Атомная единица массы (а.е.м.) $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг 931,4 МэВ	
Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К	Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/ (К·моль)
Число $\pi = 3,14$	

Таблица физических величин-2

Ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$	Число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$	Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/ (К} \cdot \text{моль)}$
Нормальные условия: давление $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; температура $T_0 = 273 \text{ К}$	
Удельная теплоемкость льда $c = 2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ . Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ . Удельная теплота парообразования воды $q = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ . Удельная теплота плавления льда $q = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$	Плотность $\rho \text{ (кг/м}^3\text{)}$ : Воздуха – 1,29; Воды – 1000; Ртуты – 13600
Молярная масса $\mu \text{ (кг/моль)}$ молекулярных газов: Азота – 0,028; Водорода – 0,002; Воздуха – 0,029; Водяного пара – 0,018; Кислорода – 0,032; Углекислого газа – 0,044. Молярная масса $\mu \text{ (кг/моль)}$ атомарных газов: Гелия – 0,004; Ксенона – 0,131	



Учебное издание

Рахштадт Юрий Александрович

## **ФИЗИКА**

### **Методическое пособие по подготовке к олимпиадам школьников**

**9–11-й классы**

### **Часть I Тематический банк задач, рекомендуемых школьникам**

В авторской редакции

Компьютерная верстка *И.Г. Иваньшина*

---

Подписано в печать 01.09.16	Бумага офсетная	
Формат 60 × 90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	Печать цифровая	Уч.-изд. л. 3,5
	Тираж 100 экз.	Заказ 5190

---

Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4

Издательский Дом МИСиС,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4  
Тел. (495) 638-45-22

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС,  
119049, Москва, Ленинский пр-т, 4  
Тел. (499) 236-76-17, тел./факс (499) 236-76-35