



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «ИГУ»)

ОБЩАЯ ФИЗИКА
Контрольные задания

ИРКУТСК 2012 г.

Оглавление

Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	3
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	3
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ	9
Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗА.	
ТЕРМОДИНАМИКА. СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ.....	19
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ	24
Раздел 3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК	31
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	31
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ	36
Раздел 4. МАГНЕТИЗМ. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	46
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ.....	46
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ.....	51
Раздел 5. ОПТИКА	57
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ.....	57
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ	60
6.ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА.	66
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ	66
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ	67
Приложение 1	71
Приложение 2	72
Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах.....	72
Массы некоторых изотопов, а.е.м.	73
Библиографический список	74

Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

КИНЕМАТИКА.

Поступательное движение

1. Кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела) вдоль оси X

$$X = f(t),$$

где f – некоторая функция времени.

2. Средняя скорость: $\langle V_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$

3. Мгновенная: $V_x = \frac{dx}{dt}.$

4. Среднее ускорение: $\langle a_x \rangle = \frac{\Delta V}{\Delta t}.$

5. Мгновенное ускорение: $a_x = \frac{dV}{dt}.$

Вращательное движение

6. Кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности:

$$\varphi = f(t).$$

7. Угловая скорость: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$

8. Угловое ускорение: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$

9. Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности:

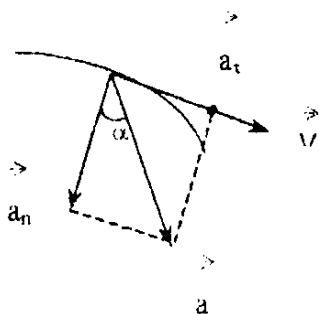
$$V = \omega R; a_r = \varepsilon R; a_n = \omega^2 R,$$

где V – линейная скорость, a_r и a_n – тангенциальное и нормальное ускорения, ω – угловая скорость, ε – угловое ускорение, R – радиус окружности.

10. Полное ускорение: $a = \sqrt{a_n^2 + a_r^2}$ или $a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$

11. Угол между полным ускорением и нормальным

$$\alpha = \arccos\left(\frac{a_n}{a}\right)$$



ДИНАМИКА

Поступательное движение

12. Импульс материальной точки массой m , движущейся поступательно со скоростью:

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

13. Второй закон Ньютона:

$$\vec{a} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \text{ или } \vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt},$$

где $\vec{F}$ – сила, действующая на тело (или результирующая нескольких сил),
 $m = \text{const.}$

14. Силы, рассматриваемые в механике:

а) сила упругости $F = -kX$,

где k – коэффициент упругости (в случае пружины коэффициент жесткости),

x – абсолютная деформация;

б) сила тяжести $\vec{P} = m\vec{g}$;

в) сила гравитационного взаимодействия $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2},$

где G – гравитационная постоянная,

m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел,

r – расстояние между ними (тела рассматриваются как материальные точки);

г) сила трения скольжения: $F = fN$,

где f – коэффициент трения,

N – сила нормального давления.

15. Закон сохранения импульса тел $\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$

или для двух тел ($n = 2$): $m_1 \vec{v}_1 + m_1 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$,

где $\vec{v}_1$ и $\vec{v}_2$ – скорости тел в момент времени, принятый за начальный,

$\vec{u}_1$ и $\vec{u}_2$ – скорости тех же тел в момент, принятый за конечный.

16. Кинетическая энергия тела, движущегося поступательно

$$W_k = \frac{mV^2}{2}.$$

17. Потенциальная энергия

а) упруго деформированный пружины: $W_n = \frac{1}{2} kx^2$,

где k – жесткость пружины, x – абсолютная деформация,

б) гравитационного взаимодействия: $W_n = G \frac{m_1 m_2}{r}$,

где G – гравитационная постоянная, m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел, рассматриваемых, как материальные точки, r – расстояние между центрами масс взаимодействующих тел;

в) тела, находящегося в однородном поле силы тяжести:

$$W_n = mgh,$$

где g – ускорение свободного падения, h – высота тела над уровнем, принятым за нулевой (формула справедлива при условии $h \ll R$, где R – радиус Земли).

18. Закон сохранения механической энергии: $W = W_n + W_k = const$

19. Работа

а) постоянной силы $A = F\lambda \cos \alpha$,

где α – угол между направлениями силы и перемещения:

б) переменной силы $A = \int_a^b F(r) \cos dr$,

где a и b – координаты начальной и конечной точек пути

20. Работа, совершаемая внешними силами, действующими на тело и изменение кинетической энергии тела связаны соотношением:

$$A = \Delta W_{\ell} = W_2 - W_1 = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2}.$$

21. Применение законов сохранения энергии и импульса к прямому центральному удару шаров:

а) скорость абсолютно неупругих шаров после удара

$$\vec{u} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}.$$

где m_1 и m_2 – массы шаров, V_1 и V_2 – скорости шаров до удара;

б) скорости абсолютно упругих шаров после удара:

$$\vec{u} = \frac{\vec{v}_1(m_1 - m_2) + 2m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}, \quad \vec{u} = \frac{\vec{v}_2(m_2 - m_1) + 2m_1 \vec{v}_1}{m_1 + m_2}.$$

Вращательное движение

22. основное уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{M}_i}{J},$$

где $\sum_{i=1}^n \vec{M}_i$ - результирующий момент внешних сил, действующих на тело,

$\vec{\varepsilon}$ - угловое ускорение, J – момент инерции тела относительно оси вращения.

23. Моменты инерции некоторых тел массы m относительно оси, проходящей через центр масс:

а) стержня длиной l относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через один из его концов:

$$J = \frac{1}{12} ml^2,$$

б) обруча (тонкостенного цилиндра) относительно оси, перпендикулярной плоскости обруча (совпадающей с осью цилиндра),

$$J = mR^2,$$

где R – радиус обруча (цилиндра),

в) диска радиусом R относительно оси, перпендикулярной плоскости диска,

$$J = \frac{1}{2} m R^2$$

24. Теорема Штейнера: Момент инерции тела J относительно произвольной оси равен сумме момента инерции этого тела J_0 относительно оси, проходящей через центр масс тела параллельно рассматриваемой оси, и произведения массы тела m на квадрат расстояния d между осями:

$$J = J_0 + md^2$$

25. Момент импульса тела, вращающегося относительно неподвижной оси:

$$\vec{K} = J\vec{\omega},$$

где $\vec{\omega}$ - угловая скорость тела

26. Закон сохранения момента импульса системы тел, вращающихся вокруг неподвижной оси:

$$J_1\omega_1 = J_2\omega_2$$

где J_1 и ω_1 – момент инерции системы тел и угловая скорость их вращения в момент времени, принятый за начальный,

а J_2 и ω_2 – момент инерции и угловая скорость системы тел в конечный момент времени.

27. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}.$$

Свойства жидкостей и газов

28. Уравнение неразрывности струи $S_1V_1 = S_2V_2$,

где S_1 и S_2 – площади поперечного сечения трубки тока в двух местах,

V_1 и V_2 – соответствующие скорости течения.

29. Уравнение Бернулли: $P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho gh = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho gh$,

где P_1 и P_2 – статические давления жидкости в двух сечениях трубки тока,

V_1 и V_2 – скорости течения жидкости в этих сечениях, ρ – плотность

жидкости, $\frac{\rho V^2}{2}$ - динамическое давление, ρgh – гидростатическое давление.

30. Скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде $V = \sqrt{2gh}$, где h – глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости в сосуде.

31. Сила сопротивления, испытываемая шариком при падении в вязкой жидкости (формула Стокса)

$$F = 6\pi\eta rV,$$

где η – коэффициент внутреннего трения жидкости, r – радиус шарика, V – его скорость.

32. Объем жидкости (газа), протекающей за время t через длинную трубку (формула Пуазейля)

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8\lambda \eta}$$

где r – радиус трубки, λ – длина трубки, ΔP – разность давлений на концах трубки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

1-1. Мяч бросили со скоростью 10 м/с под углом 40° к горизонту.

Найти:

- 1) на какую высоту поднимется мяч,
- 2) на каком расстоянии от места бросания мяч упадет на землю,
- 3) сколько времени он будет в движении.

Соппротивление воздуха не учитывать.

1-2. Камень, брошенный горизонтально, упал на землю через $0,5$ секунды на расстоянии 5 м по горизонтали от места бросания.

Найти:

- 1) с какой высоты был брошен камень,
- 2) с какой начальной скоростью он был брошен,
- 3) с какой скоростью он упал на землю,
- 4) какой угол составляет траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю. Соппротивление воздуха не учитывать.

1-3. Камень брошен горизонтально со скоростью 15 м/с . Найти нормальное и тангенциальное ускорения камня через 1 секунду после начала движения. Соппротивление воздуха не учитывать.

1-4. Движение двух материальных точек выражается уравнениями:

$$x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2 \text{ и } x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2, \text{ где } A_1 = 10 \text{ м}, B_1 = 20 \text{ м/с}, C_1 = -4 \text{ м/с}^2 \\ \text{и } A_2 = 2 \text{ м}, B_2 = 2 \text{ м/с}, C_2 = 0,5 \text{ м/с}.$$

В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми?

Чему равны скорости и ускорения в этот момент?

1-5. Найти угловую скорость суточного вращения Земли и линейную скорость вращения точек земной поверхности на широте Иркутска ($\varphi = 60^\circ$). Радиус Земли 6400 км . С какой линейной скоростью будет двигаться искусственный спутник Земли, вращающийся по круговой орбите с периодом обращения 88 мин. , если известно, что его орбита расположена на расстоянии 200 км от поверхности Земли?

- 1-6. Камень падает в колодец. Через промежуток времени 5 секунд был услышан стук камня о дно колодца. Определить глубину колодца, если скорость звука 330 м/с .
- 1-7. Вал вращается с постоянной скоростью, соответствующей частоте 180 об/мин . С некоторого момента вал тормозится и вращается равнозамедленно с угловым ускорением, равным 3 рад/с^2 . Найти:
- 1) через сколько времени вал остановится,
 - 2) сколько оборотов он сделает до остановки.
- 1-8. Точка движется по окружности длиной 157 см с линейной скоростью 10 м/с . Полное ускорение точки $0,05 \text{ м/с}^2$. Найти угол между векторами полного и тангенциального ускорений. Чему равно ее тангенциальное ускорение?
- 1-9. С аэростата, находящегося на высоте 300 м , упал камень. Через сколько времени камень достигнет земли, если:
- 1) аэростат поднимается со скоростью 5 м/с ,
 - 2) аэростат опускается со скоростью 5 м/с ,
 - 3) аэростат неподвижен.
- Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 1-10. Колесо радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением:
- $$\varphi = A + Bt + Ct^3, \text{ где } A = 4 \text{ рад}, B = 2 \text{ рад/с} \text{ и } C = -1 \text{ рад/с}^3.$$
- Найти для точек на ободе колеса зависимость от времени:
- 1) угловой скорости, 2) линейной скорости, 3) углового ускорения, 4) тангенциального ускорения, 5) нормального ускорения.
- 1-11. С какой частотой надо вращать карусель, чтобы лодочки, подвешенные на тросах длиной 5 м , составили с горизонтальной плоскостью угол $\varphi = 30^\circ$? Радиус круга 5 м .

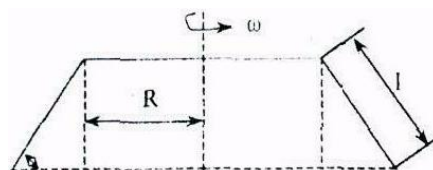


Рис. 1.

- 1-12. Материальная точка массой 2 кг движется под действием некоторой силы согласно уравнению $X = A + Bt + C t^2 + D t^3$, где $C = 1\text{ м/с}^2$, $D = -0,2\text{ м/с}^3$. Найти значение этой силы в момент времени равный 2 с и 5 с . В какой момент времени сила равна нулю?
- 1-13. Деревянный брусок массой 350 г , находящийся на горизонтальной плоскости, привязан к нити, которая перекинута через блок (трение в блоке отсутствует). Другим концом нить прикреплена к грузу массой 265 г . Коэффициент трения между бруском и плоскостью $0,45$. Определить ускорение системы и натяжение нити.
- 1-14. Хоккейная шайба, имея начальную скорость 5 м/с , прошла до удара о борт площадки 10 м . Удар шайбы о борт абсолютно упругий. Определить, какой путь пройдет шайба после удара. Коэффициент трения скольжения шайбы по льду равен $0,1$. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 1-15. Шарик массой $0,2\text{ кг}$, привязанный к закрепленной одним концом нити длиной 3 м , описывает в горизонтальной плоскости окружность радиуса 1 м . Найти: 1) число оборотов шарика в минуту, 2) натяжение нити.
- 1-16. Камень массой $0,5\text{ кг}$, привязанный к веревке длиной 50 см , равномерно вращается в вертикальной плоскости. Натяжение веревки в нижней точке окружности равно 44 Н . На какую высоту поднимется камень, если веревка оборвется в тот момент, когда скорость направлена вверх?
- 1-17. К концам нити, перекинутой через блок, прикреплены грузы массой 3 кг и 1 кг . Первоначально грузы находятся на одном уровне. Определить: 1) на какое расстояние по вертикали разойдутся грузы через $0,2\text{ с}$ после начала движения, 2) силу натяжения нити.
- 1-18. Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 45° . Пройдя расстояние $36,4\text{ см}$, тело приобретает скорость 2 м/с . Чему равен коэффициент трения тела о плоскость?

- 1-19. Грузик, привязанный к нити длиной 1м, описывает окружность в горизонтальной плоскости, причем нить отклонена от вертикали на угол 60° . Определить период обращения грузика.
- 1-20. Груз массой 1кг, висящий на нити, отклоняют на угол 30° . Найти натяжение нити в момент прохождения грузом положения равновесия.
- 1-21. Тело массой 1кг под действием постоянной силы движения согласно уравнению $X = At^2 + Bt + C$, где $A = 2\text{м/с}^2$, $B = 4\text{м/с}$, $C = 1\text{м}$.
Определить:
1) работу силы за 10с с начала ее действия; 2) зависимость кинетической энергии от времени и координаты X .
- 1-22. Тело массой 3кг движется со скоростью 4м/с и ударяется о неподвижно тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, найти количество тепла, выделившегося при ударе.
- 1-23. Тело массой в 5кг ударяется о неподвижное тело массой 2,5кг. Кинетическая энергия системы этих двух тел непосредственно после удара стала равна 5Дж. Считая удар центральным и неупругим, найти кинетическую энергию первого тела до удара.
- 1-24. Два груза массой 10кг и 15кг подвешены на нитях длиной 2м так, что соприкасаются между собой. Меньший груз отклонен на угол 60° и опущен. На какую высоту поднимутся оба груза после удара? Удар грузов считать неупругим. Какое количество теплоты при этом выделяется?
- 1-25. Два неупругих шарика массой 2кг и 3кг двигаются со скоростью 8 м/с и 4м/с соответственно. Найти работу деформации шаров в двух случаях:
1) меньший шар нагоняет больший, 2) шары двигаются навстречу друг другу.
- 1-26. Ядро атома распадается на два осколка массами $1,6 \cdot 10^{-25}\text{кг}$ и $2,4 \cdot 10^{-25}\text{кг}$. Определить кинетическую энергию второго осколка, если энергия первого осколка $18 \cdot 10^{-9}\text{Дж}$.

- 1-27. Гири́ массой 1 кг падает вертикально вниз с высоты 2 м со скоростью 1 м/с на пружину. Как изменится длина пружины, если коэффициент упругости равен $2,94 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$. Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 1-28. Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Массы шаров $0,2\text{ кг}$ и $0,1\text{ кг}$. Первый шар отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту $4,5\text{ см}$, и отпускают? На какую высоту поднимутся шары после соударения, если удар неупругий?
- 1-29. Два шара подвешены на параллельных нитях одинаковой длины так, что они соприкасаются. Массы шаров $0,2\text{ кг}$ и $0,1\text{ кг}$. Первый шар отклоняют так, что его центр тяжести поднимается на высоту $4,5\text{ см}$, и отпускают? На какую высоту поднимутся шары после соударения, если удар неупругий?
- 1-30. Стальной шарик массой 20 г , падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 81 см . Найти: 1) импульс силы, полученный плитой за время удара; 2) количество тепла, выделившегося при ударе.
- 1-31. Спутник массой 267 кг движется вокруг Земли со средней кинетической энергией $6,67 \cdot 10^9 \text{ Дж}$. Средняя высота полета составляет, 1600 км . Определить массу Земли.
- 1-32. Первый в мире летчик-космонавт Ю. А. Гагарин на корабле спутнике «Восток-1» двигался вокруг Земли по орбите, среднее расстояние которой от поверхности Земли 251 км . Считая орбиту круговой, определить скорость корабля на орбите и период обращения его вокруг Земли.
- 1-33. Подсчитать ускорение свободно падающих тел на поверхности Солнца, если известны: радиус земной орбиты $1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$, радиус Солнца $7 \cdot 10^5 \text{ км}$ и время обращения Земли вокруг Солнца 1 год.
- 1-34. Десятитонный космический корабль дальнего назначения движется к периферии Солнечной системы. С него запущен небольшой экспериментальный спутник, обращающийся вокруг корабля на

расстоянии 120 м под действием их взаимного гравитационного притяжения. Найти: 1) период обращения спутника; 2) скорость спутника?

- 1-35. На каком расстоянии от центра Земли находится точка, в которой напряженность суммарного гравитационного поля Земли и Луны равны нулю? Принять во внимание, что масса Земли в 81 раз больше массы Луны и что расстояние от центра Земли до центра Луны равно 60 радиусам Земли.
- 1-36. На Землю с очень большого расстояния падает метеорит массой $1,4\text{ т}$. Найти скорость и кинетическую энергию метеорита на расстоянии 1000 км от поверхности Земли.
- 1-37. Радиус Луны равен $0,27$ радиуса Земли. Средняя плотность Луны равна $0,6$ средней плотности Земли. Зная ускорение свободного падения на поверхности Земли, определить по этим данным ускорение свободного падения на поверхности Луны.
- 1-38. Масса Луны составляет $1,2\%$ от массы Земли. Расстояние от Земли до Луны 384000 км . Определить положение центра массы системы Земля-Луна.
- 1-39. Расстояние от Солнца до Земли в 390 раз больше расстояния от Луны до Земли. Луна совершает 13 обращений вокруг Земли в течение 1 года. Считая орбиту Земли и Луны приблизительно круговыми, определить отношение масс Земли и Солнца.
- 1-40. Из бесконечности на поверхность Земли падает метеорит массой 30 кг . Какая работа при этом будет совершена силами тяготения Земли?
- 1-41. Маховик насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой $0,8\text{ кг}$. Опускаясь равноускоренно, груз прошел 160 см за 2 с . Радиус маховика 20 см определить момент инерции маховика.
- 1-42. Шарик массой 100 г , привязанный к концу нити длиной 1 м , опираясь на горизонтальную плоскость, вращается с частотой 1 об/с . Нить

укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния 0,5м. С Какой частотой будет вращаться при этом шарик? Какую работу совершит внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.

- 1-43. Маховое колесо, имеющее момент инерции $245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ вращается, делая 20 об/с . Через минуту после того, как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось. Найти: 1) момент силы трения; 2) число оборотов колеса до его полной остановки после прекращения действия сил.
- 1-44. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью 10 м/с . Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент сопротивления движению диска равен 0,02.
- 1-45. Маховик, имеющий вид диска массой 100 кг и радиусом $0,5 \text{ м}$, вращался, делая 6 об/с . На цилиндрическую поверхность маховика, касательно к ней, начала действовать тормозящая сила, равная 20 Н . Сколько оборотов сделает маховик до остановки?
- 1-46. Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид:
$$\varphi = A + Bt^2 + Ct^3, \text{ где } A = 5 \text{ рад}, B = 4 \text{ рад/с}^2 \text{ и } C = -1 \text{ рад/с}^3.$$

1) По какому закону меняется момент сил, действующих на шар; 2) какова величина момента сил в момент времени, равный 2 с .
- 1-47. По ободу шкива, насаженного на общую ось с маховым колесом намотана нить, к концу которой подвешен груз в 1 кг . На какое расстояние должен опуститься груз, чтобы колесо со шкивом получило скорость 60 об/мин ? Момент инерции колеса со шкивом $0,42 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, радиус шкива 10 см .
- 1-48. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом 2 м , стоит человек. Масса платформы 200 кг , масса человека 80 кг . Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой

угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью 2 м/с относительно платформы.

1-49 Платформа в виде диска радиусом 1 м вращается по инерции с частотой 6 об/мин . На краю платформы стоит человек, масса которого 80 кг . С какой частотой будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции платформы $120\text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

1-50. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и обойдя его, вернется к исходную точку? Масса платформы 240 кг , масса человека 60 кг . Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

1-51. Высота уровня воды в сосуде до центра тяжести отверстия $h = 40\text{ см}$, а поперечное сечение отверстия $S = 3\text{ см}^2$ (рис.2), Какова скорость и расход воды, вытекающей из отверстия сосуда при установившемся потоке?

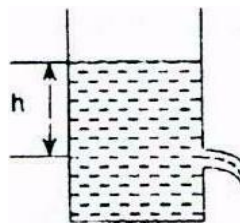


Рис. 2.

1-52. На какую высоту поднимается вода в трубке, впаянной в узкую часть горизонтальной трубы диаметром $d = 2\text{ см}$, если в широкой части трубы диаметром $D = 6\text{ см}$ скорость течения воды 30 см/с (рис. 3)?

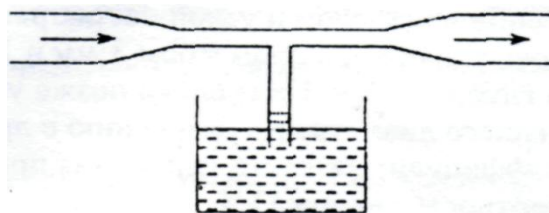


Рис. 3.

- 1-53. Определить скорость течения реки или ручья можно следующим образом: сначала опускают в воду в вертикальном положении прямую стеклянную трубку и отмечают положение уровня воды в ней относительно поверхности воды, Затем в то же место опускают изогнутую под прямым углом трубку отверстием навстречу течению и отмечают уровень воды в ней (рис. 4). Определить скорость течения реки, если $h_1 = 0,5 \text{ см}$ и $h_2 = 5,4 \text{ см}$.

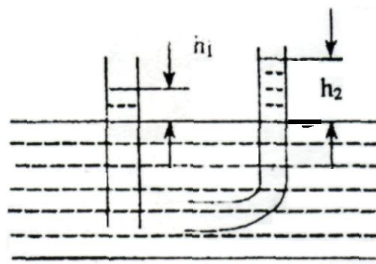


Рис. 4.

- 1-54. Используя закон Стокса, определить, в течение какого времени в комнате высотой 3м полностью выпадет пыль. Частицы пыли считать шарообразными радиусом 1мм с плотностью вещества $2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Для воздуха плотность и коэффициент внутреннего трения соответственно равны $1,29 \text{ кг/м}^3$ и $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м} \cdot \text{с}$.
- 1-55. В боковую поверхность сосуда вставлен горизонтальный капилляр, внутренний радиус которого 1мм и длина 1,5см. В сосуд налит глицерин, динамическая вязкость которого, в условиях опыта, равна $1,0 \text{ Нс/м}^2$. Уровень глицерина в сосуде поддерживается постоянным на высоте 0,18м выше капилляра. Сколько времени потребуется на то, чтобы из капилляра вытекло 5 см^3 глицерина? Плотность глицерина 1200 кг/м^3 .
- 1-56. В широкой части горизонтальной трубы вода течет со скоростью 50 см/с . Определить скорость течения воды в узкой части трубы, если разность давлений в широкой и узкой частях равна $1,33 \text{ кПа}$.
- 1-57. Смесь свинцовых дробинок диаметром 3мм и 1мм опустили в бак с глицерином глубиной 1м. На сколько позже упадут на дно дробины

меньшего диаметра по сравнению с дробинками большого диаметра?
Коэффициент вязкости глицерина при температуре опыта $1,47 \text{ кг/м}\cdot\text{с}$.
Плотность свинца $11,3 \text{ г/см}^3$.

- 1-58. Пробковый шарик радиусом в 5 мм всплывает в сосуде, наполненном трансформаторным маслом. Плотность масла 870 кг/м^3 , плотность пробки 270 кг/м^3 . Чему равна динамическая вязкость трансформаторного масла в условиях опыта, если шарик всплывает с постоянной скоростью $3,5 \text{ см/с}$?
- 1-59. Скорость течения воды в некотором сечении горизонтальной трубы 5 см/с . Найти скорость течения в той части трубы, которая имеет вдвое меньший диаметр и вдвое меньшую площадь поперечного сечения.
- 1-60. Ствол гидромонитора имеет выходной диаметр $d = 2 \text{ см}$, диаметр сечения в плоскости A равен $D = 8 \text{ см}$. Скорость струи на выходе из гидромонитора 25 м/с (рис. 5). Пренебрегая сопротивлением, определить силу крепления ствола в сечении A .

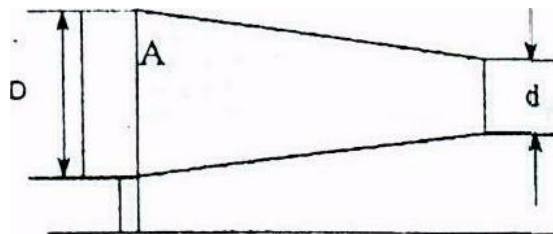


Рис. 5.

**Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗА.
ТЕРМОДИНАМИКА. СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ
ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ**

Молекулярно-кинетическая теория газа.

1. Количество вещества однородного газа (в молях)

$$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ или } U = \frac{m}{\mu},$$

где N – число молекул газа, N_A – число Авагадро, m – масса газа, μ – молярная масса газа.

2. Уравнение Клапейрона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа)

$$PV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT,$$

где m – масса газа, μ – молярная масса газа, $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$

универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура.

3. Закон Дальтона, определяющий давление смеси газов

$$P = \sum_{i=1}^n P_i,$$

где P_i – парциальные давления компонент смеси, n – число компонентов смеси.

4. Основные уравнения кинетической теории газов

$$P = \frac{2}{3} n_0 \langle W_n \rangle,$$

где $\langle W_n \rangle$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения

молекулы, $n_0 = \frac{N}{V}$ – концентрация молекул.

5. Средняя полная кинетическая энергия молекулы

$$\langle W_i \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

где i – число степеней свободы молекулы,

$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – постоянная Больцмана.

6. Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры

$$P = n_0 kT.$$

7. Барометрическая формула, выражающая зависимость давления идеального газа от высоты h над поверхностью Земли

$$P = P_0 \lambda^{\frac{\mu g h}{RT}}$$

где P_0 – давление газа на высоте $h = 0$, T – абсолютная температура воздуха,

$e = 2,72$ – натуральное число.

8. Скорости молекул:

средняя квадратичная $\langle V_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}},$

средняя арифметическая $\langle V \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$

наиболее вероятная $\langle V_{\text{в}} \rangle = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$

где m_0 – масса одной молекулы.

9. Среднее число соударений, испытываемых одной молекулой газа в единицу времени,

$$\langle Z \rangle = \sqrt{2\pi d^2 n_0} \langle V \rangle,$$

где d – эффективный диаметр молекул, n_0 – концентрация молекул,

$\langle V \rangle$ – средняя арифметическая скорость молекул.

10. Средняя длина свободного пробега $\langle I \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi d^2 n_0}}.$

11. Масса ΔM газа, перенесенная в результате диффузии через площадку S

за время Δt , выражается формулой $\Delta M = -D \left(\frac{\Delta p}{\Delta x} \right) S \Delta t,$

где $\frac{\Delta p}{\Delta x}$ – градиент плотности в направлении, перпендикулярном к

площадке S , $D = \frac{1}{3} \langle V \rangle \langle I \rangle$ – коэффициент диффузии, Δt – время.

12. Сила F внутреннего трения, действующая между слоями газа, выражается формулой

$$F = \mu \left(\frac{\Delta V}{\Delta z} \right) S,$$

где $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$ - градиент скорости течения газа в направлении, перпендикулярном к площадке S ;

$\mu = \frac{1}{3} p \langle V \rangle \langle I \rangle$ - коэффициент внутреннего трения (динамическая вязкость).

13. Количество теплоты ΔQ , перенесенное газом в результате теплопроводности через площадку S за время Δt , выражается формулой

$$\Delta Q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta X} S \Delta t,$$

где $\frac{\Delta T}{\Delta X}$ - градиент температуры в направлении, перпендикулярном к площадке S ; $\lambda = \frac{C_v}{3} p \langle V \rangle \langle I \rangle$ - коэффициент теплопроводности, где C_v - удельная теплоемкость газа.

Термодинамика.

14. Молярные теплоемкости газа при постоянном объеме (C_v) и при постоянном давлении (C_p) равны:

$$C_v = \frac{iR}{2}; \quad C_p = \frac{(i+2)R}{2},$$

где $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{КмольК}}$.

15. Связь между удельной (c) и молярной теплоемкостями (C)

$$c = \frac{C}{\mu}.$$

16. Уравнение Роберта Майера $C_p - C_v = R$.

17. Внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{\mu} C_v T$.

18. Первое начало термодинамики $\delta Q = dU + p dV$,

где δQ - теплота, сообщенная системе (газу); dU - изменение внутренней энергии системы; $p dV$ - работа, совершенная системой против внешних сил.

19. Работа расширения газа равна:

а) в общем случае $A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$

б) при изобарическом процессе $A = p(V_2 - V_1)$

в) при изотермическом процессе $A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2},$

г) при адиабатическом процессе

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{\mu} C_v \Delta T \text{ или } A = \frac{RT}{\gamma - 1} \frac{m}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ - показатель адиабаты.

20. Уравнение Пуассона, связывающее параметры идеального газа при адиабатическом процессе $PV^\gamma = \text{const}.$

21. Относительная влажность воздуха:

$$B = \frac{\rho_n}{\rho_{nn}} \cdot 100\% \text{ или } B = \frac{m_n}{m_{nn}} \cdot 100\% \text{ или } B = \frac{P_n}{P_{nn}} \cdot 100\%,$$

где ρ_n, m_n, p_n - плотность, масса и давление водяного пара при данной температуре; $\rho_{nn}, m_{nn}, p_{nn}$ - плотность, масса и давление насыщенного пара при данной температуре.

22. Коэффициент поверхностного натяжения:

$$\sigma = \frac{F}{\lambda} \text{ или } \sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S},$$

где F - сила поверхностного натяжения, действующая на контур λ , ограничивающий поверхность жидкости; ΔE - изменение свободной энергии поверхностной пленки жидкости, связанное с изменением площади ΔS поверхности этой пленки.

23. Формула Лапласа, выражающая давление p , создаваемое сферической поверхностью жидкости,

$$p = \pm \frac{2\sigma}{R},$$

где R - радиус сферической поверхности.

24. Высота подъема жидкости в капиллярной трубке:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g R},$$

где θ - краевой угол, R - радиус канала трубки, ρ - плотность жидкости, g - ускорение свободного падения.

25. Высота подъема жидкости между двумя близкими и параллельными друг другу плоскостями:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g d},$$

где d – расстояние между плоскостями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

- 2-1. Двухатомный газ заключен в сосуд объёмом 2л и находится под давлением в $1,5 \cdot 10^5$ Па. Чему равна энергия теплового движения, молекул этого газа?
- 2-2. Чему равна энергия теплового движения 20г кислорода при температуре 10°C ? Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения и какая часть на долю вращательного?
- 2-3. В баллоне объёмом 30л находится кислород при давлении $7,27 \cdot 10^6$ Па и температуре -9°C . Часть газа из баллона выпустили, причём через некоторое время температура газа в баллоне повысилась до 17°C , а давление упало до $2,93 \cdot 10^6$ Па. Какое количество кислорода было выпущено?
- 2-4. В баллоне объёмом 3л содержится кислород массой 10г. Определить концентрацию молекул газа.
- 2-5. Сколько молекул газа и сколько молей содержится в баллоне ёмкостью 30л при температуре 300 К и давлении 5 МПа?
- 2-6. Найти кинетическую энергию поступательного движения молекул водяного пара при температуре 300 К. Найти полную кинетическую энергию этой молекулы, а также кинетическую энергию всех молекул в двух киломолях пара.
- 2-7. В баллоне ёмкостью 10л находится газ при температуре 27°C . Вследствие утечки газа давление снизилось на 4,2 кПа. Какое количество молекул вышло из баллона, если температура сохранилась неизменной?
- 2-8. Определить кинетическую энергию, приходящуюся в среднем на одну степень свободы молекулы кислорода, при температуре 1000К, а также кинетическую энергию поступательного и вращательного движения и полную кинетическую энергию молекулы.
- 2-9. Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул кислорода больше средней квадратичной скорости пылинки массой 10^{-8} г, находящейся среди молекул кислорода?

- 2-10. Найти массу и объём, занимаемый азотом, находящимся при температуре 300K и под давлением 10^5 Н/м^2 , если полный запас кинетической энергии поступательного движения его молекул равен $6,3 \text{ Дж}$. Определить также число молекул газа.
- 2-11. Считая, что температура воздуха и ускорение свободного падения не зависят от высоты, определить, на какой высоте плотность воздуха уменьшится в e раз по сравнению с плотностью воздуха на уровне моря (e - основание натуральных логарифмов). Температура воздуха $T=300\text{K}$.
- 2-12. Пассажирский самолет совершает полеты на высоте 8300м . Чтобы не снабжать пассажиров кислородными масками, в кабинах при помощи компрессора поддерживается постоянное давление, соответствующее высоте 2700м . Найти разность давлений внутри и снаружи кабины. Среднюю температуру наружного воздуха считать равной 0°C . Давление у поверхности Земли 100 кПа .
- 2-13. Считая, что воздух поверхности Земли находится при нормальных условиях, определить отношение давления воздуха на высоте 2км к давлению на дне шахты глубиной 2км . Считать, что температура воздуха от высоты не зависит.
- 2-14. Сколько весит 1м^3 воздуха: 1) у поверхности Земли; 2) на высоте 4км от поверхности Земли? Температуру воздуха считать постоянной и равной 0°C . Давление воздуха у поверхности Земли равно 10^5 Н/м^2 .
- 2-15. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление 90 кПа . На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал давление 100кПа ? Считать, что температура воздуха равна 290 K и не изменяется с высотой.
- 2-16. На какой высоте над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на поверхности? Считать, что температура воздуха равна 290 K и не изменяется с высотой.
- 2-17. Высотная космическая станция расположена на горе Алагез в Армении на высоте 3250м . Найти давление воздуха на этой высоте.

Температуру воздуха считать постоянной и равной 5°C . Молярную массу воздуха принять равной 29 кг/кмоль . Давление воздуха на уровне моря равно 100 кПа .

- 2-18. На сколько изменится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м ?. Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
- 2-19. Воздушный шар для метеорологических наблюдений перед запуском имеет объем $0,04 \text{ м}^3$. Определить, объем шара на высоте 3000 м над местом запуска. Среднюю температура воздуха считать равной 7°C .
- 2-20. Определить силу, действующую на стенку герметической кабины площадью 10 м^2 на высоте 7000 м , если внутри кабины поддерживается давление 10^5 н/м^2 , равное атмосферному давлению у Земли. Температуру принять равной -5°C .
- 2-21. Акватория Азовского моря составляет $3,8 \cdot 10^4 \text{ км}^2$. Найти, во сколько раз мощность теплового потока, передаваемого водой в атмосферу, превышает мощность электростанции в 10^9 Вт , если море покрыто слоем льда толщиной 20 см , а температура на нижней и верхней поверхностях льда 0° и 15°C . Коэффициент теплопроводности льда $2,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.
- 2-22. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях $1,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Определить коэффициенты диффузии, внутреннего трения и теплопроводности. Средний эффективный диаметр молекулы гелия $2,0 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.
- 2-23. Баллон емкостью 10 л содержит 1 г водорода. Определить: а) среднюю длину свободного пробега молекул; б) отношение средней глубины свободного пробега к эффективному диаметру молекул. Средний эффективный диаметр молекулы водорода $2,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.
- 2-24. Как изменится коэффициент внутреннего трения двухатомного газа, состояние которого далеко от вакуума, при уменьшении объема в два раза, если процесс перехода был: а) изотермическим, б) изобарическим?

- 2-25. Определить плотность водорода, если длина свободного пробега его молекул равна $0,1\text{ см}$, а диаметр молекулы равен $2,3 \cdot 10^{-8}\text{ см}$.
- 2-26. Найти среднюю длину свободного пробега атомов гелия при температуре 0°C и давлении $1,01 \cdot 10^5\text{ Па}$, если при этих условиях коэффициент внутреннего трения равен $1,3 \cdot 10^{-5}\text{ (Н}\cdot\text{с)/м}^2$.
- 2-27. Найти коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если коэффициент диффузии, для него при этих условиях равен $1,42 \cdot 10^5\text{ м}^2/\text{с}$.
- 2-28. При температуре 0°C средняя длина свободного пробега молекул кислорода равна $9,5 \cdot 10^{-6}\text{ см}$. Каково число столкновений молекул в 1 с при той же температуре, но при давлении, уменьшенном в 10 раз. Средний эффективный диаметр молекулы кислорода $2,7 \cdot 10^{-10}\text{ м}$.
- 2-29. Азот находится при давлении 10^5 Па и температуре 10°C . Определить коэффициенты диффузии, внутреннего трения и теплопроводности. Эффективный диаметр молекулы азота $3,6 \cdot 10^{-10}\text{ м}$.
- 2-30. Определить плотность водорода, если средняя длина свободного пробега молекул 1 см . Средний эффективный диаметр молекулы $2,2 \cdot 10^{-10}\text{ м}$. Найти отношение найденной плотности к плотности водорода при нормальных условиях.
- 2-31. При адиабатическом сжатии давление воздуха было увеличено от $5 \cdot 10^4\text{ Па}$ до $5 \cdot 10^5\text{ Па}$. Затем при неизменном объёме температура воздуха была снижена до первоначальной. Определить давление газа в конце процесса.
- 2-32. Кислород массой 250 г , имевший температуру 200 К , был адиабатически сжат. При этом была совершена работа $25 \cdot 10^3\text{ Дж}$. Определить конечную температуру газа.
- 2-33. При адиабатическом сжатии газа его объём уменьшился в 10 раз, а давление увеличилось в 21,4 раза. Определить отношение C_p/C_v теплоемкостей газа,
- 2-34. 1 м^3 водорода при 0°C находится в цилиндрическом сосуде, закрытом сверху легко скользящим невесомым поршнем. Атмосферное

давление $96,5 \text{ кПа}$. Какое количество тепла потребуется на нагревание водорода до 300°C ?

- 2-35. Азот массой $0,1 \text{ кг}$ изобарически нагревается от температуры 200 К до температуры 400 К . Определить совершенную газом работу, полученную им теплоту и изменение внутренней энергии газа.
- 2-36. Найти изменение внутренней энергии одного моля идеального одноатомного газа, изобарически расширившегося от объёма 10 л до 20 л при давлении 505 кПа .
- 2-37. Расширяясь, водород совершил работу 6 кДж . Определить количество теплоты, подведенное к газу, если процесс протекал: 1) изобарически; 2) изотермически.
- 2-38. Кислород массой 200 г занимает объём 100 л и находится под давлением 200 кПа . При нагревании газ расширяется при постоянном давлении до объёма 300 л , а затем его давление возрастает до 500 кПа при неизменном объёме. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и теплоту, переданную газу. Построить график процесса.
- 2-39. На сколько изменится внутренняя энергия при адиабатическом нагревании 200 г кислорода от 20°C до 120°C ?
- 2-40. Объём водорода при изотермическом нагревании увеличился в 3 раза. Определить работу, совершенную газом, и теплоту, полученную при этом. Масса водорода 200 г . Температура 27°C .
- 2-41.*) Давление насыщенного водяного пара при 36°C равно $5,93 \text{ кПа}$. Сколько весит при этой температуре 1 м^3 влажного воздуха при относительной влажности 80% и давлении 101 кПа ?
- 2-42. *) Сколько молекул водяного пара содержится в комнате объёмом 100 м^3 при нормальных условиях и относительной влажности 20% ?
- 2-43. *) Относительная влажность воздуха в комнате 63% , а температура 18°C . На сколько градусов должна понизиться температура воздуха на улице, чтобы оконные стекла в комнате запотели?
- 2-44. *) В 6 м воздуха содержится $51,3 \text{ г}$ водяного пара. Температура

воздуха 19°C . Определить абсолютную и относительную влажность.

- 2-45. *) В каком случае будет сильнее ощущаться сырость в воздухе с содержанием пара 15 г/м^3 при температуре 30°C или в воздухе с содержанием пара 4 г/м^3 при температуре 2°C ?
- 2-46. *) Каким образом и на сколько должна измениться температура воздуха при постоянном атмосферном давлении, чтобы в нем образовался туман, если при температуре 25°C относительная влажность воздуха 60%?
- 2-47. *) После понижения температуры от 27°C до 10°C оказалось, что из каждого кубического метра воздуха выделилось 8г воды. Какова была относительная влажность воздуха при 27°C ?
- 2-48. *) Какова масса водяных паров в 1м воздуха в летний день при температуре 30°C и относительной влажности 75%?
- 2-49. *) Днем при 20°C относительная влажность воздуха была 60%. Сколько воды в виде росы выделится из каждого кубического метра воздуха, если температура ночью понизилась до 8°C ?
- 2-50. *) Конденсация влаги из воздуха, имеющего температуру 20°C , началась при понижении температуры до 11°C . Найти относительную влажность воздуха.
- 2-51. Чему равно добавочное давление внутри мыльного пузыря с диаметром 0,8см, если коэффициент поверхностного натяжения мыльной воды $4 \cdot 10^{-2}\text{ Н/м}$?
- 2-52. В стеклянную трубку с внутренним диаметром 2см вставлена стеклянная палочка диаметром 1,8см, так, что просвет в канале везде одинаков. Нижний конец трубки с палочкой поместили в сосуд с водой. Определить высоту поднятия воды в канале. Коэффициент поверхностного натяжения воды $7,3 \cdot 10^{-2}\text{ Н/м}$.
- 2-53. На какую высоту поднимается вода между двумя вертикальными стеклянными пластинками, частично погруженными в эту жидкость, если расстояние между ними 0,5мм? Для воды коэффициент поверхностного натяжения $7,3 \cdot 10^{-2}\text{ Н/м}$. Краевой угол в этом случае

можно считать равным нулю.

- 2-54. Какую энергию нужно затратить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 12 см? Каково будет добавочное давление внутри этого пузыря? Коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки $4 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$.
- 2-55. Для определения коэффициента поверхностного натяжения воды взвешивают капли, отрывающиеся от капилляра, и измеряют диаметр шейки капли в момент отрыва. Оказалось, что масса 318 капель воды равна 5 г, а диаметр - 0,7 мм. Найти коэффициент поверхностного натяжения воды.
- 2-56. В воду на малую глубину погружен конец вертикально расположенной трубки с внутренним диаметром 2 мм. Какова масса вошедшей в трубку воды, если коэффициент поверхностного натяжения воды $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$? Смачивание считать полным.
- 2-57. Из капиллярной трубки с диаметром 1 мм каплями вытекает анилин. Определить коэффициент поверхностного натяжения анилина, если известно, что масса 100 капель равна 1,38 г. Считать диаметр шейки капли в момент отрыва равным диаметру канала трубки.
- 2-58. На сколько уменьшится потенциальная энергия поверхностной плёнки при слиянии двух капель воды радиусом 1 мм каждая в одну каплю? Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$.
- 2-59. Найти коэффициент поверхностного натяжения жидкости, если в капилляре с диаметром 1 мм она поднимается на высоту 32,6 мм. Плотность жидкости 1 г/см^3 . Краевой угол мениска равен нулю.
- 2-60. Трубка имеет диаметр 0,2 см. На нижнем конце трубки повисла капля воды, имеющая вид шарика. Найти диаметр этой капли. Коэффициент поверхностного натяжения воды $7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$, плотность воды 1 г/см^3 .

* При решении задач 2.41 - 2.50 использовать таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Раздел 3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Электростатика.

1. Закон Кулона:

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

где F – сила взаимодействия точечных зарядов Q_1 и Q_2 ,

r – расстояние между зарядами; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная.

2. Напряженность электрического поля и потенциал:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \quad \varphi = \frac{W_n}{Q},$$

где W_n – потенциальная энергия точечного положительного заряда q , находящегося в данной точке поля (при условии, что потенциальная энергия заряда, удаленного в бесконечность, равна нулю).

3. Сила, действующая на точечный заряд, находящийся в электрическом поле, и потенциальная энергия этого заряда:

$$\vec{F} = Q\vec{E}; \quad W_n = Q\varphi.$$

4. Напряженность и потенциал поля, создаваемого системой точечных зарядов (принцип суперпозиции электрических полей):

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i; \quad \varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i,$$

где $\vec{E}_i$, φ_i – напряженность и потенциал в данной точке поля, создаваемого i -м зарядом.

5. Напряженность и потенциал поля, создаваемого точечным зарядом:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

где r – расстояние от заряда Q до точки, в которой определяется напряженность и потенциал поля.

6. Напряженность и потенциал поля, создаваемого проводящей сферой радиуса R на расстоянии r от центра сферы:

а) если $r < R$, то $E = 0$; $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$;

б) если $r = R$, то $E = E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$, $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

в) если $r > R$, то $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$

где Q – заряд сферы.

7. Линейная плотность заряда (заряд, приходящийся на единицу длины заряженной нити): $\tau = \frac{Q}{\lambda}$

8. Поверхностная плотность заряда (заряд, приходящийся на единицу площади поверхности заряженного тела): $\sigma = \frac{Q}{S}$

9. Напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной линией или бесконечно длинным цилиндром:

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r},$$

где r – расстояние от нити или от оси цилиндра до точки, в которой вычисляется напряженность.

10. Напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью: $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

11. Связь потенциала с напряженностью:

а) в общем случае: $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$,

б) в случае однородного поля: $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$,

12. Электрический момент диполя: $\vec{P} = |Q|\vec{l}$,

где Q – заряд, l – плечо диполя (векторная величина, направленная от отрицательного заряда к положительному, численно равная расстоянию между зарядами).

13. Работа сил поля по перемещению заряда Q из точки поля с потенциалом φ_1 , в точку с потенциалом φ_2

$$A_{12}=Q (\varphi_1- \varphi_2)$$

$$14. \text{ Емкость } C = \frac{Q}{\varphi} \text{ или } C = \frac{Q}{u}$$

где φ – потенциал проводника (при условии, что в бесконечности потенциал проводника принимается равным нулю), u – разность потенциалов пластин конденсатора.

15. Емкость уединенной проводящей сферы радиуса R :

$$C=4\pi\epsilon\epsilon_0R.$$

16. Емкость плоского конденсатора

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

где S – площадь пластины (одной) конденсатора, d – расстояние между пластинами.

17. Емкость батареи конденсаторов:

$$\text{а) при последовательном соединении: } \frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

$$\text{б) при параллельном соединении: } C = \sum_{i=1}^n C_i$$

где n – число конденсаторов в батарее.

18. Энергия заряженного конденсатора:

$$W = \frac{Qu}{2}; W = \frac{Cu^2}{2}; W = \frac{Q^2}{2C}$$

Постоянный ток.

$$19. \text{ Сила тока: } J = \frac{Q}{t}$$

где Q – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время t .

$$20. \text{ Плотность тока: } j = \frac{J}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения проводника.

21. Связь плотности тока со средней скоростью $\vec{v}$

$$\text{направленного движения заряженных частиц: } \vec{j} = qn\langle\vec{v}\rangle,$$

где q – заряд частиц, n – концентрация заряженных частиц.

22. Закон Ома:

а) для участка цепи, не содержащего ЭДС,
$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R},$$

где $\varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов (напряжение) на концах участка цепи,

R – сопротивление участка,

б) для замкнутой (полной) цепи:
$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

где R – внешнее сопротивление цепи, r – внутреннее сопротивление цепи (источников тока)

в) в дифференциальной форме $\vec{I} = \sigma \vec{E}$, σ - удельная проводимость среды,

$\vec{E}$ - напряженность электрического поля.

23. Сопротивление проводника $$R = p \frac{\lambda}{S},$$

где p - удельное сопротивление материала проводника, λ - длина проводника.

S – площадь поперечного сечения проводника.

24. Сопротивление системы проводников:

а) при последовательном соединении
$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$

б) при параллельном соединении
$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

где R_i – сопротивление i -го проводника

25. Работа тока: $A = IUt, A = I^2 R t, A = \frac{U^2}{R} t$

26. Мощность тока: $P = JU, P = J^2 R, P = \frac{U^2}{R}$

27. Закон Джоуля-Ленца

а) в интегральной форме
$$Q = J^2 R t$$

б) в дифференциальной форме $W = \sigma E^2$, где W – плотность энергии, выделяемой током в единицу объема проводника, в единицу времени.

28. Плотность тока в газах определяется по формулам:

а) когда ток далек от насыщения
$$\frac{P}{J} = qn(u_1 + u_2) \frac{P}{E},$$

где q – заряд иона, n – концентрация ионов (число ионов каждого знака в единице объема), u_1 и u_2 – подвижности ионов.

б) при наступлении насыщения $j_{нас} = qn_0d$,

где n_0 – число пар ионов, создаваемых ионизатором в единице объема, в единицу времени, d – расстояние между электродами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ.

- 3-1. На рис. 1 AA – заряженная бесконечная плоскость с поверхностной плотностью заряда $4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/см}^2$, B – одновременно заряженный шарик с массой 1г и зарядом 10^9 Кл . Какой угол с плоскостью AA образует нить, на которой висит шарик?

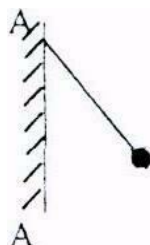


Рис. 1.

- 3-2. Два шарика с массой $0,1\text{г}$ каждый подвешены в одной точке на нитях длиной 20см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол 60° . Найти заряд каждого шарика.
- 3-3. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами величиной $+40\text{нКл}$ и -10нКл , находящимися на расстоянии 10см друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, удаленной от первого заряда на 6см и от второго на 8см .
- 3-4. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды величиной $3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$ каждый. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?
- 3-5. Бесконечная равномерно заряженная плоскость имеет поверхностную плотность электрических зарядов $9 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$. Над ней находится алюминиевый шарик, заряженный количеством электричества $3,68 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Какой радиус должен иметь шарик, чтобы он не падал? Считать, что расстояние шарика до плоскости много больше радиуса шарика. Плотность алюминия $2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.
- 3-6. Расстояние между свободными зарядами 180 нКл и 720 нКл равно 60см . Определить точку на прямой, проходящей через заряды, в которой нужно поместить третий заряд так, чтобы система зарядов находилась в

равновесии. Определить величину и знак заряда.

- 3-7. Две длинные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях одинакова и равна 10^{-5} Кл/м . Найти величину и направление напряженности результирующего электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 10 см от каждой нити.
- 3-8. В вершинах правильного шестиугольника три положительных и три отрицательных заряда. Найти напряженность электрического поля в центре шестиугольника при различных комбинациях в расположении этих зарядов. Величина каждого заряда $1,5 \cdot 10^{-9}\text{ Кл}$. Сторона шестиугольника 3 см .
- 3-9. Напряженность электрического поля Земли около поверхности в среднем равна 130 В/м . Какой заряд имела бы Земля, если напряженность всей ее поверхности равна была бы этой величине? Диэлектрическая проницаемость воздуха равна 1, радиус Земли 6370 км . Чему равна поверхностная плотность заряда? Каков потенциал Земли?
- 3-10. Два точечных заряда по $+10^7\text{ Кл}$ каждый расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность и потенциал в точке удаленной на 10 см от каждого заряда.
- 3-11. В результате слияния 64 маленьких, одинаковых и равнозаряженных капелек воды образовалась одна большая капля. Во сколько раз потенциал и поверхностная плотность заряда большой капли отличается от потенциала и поверхностной плотности заряда каждой малой капли? Капли имеют форму шара.
- 3-12. Пылинка массой 10^{-5} г , несущая на себе заряд 10^{-8} Кл , влетело в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов 150 В , пылинка имела скорость 20 м/с . Какую скорость имела пылинка до того, как она влетела в поле?
- 3-13. Электрон с энергией 100 эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы

радиусом 5 см . Определить минимальное расстояние на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если ее заряд равен 10^{-9} Кл .

3-14. Электрон, обладающей кинетической энергией 5 эВ , влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов 2 В ?

3-15. Шар, имеющий радиус 12 см , соединен тонкой проволокой с шаром, радиус которого 4 см . Системе сообщен заряд $10,7 \cdot 10^{-8}\text{ Кл}$. Определить заряд каждого шара.

3-16. Заряженный шар радиусом 2 см помещен в трансформаторное масло ($\epsilon = 2,2$). Найти заряд шара, если известно, что на расстоянии 5 см от поверхности шара потенциал поля равен 90 В .

3-17. α – частица, вылетающая при радиоактивном распаде из ядра атома радия со скоростью $1,6 \cdot 10^7\text{ м/с}$, движется к неподвижному ядру атома натрия. На какое наименьшее расстояние приблизится α - частица к этому ядру? Заряд α – частицы $+2e$, заряд ядра натрия $+11e$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Кл}$.

3-18. В обычных условиях напряженность электрического поля Земли 130 В/м , а перед грозовым разрядом возрастает до 200 кВ/м . Во сколько раз увеличивается плотность энергии электрического поля вблизи поверхности Земли перед грозой?

3-19. Считая Землю шаром радиусом $6,4 \cdot 10^6\text{ м}$, определить емкость и среднюю поверхностную плотность заряда Земли, если напряженность электрического поля у ее поверхности в среднем 130 В/м . На сколько изменится потенциал Земного шара, если ему сообщить количество электричества, равное 1 Кл ?

3-20. Какую нужно совершить работу, чтобы перенести точечный заряд величиной $4 \cdot 10^{-8}\text{ Кл}$ из точки, находящейся на расстоянии 1 м , в точку, находящуюся на расстоянии 1 см от поверхности шара радиусом 2 см с поверхностной плотностью заряда 10^{-11} Кл/м^2 ?

3-21. В зазор между пластинами плоского конденсатора влетает электрон, пройдя перед этим ускоряющее поле с разностью потенциалов $2,6 \cdot 10^4\text{ В}$.

Скорость электрона направлена параллельно пластинам конденсатора. Длина пластин 8 см , расстояние между ними 1 см . На сколько сместился электрон при выходе из зазора между пластинами, если разность потенциалов между ними 200 В ?

- 3-22. В однородном электрическом поле между двумя горизонтально расположенными плоскостями с разностью потенциалов $76,5\text{ В}$ удерживается в равновесии заряженная пылинка массой 10^{-11} г . Расстояние между плоскостями 5 мм . Сколько элементарных зарядов в заряде пылинки?
- 3-23. Два одинаковых воздушных конденсатора емкостью 800 нФ каждый заряжены до разности потенциалов 900 В . Один из конденсаторов погружают в заряженном состоянии в керосин, после чего конденсаторы соединяют параллельно. Определить работу происходящего при этом разряда, $\epsilon = 2$.
- 3-24. Между двумя пластинами, расположенными горизонтально в вакууме на расстоянии $4,8\text{ мм}$ друг от друга, находятся в равновесии отрицательно заряженная капелька масла массой $10 \cdot 10^{-6}\text{ кг}$. Сколько «избыточных» электронов имеет капелька, если на пластины подано напряжение 1 кВ ?
- 3-25. До какой разности потенциалов зарядится плоский конденсатор, состоящий из двух круглых пластин радиусом 5 см , если ему сообщить заряд $1,67 \cdot 10^{-7}\text{ Кл}$. Пространство между пластинами заполнено парафином, толщина слоя которого равна 1 см , $\epsilon = 2$. Чему равна энергия конденсатора?
- 3-26. Электрон с некоторой начальной скоростью влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам на равном расстоянии от них. К пластинам конденсатора приложена разность потенциалов 300 В , расстояние между пластинами 2 см , длина конденсатора 10 см . Какова должна быть предельная начальная скорость электрона, чтобы электрон вылетел из конденсатора?
- 3-27. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя

слоями диэлектриков: слоем стекла толщиной 1 см и слоем парафина толщиной 2 см . Диэлектрические проницаемости этих диэлектриков равны соответственно 7 и 2 . Разность потенциалов между обкладками равна 3000 В . Определить напряженность поля и падение потенциала в каждом из них.

3-28. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины к другой, приобретает скорость 10^6 м/с . Расстояние между пластинами $5,3\text{ мм}$. Найти напряженность электрического поля между пластинами конденсатора.

3-29. На систему конденсаторов подано напряжение 200 В (рис.2). Заряд, сообщенный системе, оказался равным $6 \cdot 10^{-4}\text{ Кл}$. Емкости конденсаторов 4 мкФ и 8 мкФ . Определить емкость конденсатора C_3 и энергию каждого конденсатора.

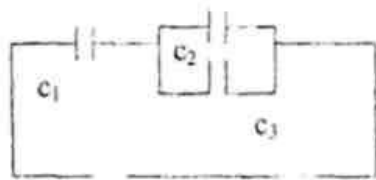


Рис. 2.

3-30. Плоский конденсатор с размерами $25 \times 25\text{ см}^2$ и расстоянием между ними $0,5\text{ мм}$ заряжен до разности потенциалов 10 В и отключен от источника. Какова будет разность потенциалов, если пластины раздвинуть до расстояния 5 мм ?

3-31. Шкала прибора имеет 100 делений, цена деления 10 мкА , внутреннее сопротивление 100 Ом . Как из этого прибора сделать амперметр для измерения тока до 1 А ?

3-32. Амперметр, имеющий сопротивление $0,16\text{ Ом}$, шунтирован сопротивлением в $0,04\text{ Ом}$. Чему равна сила тока в магистрали, если ток, протекающий через амперметр, равен 8 А ?

3-33. Вольтметр, предназначенный для измерения разности потенциалов до $1,5\text{ В}$, имеет сопротивление $7,5\text{ Ом}$. Шкала вольтметра разделена на 150 делений. Какое сопротивление надо взять, как его включить, чтобы этим

вольтметром можно было измерять разность потенциалов до $7,5\text{ В}$? Как при этом измениться цена деления вольтметра?

3-34. Какой шунт нужно присоединить к стрелочному гальванометру со шкалой в 100 делений, ценой деления 10^{-6} А и внутренним сопротивлением 150 Ом , чтобы им можно было измерить силу тока до 1 мА ? Сколько метров манганинового провода сечением $0,710^{-6}\text{ м}^2$ с удельным сопротивлением $5 \cdot 10^{-7}\text{ Ом м}$ потребуется для изготовления такого шунта?

3-35. Вольтметр с сопротивлением 1000 Ом рассчитан для измерения напряжения не выше 15 В . Какое добавочное сопротивление нужно присоединить к вольтметру, чтобы им можно было измерять напряжение до 150 В ?

3-36. Амперметр, имеющий сопротивление $0,18\text{ Ом}$, шкала которого разделена на 100 делений, предназначен для измерения тока до 10 А . Какое сопротивление надо взять и как его включить, чтобы этим амперметром можно было измерить силу тока до 100 А ? Как измениться при этом цена деления амперметра?

3-37. Имеется прибор с ценой деления 10 мкА . Шкала прибора имеет 100 делений, внутреннее сопротивление 100 Ом . Как из этого прибора сделать вольтметр для измерения напряжения до 100 В ?

3-38. Миллиамперметр со шкалой от 0 до 15 мА имеет сопротивление 5 Ом . Каким должно быть сопротивление и как его включить, чтобы прибор мог измерять: 1) силу тока от 0 до 150 мА ;

2) разность потенциалов от 0 до 150 В ?

3-39. Имеется вольтметр для измерения разности потенциалов до 3 В сопротивлением в 15 Ом , шкала которого разделена на 150 делений. Какое сопротивление надо взять и как его включить, чтобы этим вольтметром можно было измерять разности потенциалов до 15 В ? Как при этом изменится цена деления вольтметра?

3-40. Какой шунт нужно присоединить к гальванометру сопротивлением 10^4 Ом , чтобы цена его деления потоку увеличилась в 50 раз?

- 3-41. Найти внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока, если при силе тока 30 А мощность во внешней цепи равна 180 Вт , а при силе тока 10 А эта мощность равна 100 Вт .
- 3-42. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода в чайнике закипит через 15 мин. , при включении другой через 30 мин. Через сколько времени закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки: а) последовательно, б) параллельно?
- 3-43. В медном проводнике длиной 2 м и площадью $0,4\text{ мм}^2$ идет ток. При этом каждую секунду выделяется теплота $0,35\text{ Дж}$. Сколько электронов проходит за 1 секунду через поперечное сечение этого проводника? $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ (Ом}\cdot\text{м)}$.
- 3-44. Сопротивление нити накала электрической лампы в рабочем состоянии 144 Ом , номинальное напряжение 120 В . Определить ток в лампе, потребляемую мощность и расход энергии за 10 часов горения.
- 3-45. При каком сопротивлении внешней цепи источник с ЭДС 10 В и внутренним сопротивлением 20 Ом будет отдавать максимальную мощность? Какая величина этой мощности?
- 3-46. Сколько ламп мощностью по 300 Вт каждая, рассчитанных на напряжение 110 В , можно установить в здании, если проводка от магистрали сделана медным проводом общей длиной 100 м и сечением 9 мм^2 , а напряжение в магистрали поддерживается равным 122 В .
- 3-47. В медном проводнике объем 6 см^3 при прохождении по нему постоянного тока за время, равное 1 минуте , выделилась теплота 215 Дж . Вычислить напряженность электрического поля в проводнике.
- 3-48. Из скольких лампочек должна состоять елочная гирлянда, включаемая в сеть с напряжением 220 В , если мощность, потребляемая каждой лампочкой 4 Вт , а ее сопротивлением 25 Ом ?
- 3-49. Имеется 3 электрические лампочки, рассчитанные на напряжение 110 В каждая, мощность которых равна соответственно 40 , 40 и 80 Вт . Как надо включить эти 3 лампочки, чтобы они давали нормальный накал при

напряжении в сети 220 В? Найти силу тока, текущего через лампочки при нормальном накале. Начертить схему.

- 3-50. Из нихромовой проволоки сечением $0,1\text{мм}^2$ следует изготовить нагревательный прибор мощностью 500Вт для включения в сеть напряжением 220 В. Какой длины следует взять проволоку, если температура ее при включении в сеть должна быть равной 700°С ? Удельное сопротивление нихрома $1,1\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, $\alpha = 10^{-4}\text{град}^{-1}$.
- 3-51. Воздух, заключенный между двумя пластинами площадью 300 см^2 , находящимися на расстоянии 2см друг от друга, ионизируют рентгеновскими лучами. При напряжении 150В , значительно меньшем, чем напряжение, дающее ток насыщения, между пластинами идет ток $4\cdot 10^{-6}\text{ А}$. Определить концентрацию ионов между пластинами. Подвижность положительных ионов $1,37\text{см}^2\text{ с}^{-1}\text{В}^{-1}$, отрицательных – $1,91\text{ см}^2\text{ с}^{-1}\text{В}^{-1}$. Ионы однозарядны.
- 3-52. Пространство между пластинами плоского конденсатора имеет объем 375см^3 и заполнено водородом, который частично ионизирован. Площадь пластин конденсатора 250см^2 . При каком напряжении сила тока, протекающего через конденсатор, достигает значения $2\cdot 10^{-6}\text{ А}$, если концентрация ионов в газе $5,3\cdot 10^7\text{ см}^{-3}$. Подвижность положительных ионов в газе $5,4\cdot 10^{-4}\text{ м}^2\text{ В}^{-1}\text{ с}^{-1}$, отрицательных – $7,4\cdot 10^{-4}\text{ м}^2\text{ В}^{-1}\text{ с}^{-1}$. Заряд каждого иона равен элементарному заряду.
- 3-53. Какой путь успеют пройти в вертикальном направлении положительные и отрицательные ионы в воздухе над сушей, если напряженность электрического поля Земли равна 130В/м и средняя продолжительность существования ионов 100с . Подвижности ионов приведены в задаче 3-51.
- 3-54. Найти сопротивление трубки длиной $0,5\text{м}$ и площадью поперечного сечения 5мм^2 , если она наполнена азотом, ионизированным так, что в 1см^3 его находятся при равновесии 10^8 пар ионов. Ионы однозарядны. Подвижности иона азота приведены в задаче 3-57.
- 3-55. Концентрация ионов, обусловивших проводимость атмосферного воздуха,

в среднем равна 700см^3 . Средняя величина напряженности электрического поля Земли равна 130В/м . Подвижности ионов воздуха приведены в задаче 3-51. Вычислить плотность и проводимость тока в атмосфере.

- 3-56. На расстоянии 1см друг от друга расположены две пластины площадью 400см^2 каждая. Водород между пластинами ионизируют рентгеновскими лучами. При напряжении 100В между пластинами идет далекий от насыщения ток силой 2мкА . Определить концентрацию ионов одного знака между пластинами. Подвижности ионов приведены в задаче 3-52. Заряд каждого иона считается равным элементарному заряду.
- 3-57. Азот между плоскими электродами ионизационной камеры ионизируется рентгеновскими лучами. Сила тока, проходящего через камеру, $1,5 \cdot 10^{-6}\text{А}$. Площадь каждого электрода 200см^2 , расстояние между ними $1,5\text{см}$, разность потенциалов 150В . Определить концентрацию ионов между пластинами, если ток далек от насыщения. Заряд каждого иона равен элементарному заряду. Подвижность положительных ионов $1,27 \cdot 10^{-4}\text{м}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$, отрицательных – $1,84 \cdot 10^{-4}\text{м}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$.
- 3-58. К электродам разрядной трубки, содержащей водород приложена разность потенциалов 10В . Расстояние между электродами 25см . Найти плотность тока в трубке, если в каждом кубическом сантиметре водорода находится в условиях равновесия 10^7 пар ионов. Определить также, какая часть силы тока создается движением положительных ионов. Подвижности ионов приведены в задаче 3-52.
- 3-59. Газ, заключенный в ионизационной камере между плоскими пластинами, облучается рентгеновскими лучами. Определить плотность тока насыщения, если ионизатор образует в 1см^3 газа $5 \cdot 10^6$ пар ионов в секунду. Считать, что каждый ион несет на себе элементарный заряд. Расстояние между пластинами камеры 2см .
- 3-60. В атмосферном воздухе у поверхности Земли из-за радиоактивности почвы и космического излучения в среднем образуется 5 пар ионов в 1см^3 за 1с .

Определить ток насыщения, который получается в результате ионизации воздуха между пластинами конденсатора площадью 100см^2 , расположенных на расстоянии 8см друг от друга. Ионы однозарядны.

Раздел 4. МАГНЕТИЗМ. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ.

1 Связь магнитной индукции $\vec{B}$ с напряженностью $\vec{H}$ магнитного поля :

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$$

, где μ - магнитная проницаемость среды, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная.

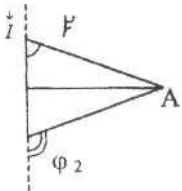
2. Закон Био -Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \left[\vec{r} \times d\vec{l} \right] \frac{I}{r^3}, \text{ или } dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl,$$

где dB - магнитная индукция поля, создаваемая элементом проводника dl с током I

$\vec{r}$ - радиус-вектор, направленный от элемента проводника к точке, в которой определяется магнитная индукция; α - угол между радиусом-вектором и направлением тока в элементе проводника. Для частных случаев:

а) Индукция магнитного поля прямого проводника с током конечной длины в произвольной точке А равна:



$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

для бесконечно длинного прямого

проводника с током $B = \frac{\mu\mu_0}{2\pi r^0} I$

б) Индукция магнитного поля в точке, лежащей на оси кругового тока радиусом R на расстоянии h от его центра:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{2} \frac{IR^2}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

индукция магнитного поля в центре кругового тока: $B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$

в) Индукция магнитного поля в точке, лежащей на оси соленоида:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{2} nI (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)$$

где n - число витков, приходящихся на единицу длины соленоида;

α_1 и α_2 - углы, образованные положительным направлением оси соленоида и прямыми от исследуемой точки до концов соленоида. Для бесконечно длинного соленоида:

$$B = \mu\mu_0 nI$$

3. Закон Ампера:

$$\vec{F} = I \left[d\vec{l} \times \vec{B} \right], \text{ или } F = BIl \sin \alpha,$$

где F - сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, l - длина проводника, α - угол между направлением тока в проводнике и вектором магнитной индукции $\vec{B}$.

Сила взаимодействия параллельных проводников с током:

$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

где d - расстояние между проводниками.

4. Сила Лоренца, действующая на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле:

$$\vec{F} = Q \left[\vec{v} \times \vec{B} \right], \text{ или } F = QvB \sin \alpha,$$

где v - скорость заряженной частицы, α - угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{B}$.

5. Магнитный поток (в случае однородного поля):

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

где S - площадь контура, α - угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции.

6. Работа по перемещению замкнутого контура в магнитном поле:

$$A = I \Delta \Phi$$

7. Э.Д.С. индукции:

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt}$$

8. Заряд, протекающий по замкнутому контуру при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур:

$$Q = \frac{\Delta \Phi}{R},$$

где R - сопротивление контура.

9. Индуктивность соленоида: $L = \mu\mu_0 n^2 V$

где n - число витков, приходящихся на единицу длины соленоида, V -объем соленоида.

10. Энергия магнитного поля:
$$W = \frac{LI^2}{2}$$

11. Кинематическое уравнение гармонических колебаний материальной точки:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

где x - смещение, A - амплитуда колебаний, ω - круговая или циклическая частота, φ_0 - начальная фаза.

12. Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания.

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

13. Ускорение при гармоническом колебании:

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

14. Период колебаний:

а) тела, подвешенного на пружине
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

где m - масса тела, k - жесткость пружины;

б) математического маятника
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

где L - длина маятника, g - ускорение свободного падения;

в) физического маятника
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}},$$

где J - момент инерции колеблющегося тела относительно оси колебаний, d - расстояние от центра тяжести до оси колебаний.

15. Уравнение плоской бегущей волны:

$$y = A \cos \omega \left(t \pm \frac{x}{v} \right),$$

где y - смещение точки, имеющей координату x , v - скорость распространения колебаний в среде.

16. Скорость v распространения волны, длина волны λ , частота ν и (или период T) связаны соотношениями:

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

17. Связь разности $\Delta\varphi$ фаз колебаний двух точек среды с расстоянием Δx между ними:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

18 Период T собственных электромагнитных колебаний в контуре без активного сопротивления:

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

где L - индуктивность контура, C - емкость контура.

19. Закон Ома для переменного тока:

$$J_{\dot{y}\delta} = \frac{U_{\dot{y}\delta}}{Z}$$

где $J_{\dot{y}\delta}$ и $U_{\dot{y}\delta}$ - эффективные значения тока и напряжения, связанные с амплитудными значениями J_0 и U_0 соотношениями.

$$J_{\dot{y}\delta} = \frac{J_0}{\sqrt{2}} \quad \text{и} \quad U_{\dot{y}\delta} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

где Z - полное сопротивление цепи.

Если цепь содержит последовательно соединенные активное сопротивление R , емкость C и индуктивность L , то:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2},$$

при этом сдвиг фаз между напряжением и силой тока определяется формулой:

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

20. Мощность переменного тока $P = J_{\dot{y}\delta} U_{\dot{y}\delta} \cos \varphi$.

21. Скорость распространения продольных волн в газах:

$$V = \sqrt{\frac{\gamma R T}{\mu}},$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, R - универсальная газовая постоянная, T - температура, μ - молярная масса газа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

4-1 По витку, имеющему форму квадрата со стороной 20 см , идет ток 5 А . Определить напряженность и индукцию магнитного поля в одной из точек пересечения сторон.

4-2. Определить длину провода, из которого изготовлен соленоид диаметром $0,06\text{ м}$ и длиной $0,5\text{ м}$, если напряженность магнитного поля на оси соленоида 40 А/м и по нему идет ток 2 А

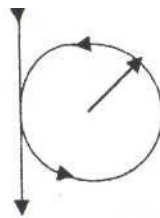
4-3. По проводу течет ток $3,2\text{ А}$. Чему равна напряженность и индукция магнитного поля в центре полукруга (точка А)? Радиус 5 см .



4-4. Из проволоки длиной 40 см сделана квадратная рамка, по которой течет ток 10 А . Найти напряженность и индукцию магнитного поля в центре этой рамки.

4-5. Напряженность магнитного поля в центре витка радиусом 8 см равна 30 А/м . Определить напряженность поля: а) на оси витка в точке, расположенной на расстоянии 6 см от центра; б) в центре витка, если ему придать форму квадрата, не изменяя тока в нем.

4-6. Прямой бесконечный провод имеет круговую петлю радиусом 8 см . Определить величину тока в проводе, если известно, что напряженность поля в центре петли 100 А/м .



4-7. По витку, имеющему форму квадрата со стороной 20 см , идет ток 5 А .

Определить напряженность и индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей.

4-8. По двум параллельным бесконечно длинным проводам текут токи 20 и 30 А в одном направлении. Расстояние между проводами 10 см . Вычислить магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние 10 см .

4-9. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии 5 см один от другого. По проводам текут токи в противоположных направлениях силой 10 А каждый. Найти напряженность и индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 2 см ... от одного и 3 см от другого провода.

4-10.; Расстояние между двумя длинными параллельными проводами 5 см. По проводам в одном направлении текут токи силой 30 А каждый. Найти напряженность и индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии 4 см от одного и 3 см от другого провода.

4-11 Два иона, имеющие одинаковый заряд и прошедшие одинаковую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион движется по дуге окружности радиусом 5 см, а второй - по дуге окружности радиусом 2,5 см. Определить отношение масс ионов.

4-12. Траектория пучка электронов, движущихся в вакууме в магнитном поле с напряженностью 5,56 -10 А/м, представляет собой окружность радиусом 3 см. Определить скорость и энергию электронов, период обращения и момент импульса.

4-13. Протон влетел в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и описал дугу радиусом 10 см. Определить скорость протона, если магнитная индукция 1 Тл.

4-14. В магнитном поле с индукцией 1,2 Тл по круговой орбите радиусом 45 см движется α - частица. Определить: а) скорость α - частицы, ее кинетическую энергию; б) разность потенциалов, которую должна пройти α - частица, чтобы приобрести такую энергию

4-15. Поток электронов, ускоренный в вакууме электрическим полем с разностью потенциалов 300 В, влетает в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Определить напряженность магнитного поля, в которое влетел электрон, если сила, действующая на него в магнитном поле, равна $410 \cdot 10^{-12}$ Н.

4-16. Электрон движется в магнитном поле с индукцией $2 \cdot 10^{-3}$ Тл по винтовой линии радиусом 2 см и шагом 5 см. С какой скоростью влетел электрон в магнитное поле?

4-17. Заряженная частица, обладающая скоростью $2 \cdot 10^6$ м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией 0,52 Тл. Найти отношение заряда к массе, если частица в поле описала дугу окружности радиусом 4 см. Определить по этому отношению, какая это частица.

4-18. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов в 400 В, попал в однородное магнитное поле напряженностью 1000 А/м.

Определить радиус кривизны траектории и частоту обращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости перпендикулярен линиям поля.

4-19. Протон влетел в однородное магнитное поле под углом 60° к

направлению силовых линий поля и движется по спирали, радиус которой $2,5\text{ см}$. Индукция магнитного поля $0,05\text{ Тл}$. Найти кинетическую энергию протона.

4-20. Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов 2000 В движется в однородном магнитном поле с индукцией $1,5 \cdot 10^{-2}\text{ Тл}$ по окружности радиусом 1 см . Определить отношение заряда частицы к массе и скорость частицы.

4-21. В однородном магнитном поле с индукцией $0,5\text{ Тл}$ вращается стержень длиной 20 см с частотой $\nu = 10\text{ с}^{-1}$. Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов на концах стержня 1-22 Рамка площадью 50 см^2 , содержащая 100 витков, равномерно

вращается в однородном магнитном поле с индукцией $40 \cdot 10^{-3}\text{ Тл}$. Определить максимальную Э.Д.С. индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции, а рамка вращается с частотой 96 об/мин .

4-23. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл поступательно и равномерно движется проводник длиной 4 см со скоростью 2 м/с . Вектор скорости направлен под углом 30° к вектору индукции Проводник при своем движении остается перпендикулярным направлению поля. Найти разность потенциалов на концах проводника.

4-24. Металлический диск, радиус которого 15 см и плоскость которого перпендикулярна однородному магнитному полю, вращается с частотой 10 об/мин (ось вращения диска параллельна магнитному полю и проходит через его центр). Индукция магнитного поля равна 3 Тл . Определить разность потенциалов, которая возникает между краем диска и его центром.

4-25. Кольцо радиусом 4 см находится в магнитном поле напряженностью 300 А/м . Плоскость кольца перпендикулярна линиям поля. Каково сопротивление кольца, если при исчезновении поля по кольцу протекает заряд 10^{-2} Кл ? Окружающая среда – воздух

4-26. Кольцо из проволоки сопротивлением 10^{-3} Ом находится в однородном магнитном поле с $B = 0,4\text{ Тл}$. Плоскость кольца составляет угол 90° с линиями индукции. Определить заряд, который протечет по кольцу, если его выдернуть из поля. Площадь кольца 10 см^2 .

который протечет по кольцу, если его выдернуть из поля. Площадь кольца 10 см^2 .

4-27. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекший через гальванометр при повороте витка, $q = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$. На какой угол повернули виток? Площадь витка $S = 10^3 \text{ см}^2$, сопротивление витка $R = 2 \text{ Ом}$. 4-28. В магнитном поле напряженностью $1,6 \cdot 10^4 \text{ А/м}$ вращается рамка площадью 100 см^2 , имеющая 100 витков. Ось вращения рамки расположена перпендикулярно полю. Период вращения $0,1 \text{ с}$. Определить максимальное значение Э.Д.С. индукции, возникающей в рамке

4-29. В однородном магнитном поле с индукцией $0,1 \text{ Тл}$ вращается квадратная рамка со стороной 20 см , состоящая из 100 витков медного провода сечением 1 мм^2 . Максимальное значение индукционного тока в рамке 2 А . Определить число оборотов рамки в секунду. 4-30.

4-30. Проволочное кольцо радиусом 10 см лежит на столе. Какое количество электричества протечет по кольцу, если его перевернуть на другую сторону? Сопротивление кольца 1 Ом . Вертикальная составляющая магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. 4-31.

4-31. Вдоль упругого шнура распространяется поперечная волна со скоростью 18 м/с . Период колебаний точек шнура $1,5 \text{ с}$, амплитуда колебания $0,025 \text{ м}$. Определить длину волны, а также фазу и смещение точки, отстоящей на расстоянии 45 м от источника волн, для момента времени, равного 6 с .

4-32. Точка совершает гармоническое колебание с периодом 24 с и начальной фазой, равной нулю. Через какое время, считая от начала колебания, величина смещения точки от положения равновесия будет равна половине амплитуды?

4-33. Во сколько раз скорость распространения звука в воздухе летом (температура $+27^\circ\text{C}$) больше скорости распространения звука в воздухе зимой (температура -33°C)?

4-34. Диск радиусом 24 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска. Определить приведенную длину и период колебаний такого маятника.

4-35. Генератор совершает колебания по закону $x = 5 \sin 3140t$, где x выражается в л*. Определить смещение от положения равновесия, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340 м от источника, через 1 с после начала колебания. Скорость распространения волны 340 м/с .

4-36. Материальная точка массой 5 г колеблется согласно уравнению $x = 10 \cos(2t + \pi/6)$, где x выражается в см. Найти максимальную силу, действующую на точку, и полную энергию.

4-37. Материальная точка совершает колебания по закону $x = -A \sin(2\pi t + \pi/6)$. В какой момент времени её потенциальная энергия равна кинетической?

4-38. Тело массой 5 кг совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см . Найти период колебания, если максимальная кинетическая энергия колеблющегося тела равна $0,98 \text{ Дж}$.

4-39. Определить скорость распространения волн в упругой среде, если разность фаз колебаний двух точек, отстоящих друг от друга на $x = 15 \text{ см}$, равна $\pi/2$. Частота колебаний 25 Гц .

4-40. Шарик, подвешенный на нити длиной 2 см , отклоняют на угол 30° и наблюдают его колебания. Полагая колебания незатухающими гармоническими, найти скорость шара при прохождении им положения равновесия. Проверить полученное решение, найдя скорость шарика при прохождении им положения равновесия из уравнений механики.

4-41. Какое сопротивление переменному току 1000 Гц оказывает реостат, если его активное сопротивление 100 Ом , число витков 2000 , длина 50 см , площадь витка 15 см^2 ?

4-42. Катушка индуктивностью $L = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$ присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин $S = 100 \text{ см}^2$, расстояние между пластинами $d = 0,1 \text{ мм}$. Чему равна абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на длину волны 750 м ?

4-43. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и сечением 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Конденсатор состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая. Расстояние между пластинами 5 мм , диэлектрик - воздух. Определить период колебаний контура.

4-44. В цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц включены последовательно ёмкость $35,4 \text{ мкФ}$, активное сопротивление 100 Ом и индуктивность $0,7 \text{ Гн}$. Найти силу тока в цепи и падение напряжения на ёмкости, омическом сопротивлении и индуктивности.

4-45. В каком диапазоне может работать радиоприемник, колебательный контур которого состоит из индуктивности $4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ и переменной ёмкости $40 \cdot 1000 \text{ пФ}$?

4-46. На картонный цилиндр длиной 50 см и диаметром 5 см навиты 500 витков медного провода диаметром $0,5 \text{ мм}$. При какой частоте переменного тока полное сопротивление этой катушки вдвое больше её активного сопротивления?

4-47. На последовательно соединенные реостат и катушку индуктивности $0,1 \text{ Гн}$ подано напряжение с частотой 50 Гц . Между напряжением и током наблюдается

сдвиг фаз 30° . Чему равно сопротивление реостата? Включение какой ёмкости последовательно с реостатом могло бы устранить сдвиг фаз?

4-48. Конденсатор емкостью 500 пФ соединен параллельно с катушкой длиной 40 см и сечением 5 см^2 , содержащей 1000 витков. Сердечник немагнитный. Найти период колебаний.

4-49. Какую индуктивность нужно включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить звуковую частоту 1000 Гц ?

4-50 Конденсатор и электрическая лампочка включены последовательно в цепь переменного тока напряжением 440 В и частотой 50 Гц . Какую емкость должен иметь конденсатор, чтобы через лампочку протекал ток $0,5 \text{ А}$ и падение потенциала на лампочке составляло бы 110 В ?

Раздел 5. ОПТИКА

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

1. Расстояние между интерференционными полосами на экране, расположенном параллельно двум когерентным источникам света,

$$\text{равно } \Delta y = \frac{L}{d} \lambda,$$

где λ - длина волны света, L - расстояние от экрана до источника света, отстоящих друг от друга на расстояние d ; при этом $L \gg d$.

2. Результат интерференции света в плоскопараллельных пластинках в проходящем свете определяется формулами:

$$\left. \begin{aligned} 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} &= k\lambda, \\ 2dn \cos r &= k\lambda \end{aligned} \right\} \text{усиление света,}$$

$$\left. \begin{aligned} 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} &= (2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \\ 2dn \cos r &= (2k + 1)\frac{\lambda}{2} \end{aligned} \right\} \text{ослабление света,}$$

где d - толщина пластинок, n - показатель преломления, i - угол падения,

r - угол преломления, $k = 1, 2, 3, \dots$

В отраженном свете условия усиления и ослабления света обратны условиям в проходящем свете.

3. Радиусы светлых колец Ньютона в проходящем свете (или темных полос в отраженном свете)

$$r_c = \sqrt{kR\lambda}.$$

Радиусы темных колец в проходящем (светлых в отраженном)

$$r_T = \sqrt{(2k - 1)\frac{\lambda}{2}},$$

где R - радиус кривизны линзы, $k = 1, 2, 3, \dots$

4. Радиусы зон Френеля в случае сферического волнового фронта равны:

$$r_k = \sqrt{k\lambda \frac{ab}{a+b}},$$

где r_k - радиус зоны, $k = 1, 2, 3, \dots$ - номер зоны,

a - расстояние от источника волн до волновой поверхности, b - расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения.

5. Радиусы зон Френеля для плоского волнового фронта

$$r_k = \sqrt{k b \lambda}.$$

6. Угол отклонения луче,, соответствующий максимуму (светлая полоса)при дифракции

$$a \sin \varphi = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

на одной щели определяется из условия:

где a - ширина щели, k - порядковый номер максимума.

7. Угол отклонения лучей, соответствующий максимуму при дифракции света на дифракционной решетке, определяется из условия

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda,$$

где d - период дифракционной решетки.

8. Формула Вульфа - Брэггов определяет направления рентгеновских лучей, при котором возникает дифракционный максимум

$$2d \sin \varphi = k \lambda,$$

где φ - угол скольжения, d - расстояние между атомными плоскостями кристалла.

9. Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} \alpha = n_{21} = \frac{n_2}{n_1},$$

где α - угол падения, при котором луч, отразившийся от диэлектрика, полностью

поляризован ; n_{21} - относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

10. Закон Малюса: $J = J_0 \cos^2 \alpha$

где J_0 - интенсивность плоскополяризованного света, прошедшего через поляризатор и падающего на анализатор; J - интенсивность этого света, прошедшего через анализатор;

α - угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора.

11. Угол поворота φ плоскости поляризации кристалла оптически активными веществами (твердыми телами) $\varphi = ad$, где a - постоянная вращения вещества, d - длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе.

12. Закон Стефана – Больцмана:

$$R_{\epsilon} = \sigma T^4,$$

где R_{ϵ} - излучательность абсолютно черного тела, T - термодинамическая температура.

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^{-4})$ - постоянная Стефана - Больцмана.

13. Закон смещения Вина:

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

где λ_m - длина волны, на которую приходится максимум излучения,

$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ - постоянная Вина.

14. Зависимость максимальной спектральной плотности излучательности от температуры

$$(r_{\lambda T})_{\max} = C T^5,$$

где $C = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^{-5})$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

5-1. Найти радиус первого темного кольца Ньютона, если между линзой с радиусом кривизны 40 см и пластинкой налит бензол ($n_1 = 1,6$), а показатель преломления линзы и пластинки $n_2 = 1,7$. Наблюдение ведется в отраженном натриевом свете $\lambda = 5900 \text{ \AA}$.

5-2. Определить толщину воздушной прослойки между линзой и стеклянной пластинкой там, где в отраженном свете ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) видно первое светлое кольцо Ньютона (первый интерференционный максимум).

5-3. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны, испускаемой источником монохроматического света, если ширина полос интерференции на экране равна 1,5 мм.

5-4. В опыте С зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм. Расстояние от них до экрана равно 3 м. Длина волны равна 0,6 мкм. Определить ширину полос интерференции на экране.

5-5. На мыльную пленку ($n = 1,33$) падает белый свет под углом $\alpha = 45^\circ$. При какой наименьшей толщине пленка в отраженном свете будет выглядеть окрашенной в желтый цвет ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$)?

5-6. На мыльную пленку падает нормально пучок лучей белого света. Какова минимальная толщина пленки, если в отраженном свете она представляется красной ($\lambda = 7000 \text{ \AA}$, $n = 1,33$)?

5-7. На мыльную пленку падает под углом 30° параллельный пучок белого света. При наблюдении в отраженном свете пленка представляется зеленой ($\lambda = 5000 \text{ \AA}$). Определить минимальную толщину пленки, если $n = 1,33$.

5-8. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой вещества

($n_1 = 1,4$). Пластинка освещается пучком параллельных лучей ($\lambda = 0,54 \text{ мкм}$), падающих на пластинку нормально. Какую толщину должен иметь слой, чтобы отраженные лучи имели наименьшую яркость? Показатель преломления стекла $n_2 = 1,5$.

5-9. Определить, светлое или темное кольцо Ньютона в отраженном свете будет иметь радиус 5,3 мм, если оно получилось при освещении линзы с радиусом кривизны 18 м светом С длиной волны 450 нм параллельно главной оптической оси линзы.

5-10. На стеклянную пластинку положена выпуклой стороной плоско-выпуклая линза. Радиус пятнадцатого темного кольца Ньютона в отраженном

свете ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) равен 3 мм . Найти R линзы и ее оптическую силу. Показатель преломления стекла равен $1,5$.

5-11. Свет от монохроматического источника ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) нормально падает на диафрагму с круглым отверстием. Диаметр отверстия 6 мм . За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы? Каким будет центр дифракционной картины на экране: светлым или темным?

5-12. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии L от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$). На расстоянии $0,5 L$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см . Чему равно расстояние L , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

5-13. На круглое отверстие радиуса $R = 2 \text{ мм}$ в непрозрачном экране падает параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. На каком максимальном расстоянии от отверстия на экране в центре дифракционной картины будет наблюдаться темное пятно?

5-14. Точечный источник света ($\lambda = 550 \text{ нм}$) находится на расстоянии $L = 11 \text{ м}$ от экрана. Между источником света и экраном на расстоянии $b = 5 \text{ м}$ от экрана помещена ширма с круглым отверстием, диаметр которого $D = 4,2 \text{ мм}$. Как изменится освещенность в точке, находящейся в центре дифракционной картины, если ширму убрать?

5-15. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 6000 \text{ Å}$ нормально падает на непрозрачный экран с круглым отверстием диаметром $d = 1,2 \text{ мм}$. На расстоянии $L = 18 \text{ см}$ за экраном на оси отверстия наблюдается темное пятно. На какое минимальное расстояние ΔL нужно сместиться от этой точки вдоль оси отверстия, удаляясь от него, чтобы в центре дифракционной картины вновь наблюдалось темное пятно?

5-16. Экран находится на расстоянии $L = 4 \text{ м}$ от точечного монохроматического источника света ($\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$). На расстоянии $a = 2 \text{ м}$ от источника света помещен экран с ирисовой диафрагмой. При каком радиусе отверстия диафрагмы центр дифракционного изображения будет: а) наиболее темным; б) наиболее светлым?

5-17. Расстояние между точечным источником A и точкой наблюдения B равно 2 м . В какой точке на луче AB надо поместить диафрагму D с отверстием, диаметр которого $1,8 \text{ мм}$, чтобы при рассмотрении из точки B в отверстии укладывалось три зоны Френеля? Длина волны излучаемого света 6000 Å .

5-18. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого r можно менять в процессе опыта.

Расстояние от диафрагмы до экрана и источника равны $a = 100 \text{ см}$, $b = 125 \text{ см}$. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1 \text{ мм}$ и следующий максимум при $r_2 = 1,29 \text{ мм}$

5-19. Точечный источник света с $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ расположен на расстоянии $a = 1 \text{ мм}$ перед диафрагмой с круглым отверстием радиусом $r = 1 \text{ мм}$. Найти расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии $k = 3$.

5-20. Расстояние от экрана с отверстием до точки наблюдения 1 м . Экран освещают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Вычислить радиус пятой зоны Френеля, если: а) источник света точечный и расстояние между ним и экраном $a = 0,5 \text{ м}$; б) волновой фронт, падающий на экран, плоский. Падение света нормальное.

5-21. Расстояние между экраном и дифракционной решеткой, имеющей 125 штрихов на 1 мм , равно $2,5 \text{ м}$. При освещении решетки светом с длиной волны 420 нм на экране видны синие линии. Определить расстояние от центральной линии до первой линии на экране.

5-22. На пластинку со щелью шириной $0,2 \text{ мм}$ падает нормально параллельный пучок лучей ($\lambda = 0,5 \text{ мкм}$). На экране, расположенном на расстоянии 1 м от щели, получается дифракционная картина. Найти ширину центрального изображения щели, считая ее равной расстоянию между ближайшими к ней минимумами.

5-23. На дифракционную решетку падает нормально свет ($\lambda = 590 \text{ нм}$). Сколько штрихов на единицу длины содержит решетка, если угол между двумя спектрами первого порядка равен $13^\circ 34'$?

5-24. На дифракционную решетку, содержащую 500 штрихов на 1 мм , падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Сколько всего дифракционных спектров различных порядков дает эта решетка?

5-25. Определить длину волны рентгеновских лучей, падающих на кристалл кальцита, если дифракционный максимум первого порядка наблюдается при угле скольжения 3° . Постоянная решетки кальцита $3,04 \text{ Å}$.

5-26. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновских лучей ($\lambda = 1,43 \text{ Å}$). Расстояние между атомными плоскостями кристалла равно $2,8 \text{ Å}$. Под каким углом к плоскости грани наблюдается дифракционный максимум второго порядка?

5-27. Определить длину световой волны, падающей на дифракционную решетку, на каждом миллиметре которой нанесено 400 штрихов. Дифракционная решетка расположена на расстоянии 25 см от экрана. При

измерении на экране оказалось, что расстояние между третьими линиями справа и слева от нулевой равно 27,4 см.

5-28. На каком расстоянии от центра экрана будут находиться две линии ртути дуги ($\lambda = 5770 \text{ \AA}$ и $\lambda = 5791 \text{ \AA}$) в спектре первого порядка, если свет проходит через дифракционную решетку с постоянной $2 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ и экран удален от решетки на расстояние 1,5 м?

5-29. Дифракционная решетка освещена белым светом, падающим нормально. Спектры второго и третьего порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре третьего порядка накладывается середина желтой части спектра второго порядка, соответствующая длине волны $0,575 \cdot 10^{-6} \text{ м}$?

5-30. На дифракционную решетку, содержащую 400 штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}$). Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определить угол отклонения последнего максимума.

5-31. Два николя расположены так, что угол между их главными плоскостями составляет 60° .

1) Во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при прохождении его через один николь?

2) Во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении через оба николя? При прохождении каждого николя потери на отражение и поглощение составляют 5%

5-32. Пластина кварца толщиной 1 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси и помещенная между двумя параллельными николями, поворачивает плоскость поляризации на угол 20° . При какой толщине кварцевой пластинки свет этой же длины волны не будет выходить из второго николя?

5-33. Во сколько раз ослабляется естественный свет, проходя через два николя, главные плоскости которых составляют угол 30° , если в каждом из николей на отражение и поглощение теряется 10% падающего на него светового потока?

5-34. Главные плоскости двух призм николя, поставленных на пути луча, образуют между собой угол 60° . Как изменится интенсивность проходящего через них света, если угол между плоскостями поляризации станет равным 30° ?

5-35. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, проходящего через эти призмы, уменьшится в 4 раза? Поглощением света пренебречь.

5-36. Определить скорость света в алмазе, если угол полной поляризации при отражении света от поверхности алмаза равен $67^\circ 30'$.

5-37. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы?

5-38. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторого вещества равен 60° . Чему равен для этого вещества угол полной поляризации? Какова скорость света в этом веществе?

5-39. Пучок естественного света, длина волны которого в пустоте 586 нм , падает нормально на пластинку исландского шпата. Показатели преломления этого кристалла для обыкновенного и необыкновенного лучей равны соответственно 1,658 и 1,486. Определить длины волн в исландском шпате для обыкновенного и необыкновенного лучей.

5-40. Определить угол максимальной поляризации при отражении света от дна стеклянного сосуда, наполненного водой. Показатель преломления стекла 1,52, а воды 1,33; свет идет от воды к стеклу.

5-41. Количество энергии, получаемой поверхностью Земли от Солнца, достигает $1,4 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \text{ с})$. Полагая, что вся получаемая энергия приносится светом в видимой области с длиной волны 5500 А , определить, сколько фотонов этого излучения поглощается квадратным сантиметром поверхности в секунду.

5-42. При увеличении термодинамической температуры абсолютно черного тела в два раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучательности $(r_{\lambda})_{\text{max}}$, уменьшилась на $\Delta\lambda = 400 \text{ нм}$. Определить начальную и конечную температуру.

5-43. Максимум излучения абсолютно черного тела при нагревании переместился с $0,8$ на $0,6 \text{ мкм}$. Определить, во сколько раз изменилась спектральная плотность энергетической светимости.

5-44. Определить температуру и излучательность абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения приходится на длину волны 400 нм .

5-45. При нагревании абсолютно черного тела максимум спектральной плотности излучательности переместился с $\lambda_1 = 7600 \text{ А}$ на $\lambda_2 = 3800 \text{ А}$. Во сколько раз увеличится максимальная плотность излучательности?

5-46. Максимум излучательной способности абсолютно черного тела приходится на длину волны $\lambda_1 = 1 \text{ мкм}$. На какую длину волны он переместится, когда вследствие охлаждения тела суммарная мощность излучения уменьшилась в 4 раза?

5-47. Максимум спектральной плотности излучательности $(r_{\lambda i})_{\max}$ яркой звезды приходится на длину волны 580 нм . Принимая, что звезда излучает как абсолютно черное тело, определить температуру поверхности звезды.

5-48. Найти температуру наружных слоев Солнца, если максимум энергии излучения приходится на свет с длиной волны около $0,5 \text{ мкм}$. Найти, на какую длину волны приходится максимум теплового излучения человеческого тела (температура 37° C).

5-49. Определить длину волны, на которую приходится максимум энергии в спектре звезды, имеющей температуру $30\,000 \text{ K}$. Чему равна излучательность такой звезды? 5-50. Определить мощность, необходимую для того, чтобы поддерживать неизменной температуру расплавленной платины (1773° C), если площадь поверхности платины $1,0 \text{ см}^2$. Считать платину абсолютно черным телом и потери энергии на теплопроводность не учитывать. Чему равна длина волны в спектре излучения платины, на которую приходится максимальная энергия?

6. ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

1. Формула Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

где $h\nu$ - энергия фотона, падающего на поверхность металла, A - работа

выхода электрона из металла, $\frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия фотоэлектрона,

$h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с - постоянная Планка.

2. Длина волны де Бройля: $\lambda = \frac{h}{p},$

где $p = m_0 v$ - импульс частиц в нерелятивистском случае, m_0 - масса покоя частицы, v - скорость частицы.

3. Частоты и длины волн спектральных линий водорода всех серий определяются формулой:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R c \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где k и n номера орбит, $c = 3 \cdot 10^8$ м / с - скорость света в вакууме,

$R = 1,097 \cdot 10^7$ м⁻¹ - постоянная Ридберга.

При $k=1, n=2, 3, 4, \dots$ серия Лаймана,

$k=2, n=4, 5, 6, \dots$ серия Пашена.

4. Основной закон радиоактивного распада: $N = N_0 e^{-\lambda t},$

где N - число не распавшихся атомов в момент времени t ; N_0 - число ядер имевшихся в наличии в момент времени $t=0$; λ - постоянная радиоактивного распада.

5. Период полураспада T - промежуток времени за который распадается половина имеющихся в наличии атомов ($N = N_0/2$). Период полураспада связан с постоянной радиоактивного распада соотношением

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

числом ядер, распавшихся в единицу времени

$$a = -\frac{dN}{dt} = \lambda N, \text{ или } a = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = a_0 e^{-\lambda t}$$

где dN - число ядер, распадающихся за время dt , $a_0 = \lambda N_0$ - активность изотопа в начальный момент времени.

7. Дефект массы ядра:

$$\Delta m = Z M_H + (A - Z) m_n - M,$$

где Z - зарядное число (число протонов в ядре), A - массовое число (число нуклонов в ядре), $(A - Z)$ - число нейтронов в ядре, M_H - атома водорода, m_n - масса нейтрона, M - масса атома.

8. Энергия масса ядра:

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

Где Δm - дефект массы ядра, c - скорость света в вакууме. Или $E_{св} = 931 \Delta m$

где Δm - дефект массы, выраженный в

а. е. м. (1 а. е. м. = 931 МэВ).

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

6-1. Фотоэффект у некоторого металла начинается при частоте падающего света $6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Определить частоту света, при которой освобождаемые им с поверхностями данного металла электроны полностью задерживаются разностью потенциалов в 3 В . Найти для данного металла работу выхода.

6-2. При освещении некоторого металла излучением с длиной волны 279 нм задерживающий потенциал равен $0,66 \text{ В}$, при длине волны 245 нм задерживающий потенциал становится равным $1,26 \text{ В}$. Определить постоянную Планка и работу выхода электрона из данного металла.

6-3. Работа выхода электронов из кадмия равна $4,08 \text{ эВ}$. Какой должна быть длина волны излучения, падающий на кадмий, чтобы при фотоэффекте максимальная скорость вылетающих электронов была $7,2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$?

6-4. Какова будет длина волны излучения, падающий на стронций, чтобы при фотоэффекте максимальная кинетическая энергия электронов равнялась $1,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$? Красная граница фотоэффекта для стронция 550 нм .

6-5. На поверхность вольфрама падает излучение с длиной волны 220 нм . Определить максимальную скорость вылетающих из него электронов, если работа выхода электронов из вольфрама равна $4,56 \text{ эВ}$.

6-6. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из рубидия при его освещении ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 317 нм , равна $2,84 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Определить работу выхода электронов из рубидия и красную границу фотоэффекта.

6-7. Определить максимальную кинетическую энергию электронов, вылетающих из калия при освещении его лучами с длиной волны 345 нм . Работа выхода электронов из калия $2,26 \text{ эВ}$.

6-8. Какая доля энергии фотона A и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ .

6-9. Работа выхода электрона из лития равна $2,5 \text{ эВ}$. Будет ли иметь место фотоэффект при освещении лития монохроматическим светом с длиной волны 5000 Å ?

6-10. На поверхность металла падают монохроматические лучи с длиной волны $0,1 \text{ мкм}$. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии? Красная граница фотоэффекта $0,3 \text{ мкм}$.

6-11. Определить длину волны де Бройля, для электрона, находящегося на второй боровской орбите в атоме водорода, если радиус орбиты равен $0,212 \text{ нм}$.

6-12.Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В, имеет длину волны де Бройля, равную 0,0202 А. Найти массу этой частицы, если известно, что её заряд численно равен заряду электрона.

6-13.Определить длину волны де Бройля для электрона, если его кинетическая энергия равна 1 кэВ.

6-14.Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 1А?

6-15.Электрон движется по окружности радиусом 0,5 см в однородном магнитном поле с индукцией $8 \cdot 10^{-3}$ Тл. Определить длину волны де Бройля электрона.

6-16.Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его де бройлевская длина волны уменьшилась от $1 \cdot 10^{-10}$ до $0,5 \cdot 10^{-10}$ м?

6-17.Пуля с массой 40 г летит со скоростью 1000 м/с . Какова длина волны де Бройля? Почему волновая природа пули не проявляется в дифракционных явлениях?

6-18.Вычислить длину волны де Бройля для протона с кинетической энергии в 10 эВ.

6-19.Электроны , движущиеся со скоростью 10000 км/с, бомбардируют антикатоде рентгеновской трубки .Определить наименьшую длину волны рентгеновских лучей

6-20.Вычислить длину волны де Бройля для электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 22,5 В.

6-21.Определить (в длинах волн и частотах) спектральные диапазоны, принадлежащие серии Бальмера.

6-22.Определить (в длинах волн и частотах) спектральные диапазоны серии Лаймана.

6-23.Какие спектральные линии появятся при возбуждении атомарного водорода электронами с энергией 12,5 эВ?

6-24.Квант света с энергией 15 эВ выбивает электрон из атома водорода, находящегося в нормальном состоянии. С какой относительной скоростью будет двигаться электрон вдали от ядра?

6-25.Определить частоту и длину волны излучения атома водорода при переходе электрона со второй орбиты на первую.

6-26.Определить частоту и длину волны излучения атома водорода при переходе электрона с четвёртой орбиты на вторую. Какому цвету соответствует это излучение?

6-27.Чему равна энергия электрона, находящегося на 3 орбите атома водорода?

6-28.Определить частоту и период обращения электрона в атоме водорода для первой и второй орбит.

6-29.Разница между головными линиями серий Лаймана и Бальмера в длинах волн в спектре атомарного водорода равна 534,7 нм. Определить при этих данных постоянную Планка.

6-30.В спектре атомарного водорода интервал между двумя первыми линиями, принадлежащим серии Бальмера, составляет $1,71 \cdot 10^{-7}$ м. Определить постоянную Ридберга.

6-31.Сколько ядер распадается в 1 с в препарате радиоактивного иридия $^{192}_{77}\text{Ir}$, если масса препарата равна 5 г? Какая часть начального количества иридия останется нераспавшейся через месяц? Период полураспада $T = 75$ суток.

6-32.Период полураспада полония $^{210}_{84}\text{Po}$ равен 140 суток. Испуская α -частицу, полоний превращается в стабильный свинец $^{206}_{82}\text{Pb}$. Сколько свинца выделится за 100 дней из 1 мг полония?

6-33.Сколько α - частиц испускает 1 г радия за 1 с? Период полураспада радия 1620 лет. Массовое число радия 226.

6-34.За какое время в препарате с постоянной активностью $8,2 \cdot 10^6$ распадается $2,5 \cdot 10^8$ ядер?

6-35.Активность препарата за 5 суток, если период полураспада препарата.

6-36.Масса препарата актиния равна 16мг. Сколько миллиграммов актиния распадается за 1 месяц, если его период полураспада $^{225}_{89}\text{Ac}$ $T = 10$ суток. количестве $4,5 \cdot 10^9$ атомов. Определить начальную активность этого радия, если его период полураспада 1620 лет.

6-38.Определить, чему равна постоянная радиоактивного распада радона. Известно, что период полураспада радона равен $T = 3,82$ суток. Кроме, того подсчитать, сколько распадается радона за 30 дней.

6-39.Определить массу препарата изотопа $^{60}_{27}\text{Co}$, имеющего активность 1 Кюри. Период полураспада $^{60}_{27}\text{Co}$ равен 5,3 года.

6-40. Определить сколько ядер в 1 мг радиоактивного препарата церия ($_{57}\text{Ce}^{144}$) распадается в течение суток и одного года. Период полураспада этого изотопа церия равен $T = 285$ суткам.

6-41. При обстреле ядер фтора $_{9}\text{F}^{19}$ протонами образуется кислород $_{8}\text{O}^{16}$. Сколько энергии выделяется при этой реакции, и какие ещё ядра образуются?

6-42. При обстреле лития $_{3}\text{Li}^7$ протонами получается гелий $_{2}\text{He}^4$. Записать эту реакцию. Сколько энергии освобождается при такой реакции? Считая, что эта энергия поровну распределяется между двумя α - частицами, найти их скорость. Начальную кинетическую энергию ядер лития и протонов принять равной 0.

6-43. При обстреле ядер бора $_{5}\text{B}^{11}$ протонами получается бериллий $_{4}\text{Be}^8$. Какие ещё ядра получаются при этой реакции? Сколько при этом энергии освободится?

6-44. При бомбардировке алюминия $_{13}\text{Al}^{27}$ α -частицами получается фосфор $_{15}\text{P}^{30}$. Записать эту реакцию. Освобождается или поглощается эта энергия и в каком количестве?

6-45. Найти энергию, освобождающуюся при следующей ядерной реакции: $_{4}\text{Be}^9 + _1\text{H}^2 \rightarrow _5\text{B}^{10} + _0\text{n}^1$

6-46. Вычислить энергию реакции $_{3}\text{Li}^7 + _2\text{He}^4 \rightarrow _5\text{B}^{10} + _0\text{n}^1$. Освобождается или поглощается эта энергия?

6-47. Вычислить энергию реакции $_1\text{H}^2 + _1\text{H}^3 \rightarrow _2\text{He}^4 + _0\text{n}^1$. Освобождается или поглощается эта энергия?

6-48. Вычислить дефект массы, полную и удельную энергию связи ядра изотопа кальция $_{20}\text{Ca}^{40}$.

6-49. Найти энергию связи, приходящую на нуклон в ядре кислорода $_{8}\text{O}^{16}$.

6-50. Ядерная реакция протекает по уравнению $_{7}\text{N}^{14} + _2\text{He}^4 \rightarrow _1\text{H}^1 + _8\text{O}^{17}$. Выделяется или поглощается при этом энергия, и в каком количестве?

Приложение 1

Некоторые основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначения	Численное значение
Нормальное ускорение свободно падающих тел	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	6,67*10 ⁻¹¹ м ³ / кг с ²
Число Авогадро	N_A	6,02*10 ²⁶ кмоль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,31*10 ³ Дж/кмоль К
Постоянная Больцмана	k	1,38*10 ⁻²³ Дж/кмоль К
Элементарный электрический заряд	e	1,60*10 ⁻¹⁹ Кл
Масса покоя электрона	m_e	9,11*10 ⁻³¹ кг
Масса покоя протона	m_p	1,672*10 ⁻²⁷ кг
Масса покоя нейтрона	m_n	1,672*10 ⁻²⁷ кг
Масса Земли	M	5,96*10 ²⁴ кг
Средний радиус Земли	R_3	6370 км
Среднее расстояние от Луны до Земли	$R_{л-з}$	384000 км
Скорость света	c	3*10 ⁸ м/с
Заряд электрона	l	1,60*10 ⁻¹⁹ Кл
Масса атома водорода		1,67*10 ⁻²⁷ кг
Универсальная газовая постоянная	R	8,31*10 ³ Дж/К моль
Постоянная Планка	h	6,62*10 ⁻³⁴ Дж·с
Постоянная электрическая	ϵ_0	8,85*10 ⁻¹² ф/м
Постоянная Больцмана	k	1,38*10 ⁻²³ Дж/к·к ⁴
Постоянная Ридберга	R_∞	1,0973*10 ⁷ м ⁻¹
Постоянная магнитная	μ_0	4*10 ⁻⁷ Гн/м
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	5,67*10 ⁸ Вт/м ²
Масса покоя электрона	m_e	9,11*10 ⁻³¹ кг
Масса покоя протона	m_p	1,672*10 ⁻²⁷ кг
Масса покоя нейтрона	m_n	1,672*10 ⁻²⁷ кг
Атомная единица массы	1 а.е.м.	1,66*10 ⁻²⁷ кг
Коэффициент пропорциональности между энергией и массой	c^2	9*10 ¹⁶ Дж/кг=931 Мев
Боровский радиус	r_σ	0,53*10 ⁻¹⁰ м

Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах

t, °C	P, кПа	ρ, 10³ кг/м³
0	0,61	4,84
2	0,70	5,6
8	1,07	8,3
10	1,23	9,4
11	1,31	10,0
16	1,81	13,6
17	1,93	14,5
18	2,06	15,4
19	2,19	16,3
20	2,33	17,3
25	3,16	23,0
27	3,56	25,8
30	4,23	30,3
36	5,93	41,8
60	1,99	130

Массы некоторых изотопов, а.е.м.

Изотоп	Масса	Изотоп	Масса
${}^1_1\text{H}$	1,00783	${}^{11}_5\text{B}$	11,00931
${}^2_1\text{H}$	2,01410	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307
${}^3_1\text{H}$	3,01605	${}^{16}_8\text{O}$	15,99491
${}^4_2\text{He}$	4,00260	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913
${}^7_3\text{Li}$	7,01601	${}^{19}_9\text{F}$	18,99840
${}^8_4\text{Be}$	8,00531	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98153
${}^9_4\text{Be}$	9,01219	${}^{30}_{15}\text{P}$	29,97867
${}^{10}_5\text{Be}$	10,01294	${}^{40}_{20}\text{Ca}$	39,96263
нейтрон	1,00867		

Библиографический список

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3 т. – М.: Лань, 2007. – 3 т.
2. Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов / Т.И. Трофимова – М.: Высшая школа, 2003.
3. Грабовский, Р.И. Курс физики / Р.И. Грабовский. – М.: Лань, 2002. – 608 с.
4. Воронов, В.К. Современная физика: Учебное пособие / В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. – М.: КомКнига, 2005.
5. Яворский, Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф, А.К. Лебедев. – М.: Оникс, Мир и Образование, Харвест, 2006. – 1056 с.
6. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. – М., 1979.
7. Грабовский Р.И. Курс физики. – М., 1980
8. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. – М., 1972. Т. 1-3.
9. Калашников С.Г. Электричество. – М., 1985.
10. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молярная физика. – М., 1976.
11. Новородская Е.М., Дмитриев Э.М. Методика проведения упражнений по физике во втузе. – М., 1981.
12. Рымкевич П.А. Курс физики. М., 1975.
13. Чёртов А.Г. и др. Задачник по физике с примерами решения задач и справочными материалами. – М., 1988.
14. Фиргант Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. – М., 1979.

Общая физика
Методические рекомендации

Составители: Айданова Ольга Серафимовна
Сверчинская Светлана Анатольевна
Редактор и корректор: к.ф.м.н. Черных Алексей Андреевич

2012

