

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

Е. И. Титоренко, Ю. И. Ткачева, Л. П. Комина

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ФИЗИКЕ

**Основные физические формулы. Контрольные работы
и расчётно-графические задания. Тесты**

Утверждено в качестве учебного пособия
Ученым советом Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»

2-е издание, исправленное и дополненное

Комсомольск-на-Амуре
2014

УДК 531+536+53(07)
ББК 22.2+22.3+22.317я7
Т45

Рецензенты:

Б. Е. Фишман, доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики и методики обучения математики ФГБОУ ВПО «Приамурский государственный университет имени Шолома-Алейхема»;
Кафедра «Физика и теоретическая механика» ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения»,
зав. кафедрой доктор физико-математических наук, профессор В. В. Криштоп

Титоренко, Е. И.

Т45 Контрольно-измерительные материалы по физике. Основные физические формулы. Контрольные работы и расчетно-графические задания. Тесты : учеб. пособие / Е. И. Титоренко, Ю. И. Ткачева, Л. П. Комина. – 2-е изд., испр. и доп. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 96 с.

ISBN 978-5-7765-0990-2

В пособии рассматриваются вопросы по следующим разделам курса «Физика»: «Физические основы механики. Элементы теории относительности», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм», «Колебания и волны», «Геометрическая оптика. Волновая оптика. Квантово-оптические явления», «Квантовая механика. Атомная и ядерная физика». В каждом разделе приведены основные формулы, примеры решения задач, задачи для выполнения контрольных работ и расчетно-графических заданий. В конце пособия приведены тесты для самоконтроля и подготовки к экзамену.

Пособие предназначено для студентов технических специальностей всех форм обучения.

УДК 531+536+53(07)
ББК 22.2+22.3+22.317я7

ISBN 978-5-7765-0990-2

© ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»,
2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	5
УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ	6
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	9
1.1. Основные формулы	9
1.1.1. Кинематика поступательного и вращательного движения	9
1.1.2. Динамика поступательного и вращательного движения	9
1.1.3. Законы сохранения в механике	10
1.1.4. Элементы теории относительности	12
1.2. Примеры решения задач	13
1.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	15
2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	21
2.1. Основные формулы	21
2.1.1. Законы идеального газа	21
2.1.2. Основное уравнение кинетической теории газов	22
2.1.3. Явления переноса в термодинамических неравновесных системах ...	23
2.1.4. Первое начало термодинамики	23
2.1.5. Термический коэффициент полезного действия цикла	24
2.1.6. Реальные газы	24
2.2. Примеры решения задач	25
2.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	26
3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ	29
3.1. Основные формулы	29
3.1.1. Электростатика	29
3.1.2. Постоянный электрический ток	31
3.1.3. Электромагнетизм	32
3.2. Примеры решения задач	34
3.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	36
4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	40
4.1. Основные формулы	40
4.1.1. Механические колебания	40
4.1.2. Электромагнитные колебания	41
4.1.3. Упругие волны. Электромагнитные волны	43
4.2. Примеры решения задач	45
4.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	47
5. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	51
5.1. Основные формулы	51
5.1.1. Геометрическая оптика	51
5.1.2. Волновая оптика	51
5.1.3. Квантовая оптика	53

5.2. Примеры решения задач	54
5.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	55
6. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА	59
6.1. Основные формулы	59
6.1.1. <i>Квантовая механика</i>	59
6.1.2. <i>Ядерная физика</i>	60
6.2. Примеры решения задач	61
6.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ	62
7. ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	95

ВВЕДЕНИЕ

Физика – одна из основных естественных наук. Она изучает закономерности наиболее общих форм движения материи.

Физика выросла из потребностей механики (развитие механики у древних греков, например, было вызвано запросами строительной и военной техники того времени). Техника, в свою очередь, определяет направление физических исследований (например, в свое время задача создания наиболее экономичных тепловых двигателей вызвала бурное развитие термодинамики). С другой стороны, от развития физики зависит технический уровень производства. Физика – база для создания новых отраслей техники (электронной техники, ядерной техники и др.), она способствует развитию других наук, которые все шире пользуются её методами.

Пособие состоит из шести разделов физики: «Физические основы механики. Элементы теории относительности», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм», «Колебания и волны», «Геометрическая оптика, волновая оптика, квантово-оптические явления», «Квантовая механика. Атомная и ядерная физика». В каждом из них даны основные формулы, примеры решения задач, задачи для выполнения контрольных работ и расчетно-графических заданий (РГЗ) различной степени трудности. Кроме того, в пособии приведены тесты для самоконтроля и подготовки к экзамену (зачету).

Цель настоящего учебного пособия – оказать помощь студентам, обучающимся на инженерно-технических специальностях по программе с сокращенным курсом часов по физике.

Учебная работа студента по изучению физики складывается из следующих основных элементов: слушания курса лекций, выполнения контрольных работ и РГЗ, лабораторных работ, экзамена или зачета.

УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. Прочитать условие задачи.
2. Записать условие задачи в кратком виде (выразить единицы измерения в СИ) и искомые величины.
3. Выяснить, какие физические явления или процессы имеют место в данной задаче. Вспомнить физический смысл величин, характеризующих эти явления.
4. Сделать чертеж (схему, рисунок) по условию задачи.
5. Записать формулы физических законов, используемых при решении задачи с объяснением физических величин, входящих в формулы.
6. Решить полученную систему уравнений в общем виде относительно искомых величин.
7. Произвести проверку единиц измерения.
8. Вычислить значения искомых величин с учетом правил приближенных вычислений.
9. Записать ответ.

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

К выполнению контрольных работ и РГЗ по каждому разделу физики студент, обучающийся по программе с сокращенным курсом часов, приступает только после изучения материала, соответствующего данному разделу программы, внимательного ознакомления с примерами, помещенными в данном пособии.

При выполнении контрольных работ и РГЗ студенту необходимо руководствоваться следующим:

1. Контрольные работы выполняются чернилами в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

Министерство образования и науки Российской Федерации	
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»	
Факультет экологии и химической технологии Кафедра «Общая физика»	
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ) по курсу «Физика»	
Вариант 1	
Студент гр. 7ОП	И.П. Андреев
Преподаватель	Л.П. Комина
2014	

2. Условия задач в контрольной работе (РГЗ) переписываются полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля.

3. В конце контрольной работы (РГЗ) указывается, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики (автор, название учебника, место издания, издательство, год издания, количество страниц).

4. Студенты, изучающие курс физики **один семестр**, выполняют **одну** контрольную работу (РГЗ), состоящую из **20 задач** (табл. 1).

Студенты, изучающие курс физики **два семестра**, выполняют **две** контрольные работы (РГЗ), состоящие из **10 задач каждая** (табл. 2, 3).

5. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу (РГЗ), определяются по вариантам, выданным **преподавателем**.

6. При защите контрольной работы (РГЗ) студент должен быть готов дать пояснения по существу решения задач.

***Примечание.** Все константы, необходимые для решения задач, приведены в соответствующих разделах вместе с формулами.*

Таблица 1

Варианты контрольных работ (РГЗ)
для студентов, учебными планами которых предусмотрена одна контрольная работа

Номер вари- анта	Номера задач																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201	221	241	261	281	301	321	341	361	381	
2	22	42	62	82	102	122	142	162	182	202	222	242	262	282	302	322	342	362	382	
3	23	43	63	83	103	123	143	163	183	203	223	243	263	283	303	323	343	363	383	
4	24	44	64	84	104	124	144	164	184	204	224	244	264	284	304	324	344	364	384	
5	25	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265	285	305	325	345	365	385	
6	26	46	66	86	106	126	146	166	186	206	226	246	266	286	306	326	346	366	386	
7	27	47	67	87	107	127	147	167	187	207	227	247	267	287	307	327	347	367	387	
8	28	48	68	88	108	128	148	168	188	208	228	248	268	288	308	328	348	368	388	
9	29	49	69	89	109	129	149	169	189	209	229	249	269	289	309	329	349	369	389	
10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390	
11	31	51	71	91	111	131	151	171	191	211	231	251	271	291	311	331	351	371	391	
12	32	52	72	92	112	132	152	172	192	212	232	252	272	292	312	332	352	372	392	
13	33	53	73	93	113	133	153	173	193	213	233	253	273	293	313	333	353	373	393	
14	34	54	74	94	114	134	154	174	194	214	234	254	274	294	314	334	354	374	394	
15	35	55	75	95	115	135	155	175	195	215	235	255	275	295	315	335	355	375	395	
16	36	56	76	96	116	136	156	176	196	216	236	256	276	296	316	336	356	376	396	
17	37	57	77	97	117	137	157	177	197	217	237	257	277	297	317	337	357	377	397	
18	38	58	78	98	118	138	158	178	198	218	238	258	278	298	318	338	358	378	398	
19	39	59	79	99	119	139	159	179	199	219	239	259	279	299	319	339	359	379	399	
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	

Таблица 2

**Варианты контрольной работы (РГЗ) 1
для студентов, выполняющих две контрольные работы**

Номер варианта	Номера задач									
	1	1	21	41	61	81	101	121	141	161
2	2	22	42	62	82	102	122	142	162	182
3	3	23	43	63	83	103	123	143	163	183
4	4	24	44	64	84	104	124	144	164	184
5	5	25	45	65	85	105	125	145	165	185
6	6	26	46	66	86	106	126	146	166	186
7	7	27	47	67	87	107	127	147	167	187
8	8	28	48	68	88	108	128	148	168	188
9	9	29	49	69	89	109	129	149	169	189
10	10	30	50	70	90	110	130	150	170	190
11	11	31	51	71	91	111	131	151	171	191
12	12	32	52	72	92	112	132	152	172	192
13	13	33	53	73	93	113	133	153	173	193
14	14	34	54	74	94	114	134	154	174	194
15	15	35	55	75	95	115	135	155	175	195
16	16	36	56	76	96	116	136	156	176	196
17	17	37	57	77	97	117	137	157	177	197
18	18	38	58	78	98	118	138	158	178	198
19	19	39	59	79	99	119	139	159	179	199
20	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200

Таблица 3

**Варианты контрольной работы (РГЗ) 2
для студентов, выполняющих две контрольные работы**

Номер варианта	Номера задач									
	1	201	221	241	261	281	301	321	341	361
2	202	222	242	262	282	302	322	342	362	382
3	203	223	243	263	283	303	323	343	363	383
4	204	224	244	264	284	304	324	344	364	384
5	205	225	245	265	285	305	325	345	365	385
6	206	226	246	266	286	306	326	346	366	386
7	207	227	247	267	287	307	327	347	367	387
8	208	228	248	268	288	308	328	348	368	388
9	209	229	249	269	289	309	329	349	399	389
10	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390
11	211	231	251	271	291	311	331	351	371	391
12	212	232	252	272	292	312	332	352	372	392
13	213	233	253	273	293	313	333	353	373	393
14	214	234	254	274	294	314	334	354	374	394
15	215	235	255	275	295	315	335	355	375	395
16	216	236	256	276	296	316	336	356	376	396
17	217	237	257	277	297	317	337	357	377	397
18	218	238	258	278	298	318	338	358	378	398
19	219	239	259	279	299	319	339	359	379	399
20	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

1.1. Основные формулы

1.1.1. Кинематика поступательного и вращательного движения

$x = f(t)$	– кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела) вдоль оси X , где $f(t)$ – некоторая функция времени
$\langle v_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	– средняя скорость
$\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$	– средняя путевая скорость, где ΔS – путь, пройденный точкой за интервал времени Δt . Путь ΔS в отличие от разности координат $\Delta x = x_2 - x_1$ не может убывать
$v_x = \frac{dx}{dt}$	– мгновенная скорость
$\langle a_x \rangle = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$	– среднее ускорение
$a(x) = \frac{dv_x}{dt}$	– мгновенное ускорение
$\varphi = f(t),$ $r = R = const$	– кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности
$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	– мгновенная угловая скорость
$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$	– угловое ускорение
Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности: $v = \omega R, \quad a_\tau = \varepsilon R, \quad a_n = \omega^2 R,$ где v – линейная скорость; a_τ и a_n – тангенциальное и нормальное ускорения; ω – угловая скорость; ε – угловое ускорение; R – радиус окружности	
$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ или $a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$	– полное ускорение

1.1.2. Динамика поступательного и вращательного движения

$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$	– импульс материальной точки массой m , движущейся поступательно со скоростью v
$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ или $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	– второй закон Ньютона, где $\sum \vec{F}_i$ – равнодействующая всех сил; \vec{a} – ускорение; m – масса
Силы, рассматриваемые в механике	
$F = -kx$	– сила упругости, где k – коэффициент упругости (в случае пружины – жесткость); x – абсолютная деформация
$P = mg$	– сила тяжести, где m – масса, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	– сила гравитационного взаимодействия, где $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$ – гравитационная постоянная; m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между телами (тела рассматриваются как материальные точки). В случае гравитационного взаимодействия силу можно выразить также через напряженность g гравитационного поля $F = mg$
$g = G \frac{M}{r^2}$	– напряженность гравитационного поля Земли, где M – масса Земли
$\varphi = -G \frac{M}{r}$	– потенциал гравитационного поля Земли
$g = -\frac{d\varphi}{dr}$	– связь между напряженностью и потенциалом поля тяготения
$F = fN$	– сила трения (скольжения), где f – коэффициент трения; N – сила нормального давления
$M_z = J_z \varepsilon$	– основное уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси z , где M_z – результирующий момент внешних сил относительно оси z , действующих на тело; ε – угловое ускорение; J_z – момент инерции тела относительно оси вращения
Моменты инерции некоторых тел массой m относительно оси z, проходящей через центр масс	
$J = mr^2$	– момент инерции материальной точки, где r – расстояние до оси вращения
$J = \frac{1}{12} ml^2$	– момент инерции стержня длиной l относительно оси, перпендикулярной стержню
$J = mR^2$	– момент инерции обруча (тонкостенного цилиндра) относительно оси, перпендикулярной плоскости обруча (совпадающей с осью цилиндра), где R – радиус обруча (цилиндра)
$J = \frac{1}{2} mR^2$	– момент инерции диска радиусом R относительно оси, перпендикулярной плоскости диска
$J = \frac{2}{5} mR^2$	– момент инерции шара радиусом R относительно оси, проходящей через центр шара
$J = J_C + ma^2$	– теорема Штейнера: момент инерции тела J относительно произвольной оси равен моменту его инерции J_C относительно параллельной оси, проходящей через центр масс C тела, сложенному с произведением массы m на квадрат расстояния a между осями

1.1.3. Законы сохранения в механике

$\sum_{i=1}^n \vec{P}_i = const$	– закон сохранения импульса
$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$	– закон сохранения импульса для абсолютно упругого удара двух тел, где v_1 и v_2 – скорости тел в момент

	времени, принятый за начальный; u_1 и u_2 – скорости тех же тел в момент времени, принятый за конечный
$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$	– закон сохранения импульса для абсолютно неупругого удара двух тел, где v_1 и v_2 – скорости тел в момент времени, принятый за начальный; u – общая скорость тех же тел в момент времени, принятый за конечный
$A = F s \cos \alpha$	– механическая работа постоянной силы \vec{F} , где s – пройденный телом путь, α – угол между вектором силы \vec{F} и направлением перемещения s
$A = \int_1^2 F ds \cos \alpha$	– механическая работа переменной силы $\vec{F} = \vec{F}(s)$, где ds – элементарный путь
$dA = M_z d\phi$	– работа при вращении тела, где M_z – момент силы относительно оси z , $d\phi$ – угол поворота тела под действием момента силы M_z
$N = \frac{dA}{dt} = F v \cos \alpha$	– мощность, где dA – работа, совершаемая за время dt , F – сила совершающая работу, v – скорость движения точки приложения сил, α – угол между направлениями приложенной силы F и скорости v
$N = M_z \omega$	– мощность при вращательном движении, где ω – угловая скорость вращения
$T = \frac{mv^2}{2}$ или $T = \frac{p^2}{2m}$	– кинетическая энергия тела, движущегося поступательно
$T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$ или $T = \frac{L_z^2}{2J_z}$	Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси z , где L_z – момент импульса относительно оси z
$\Pi = \frac{1}{2} kx^2$	– потенциальная энергия упругодеформированной пружины, где k – жесткость пружины; x – абсолютная деформация
$\Pi = -\frac{G m_1 m_2}{r}$	– потенциальная энергия гравитационного взаимодействия, где G – гравитационная постоянная; m_1 и m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между ними (тела рассматриваются как материальные точки)
$\Pi = mgh$	– потенциальная энергия тела, находящегося в однородном поле силы тяжести, где g – ускорение свободного падения; h – высота тела над уровнем, принятым за нулевой (формула справедлива при условии $h \ll R$, где R – радиус Земли)
$E = T + \Pi = const$	– закон сохранения механической энергии
$A = \Delta E = E_2 - E_1$	– работа A , совершаемая внешними силами, определяется как мера изменения энергии системы
$L_z = J_z \omega$	– момент импульса тела, вращающегося относительно неподвижной оси z , где ω – угловая скорость тела

$\sum J_i \cdot \vec{\omega}_i = \sum J_i' \cdot \vec{\omega}_i'$ или $\vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \dots + \vec{L}_n = const$	– закон сохранения момента импульса системы тел, вращающихся вокруг неподвижной оси, где J_i , ω_i и J_i' , ω_i' – моменты инерции системы тел и угловые скорости вращения в моменты времени, принятые за начальный и конечный
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.1.4. Элементы теории относительности

$v = \frac{v_0 + v'}{1 + \frac{v_0 \cdot v'}{c^2}}$	– формула сложения скоростей в СТО, где v_0 – скорость относительно неподвижной системы отсчета, v' – скорость частицы относительно движущейся системы, движущейся в том же направлении, v – скорость частицы относительно неподвижной системы отсчета, $c = 3 \cdot 10^8 \left(\frac{м}{с} \right)$ – скорость света в вакууме
$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$	– длина тел в разных системах отсчета, где l_0 – длина тела в неподвижной системе отсчета, l – длина в системе, движущейся относительно неподвижной системы отсчета, v – скорость подвижной системы отсчета относительно неподвижной
$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	– длительность событий в разных системах отсчета, где τ_0 – длительность события в неподвижной системе отсчета, τ – длительность события в системе, движущейся относительно неподвижной системы отсчета
$E_0 = m_0 c^2$	– собственная энергия частицы, где m_0 – масса покоя частицы
$E = \sqrt{(pc)^2 + E_0^2}$	– связь релятивистской энергии с импульсом частицы
$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	– релятивистская энергия частицы
$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	– релятивистский импульс частицы
$E_k = m_0 c^2 \left(\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - l \right)$	– релятивистская кинетическая энергия
$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ или}$ $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$	– релятивистская масса, где v – скорость частицы, $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$

1.2. Примеры решения задач

Пример 1.1. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10 \text{ рад}$, $B = 20 \text{ рад/с}$, $C = -2 \text{ рад/с}^2$. Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии $r = 0,1 \text{ м}$ от оси вращения для момента времени $t = 4 \text{ с}$.

Дано:
 $\varphi = A + Bt + Ct^2$
 $A = 10 \text{ рад}$
 $B = 20 \text{ рад/с}$
 $C = -2 \text{ рад/с}^2$
 $r = 0,1 \text{ м}$
 $t = 4 \text{ с}$
 Найти: a_0

Решение:

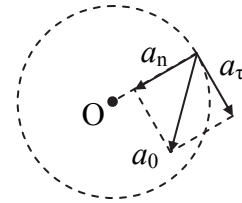
Полное ускорение \vec{a}_0 может быть найдено как геометрическая сумма тангенциального ускорения a_τ и нормального ускорения a_n :

$$\vec{a}_0 = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n.$$

Так как \vec{a}_τ и \vec{a}_n взаимно перпендикулярны, то модуль полного ускорения

$$a_0 = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}, \quad (1.1)$$

$$a_\tau = \varepsilon r, \quad a_n = \omega^2 r, \quad (1.2)$$



где ε – угловое ускорение, ω – угловая скорость. Подставляя выражения a_τ и a_n в формулу (1.1), находим: $a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + \omega^4 r^2} = r\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$. Угловую скорость найдем, взяв первую производную угла поворота по времени: $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 2Ct$. В момент времени $t = 4 \text{ с}$ угловая скорость $\omega = [20 + 2(-2) \cdot 4] = 4 (\text{рад/с})$. Угловое ускорение найдем, взяв первую производную от угловой скорости по времени: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2C = -4 \text{ рад/с}^2$.

Подставляя значение ω , ε и r в формулу (1.2), получим

$$a_0 = 0,1 \cdot \sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 (\text{м/с}^2).$$

Подставляя значение ω , ε и r в формулу (1.2), получим

$$a_0 = 0,1 \cdot \sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 (\text{м/с}^2).$$

Ответ: $1,65 \text{ м/с}^2$.

Пример 1.2. Тело массой $m = 2,5 \text{ кг}$ движется вертикально вниз с ускорением $a = 19,6 \text{ м/с}^2$. Определить значение силы, которая действует на тело одновременно с силой тяжести во время падения. Спротивлением воздуха пренебречь.

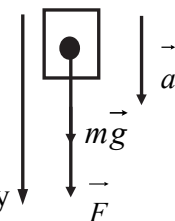
Решение:

На падающее в воздухе тело действуют: $m\vec{g}$ – сила тяжести;

Дано:
 $m = 2,5 \text{ кг}$
 $a = 19,6 \text{ м/с}^2$
 Найти: F

\vec{F} – дополнительная сила, которая действует на тело одновременно с силой тяжести и совпадает по направлению. Согласно II закону Ньютона:

$\vec{F} + m\vec{g} = m\vec{a}$. Возьмем проекции на ось ОУ: $F + mg = ma$, отсюда $F = ma - mg = m(a - g)$,



$$F = 2,5 \cdot (19,6 - 9,8) = 24,5 (\text{Н}); \quad F = k\mathcal{L} \left(\frac{M}{c^2} - \frac{M}{c^2} \right) = \frac{k\mathcal{L} \cdot M}{c^2} = H.$$

Ответ: $F = 24,5 \text{ Н}$.

Пример 1.3. Маховик в виде сплошного диска радиусом $R = 0,2 \text{ м}$ и массой $m = 50 \text{ кг}$ раскручен до частоты $n_1 = 480 \text{ мин}^{-1}$ и предоставлен сам себе. Под действием сил трения маховик остановился через время $t = 50 \text{ с}$. Найти момент сил трения.

Дано:
 $R = 0,2 \text{ м}$
 $m = 50 \text{ кг}$
 $n_1 = 480 \text{ мин}^{-1} = 8 \text{ с}^{-1}$
 $n_2 = 0$
 $t = 50 \text{ с}$
 Найти: $M_{тр}$

Решение:

Воспользуемся основным уравнением динамики вращательного движения в виде

$$\Delta L_z = M_z \cdot \Delta t, \quad (1.3)$$

где ΔL_z – изменение момента импульса маховика, вращающегося относительно оси z , совпадающей с геометрической осью маховика, за интервал времени Δt , M_z – момент сил трения, действующих на маховик относительно той же оси. При вращении твердого тела относительно неподвижной

оси изменение момента импульса

$$\Delta L_z = I_z \cdot \Delta \omega, \quad (1.4)$$

где I_z – момент инерции маховика относительно оси z ; $\Delta \omega$ – изменение угловой скорости маховика. Приравняв правые части равенств (1.3) и (1.4), получим $M_z \cdot \Delta t = I_z \cdot \Delta \omega$, откуда

$$M_z = I_z \cdot \Delta \omega / \Delta t. \quad (1.5)$$

Момент инерции маховика в виде сплошного диска определяется по формуле $I_z = \frac{1}{2} m R^2$. Изменение угловой скорости $\Delta \omega = \omega_2 - \omega_1 = 2\pi n_2 - 2\pi n_1 = 2\pi(n_2 - n_1)$. Подставив в формулу (1.5) выражения I_z и $\Delta \omega$, получим $M_z = \pi m R^2 (n_2 - n_1) / \Delta t$,

$$M_z = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 0,2^2 \cdot (0 - 8)}{50} = -1(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

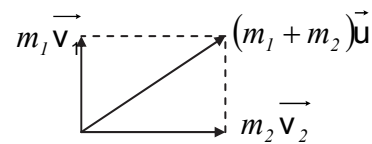
Ответ: $M_z = -1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Пример 1.4. Какая часть кинетической энергии перейдет в теплоту при неупругом столкновении двух одинаковых тел, движущихся до удара с равными по модулю скоростями под прямым углом друг другу?

Дано:
 $m_1 = m_2 = m$
 $v_1 = v_2 = v$
 $\alpha = 90^\circ$
 Найти: $\frac{Q}{E}$

Решение:

Из закона сохранения импульса $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$ получаем $\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = 2\vec{u}$, где $m_1 \vec{v}_1$ и $m_2 \vec{v}_2$ – импульсы первого и второго тела до удара, $(m_1 + m_2) \cdot \vec{u}$ – импульс двух тел после неупругого



удара. Учитывая, что $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, найдем модуль скорости тел после неупругого удара:

$$u = \frac{1}{2} \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \frac{1}{2} v \cdot \sqrt{2} = \frac{v}{\sqrt{2}}. \text{ Определим кинетическую энергию двух тел до удара } E_1$$

$$\text{и после удара } E_2: E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = m v^2, E_2 = \frac{(m_1 + m_2) \cdot u^2}{2} = \frac{2 m u^2}{4} = \frac{m u^2}{2}.$$

$$\text{В теплоту превратилась энергия } Q = E_1 - E_2 = m v^2 - \frac{m v^2}{2} = \frac{m v^2}{2}, \text{ поэтому } \frac{Q}{E_1} = \frac{m v^2}{2 m v^2} = 0,5.$$

Ответ: $\frac{Q}{E_1} = 0,5$.

1.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

1) Две прямые дороги пересекаются под углом $\alpha = 60^\circ$. От перекрестка по ним удаляются две машины: одна со скоростью $v_1 = 60$ км/ч, другая со скоростью $v_2 = 80$ км/ч. Определить скорость, с которой первая машина удаляется от второй. Перекресток машины прошли одновременно.

2) Два автомобиля, выехав одновременно из одного пункта, движутся прямолинейно в одном направлении. Зависимость пройденного ими пути задается уравнениями $s_1 = At + Bt^2$ и $s_2 = Ct + Dt^2 + Ft^3$. $A = 14$ м/с, $C = 2$ м/с, $D = 1$ м/с², $F = 1$ м/с³. Найти относительную скорость автомобилей через 2 с от начала движения.

3) Велосипедист проехал первую половину времени своего движения со скоростью $v_1 = 16$ км/ч, вторую половину времени – со скоростью $v_2 = 12$ км/ч. Определить среднюю скорость движения велосипедиста.

4) Велосипедист проехал первую половину пути своего движения со скоростью $v_1 = 16$ км/ч, вторую половину пути – со скоростью $v_2 = 12$ км/ч. Определить среднюю скорость движения велосипедиста.

5) При падении камня в колодец его удар о поверхность воды доносится через время $t = 5$ с. Принимая скорость звука $v = 330$ м/с, определить глубину колодца. Принять $g = 10$ м/с².

6) Поезд начинает двигаться равноускоренно с ускорением $a = 0,06$ м/с². Через сколько времени скорость поезда будет равна $v = 12$ м/с?

7) Тело падает вертикально вниз с ускорением $g = 10$ м/с². Какой путь пройдет тело за 1 с, за 2 с?

8) Велосипедист движется под уклон с ускорением $a = 0,3$ м/с². Какую скорость приобретает велосипедист через время $t = 20$ с, если его начальная скорость $v_0 = 4$ м/с.

9) Скорость поезда за время $t = 20$ с уменьшилась с $v_1 = 20$ м/с до $v_2 = 15$ м/с. С каким ускорением двигался поезд?

10) Пуля вылетает из ружья вертикально вверх со скоростью $v_0 = 500$ м/с. На какую высоту поднимется пуля? Принять $g = 10$ м/с².

11) Ружейная пуля при выстреле из ружья имела скорость $v_0 = 300$ м/с. С каким ускорением двигалась пуля, если длина ствола $l = 60$ см?

12) С горы длиной $l = 60$ м санки скатились за $t = 10$ с. С каким ускорением двигались санки?

13) С горы длиной $l = 50$ м санки скатились за время $t = 10$ с. Какую скорость приобрели санки в конце горы?

14) Камень, брошенный из окна второго этажа с высоты $h = 4$ м, падает на землю на расстоянии $S = 3$ м от стены дома. Чему равен модуль перемещения камня? Принять $g = 10$ м/с².

15) Уравнение зависимости проекции скорости движущегося тела от времени: $v_x = 2 + 3t$. Каково соответствующее уравнение проекции перемещения тела?

16) Какой путь пройдет свободно падающее тело за шестую секунду? Начальная скорость $v_0 = 0$. Принять $g = 10$ м/с².

17) Автомобиль, трогаясь с места, движется с ускорением $a = 3\text{ м/с}^2$. Какова его скорость через время $t = 4\text{ с}$?

18) Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $x = 8t - t^2$. В какой момент времени проекция скорости тела на ось Ox равна нулю?

19) От высокой скалы откололся и стал свободно падать камень. Какую скорость он будет иметь через время $t = 3\text{ с}$ от начала падения? Принять $g = 10\text{ м/с}^2$.

20) Поезд массой $m = 4400\text{ т}$ движется со скоростью $v = 36\text{ км/ч}$. Вычислить время торможения до полной остановки поезда, если коэффициент трения $\mu = 0,01$.

21) Пуля массой $m = 10\text{ г}$ вылетает из ружья со скоростью $v = 600\text{ м/с}$. Определить силу давления пороховых газов и время движения пули в стволе, если длина его $l = 1,2\text{ м}$.

22) Автомобиль массой $m = 3\text{ т}$ движется со скоростью $v = 8\text{ м/с}$ и останавливается при торможении через $t = 6\text{ с}$. Какова величина тормозящей силы?

23) Вагонетка массой $m = 1000\text{ кг}$ приводится в движение натянутым канатом. Сообщаемое вагонетке ускорение $a = 0,25\text{ м/с}^2$. Какова сила натяжения каната, если коэффициент трения $\mu = 0,02$.

24) Мальчик массой $m = 50\text{ кг}$, скатившись на санках с горы, проехал по горизонтальной дороге до остановки путь $S = 20\text{ м}$ за время $t = 10\text{ с}$. Найти силу трения и коэффициент трения.

25) Брусok массой $m = 0,1\text{ кг}$ движется по горизонтальной поверхности под действием силы тяги $F = 0,1\text{ Н}$ с ускорением $a = 5\text{ м/с}^2$. Найти силу трения.

26) Автомобиль массой $m = 2000\text{ кг}$ двигался со скоростью $v = 20\text{ м/с}$, при торможении остановился за $t = 10\text{ с}$. Определить величину силы торможения.

27) Тело массой $m = 0,1\text{ кг}$, падая с высоты $h = 10\text{ м}$, приобрело скорость $v = 12\text{ м/с}$. Найти среднюю силу сопротивления воздуха.

28) Подъемный кран поднимает груз массой $m = 1000\text{ кг}$. Какова сила натяжения троса, если груз движется с ускорением $a = 0,25\text{ м/с}^2$?

29) Автомобиль массой $m = 2000\text{ кг}$, трогаясь с места, прошел путь $S = 100\text{ м}$ за время $t = 10\text{ с}$. Найти силу тяги.

30) Мяч массой $m = 0,5\text{ кг}$ после удара, длящегося промежуток времени $t = 0,02\text{ с}$, приобретает скорость $v = 10\text{ м/с}$. Найти среднюю силу удара.

31) Под действием силы $F = 20\text{ Н}$ тело движется с ускорением $a = 0,4\text{ м/с}^2$. С каким ускорением будет двигаться это тело под действием силы $F = 40\text{ Н}$?

32) На горизонтальной дороге автомобиль делает разворот радиусом $R = 9\text{ м}$. Коэффициент трения шин об асфальт $\mu = 0,4$. Какова должна быть скорость автомобиля, чтобы его не занесло?

33) После удара клюшкой шайба массой $m = 0,15\text{ кг}$ скользит по льду. Ее скорость при этом меняется в соответствии с уравнением $v = 20 - 3t$. Чему равна сила трения?

34) Под действием силы $F_1 = 3\text{ Н}$ пружина удлинилась на $x_1 = 4\text{ см}$. Чему равен модуль силы, под действием которой удлинение пружины составит $x_2 = 6\text{ см}$?

35) Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом $R = 2 \cdot 10^7\text{ м}$. Чему равна его скорость? Принять $g = 10\text{ м/с}^2$.

36) Радиус планеты меньше радиуса Земли в 3 раза. Чему равна масса планеты, если сила тяжести тела на ее поверхности равна силе тяжести этого тела на поверхности Земли? (Масса Земли равна M).

37) Легкоподвижную тележку массой $m = 3\text{ кг}$ толкают с силой $F = 6\text{ Н}$. Каково ускорение тележки? Какой путь пройдет тележка за время $t = 3\text{ с}$, если движение начато из состояния покоя?

38) В шахту равноускоренно спускается бадья массой $m = 500\text{ кг}$. В первые 10 с от начала движения она проходит расстояние $S = 20\text{ м}$. Какова сила натяжения каната?

39) На концах нити, перекинутой через блок, висят два груза: $m_1 = 960\text{ г}$, $m_2 = 1000\text{ г}$. Под действием перегрузки они приходят в движение. С каким ускорением движутся грузы?

40) Тепловоз трогает с места состав массой $m = 1000\text{ т}$ и в течение $t = 1,5\text{ мин}$ развивает скорость $v = 4,5\text{ м/с}$. Определить силу тяги тепловоза, если коэффициент трения $\mu = 0,005$.

41) Автомобиль массой $m = 1,2\text{ т}$ начинает движение с места с ускорением $a = 0,8\text{ м/с}^2$. Какую силу тяги развивает при этом двигатель, если коэффициент трения $\mu = 0,02$?

42) Платформа массой $m_1 = 10\text{ т}$ движется со скоростью $v_1 = 7,2\text{ км/ч}$. Ее нагоняет другая платформа массой $m_2 = 15\text{ т}$, движущаяся со скоростью $v_2 = 3\text{ м/с}$, после чего обе платформы продолжают движение совместно. Определить общую скорость движения.

43) Грузный вагон массой $m_1 = 50\text{ т}$, движущийся со скоростью $v_1 = 3\text{ м/с}$, сталкивается с покоящимся вагоном массой $m_2 = 20\text{ т}$. В результате происходит автоматическое сцепление вагонов. С какой скоростью будут двигаться вагоны?

44) Два шара массами $m_1 = 1\text{ кг}$ и $m_2 = 2\text{ кг}$ движутся навстречу друг другу и сталкиваются неупруго. Скорости шаров до удара $v_1 = 1\text{ м/с}$, $v_2 = 2\text{ м/с}$. Определить скорость шаров после удара.

45) Граната, летевшая со скоростью $v = 15\text{ м/с}$, разорвалась на две части массами $m_1 = 6\text{ кг}$ и $m_2 = 14\text{ кг}$. Скорость большего куска возросла до $v_2 = 24\text{ м/с}$ по направлению движения. Какова скорость меньшего осколка?

46) Две тележки массами $m_1 = 0,6\text{ кг}$ и $m_2 = 0,8\text{ кг}$ едут навстречу друг другу. Скорость первой тележки $v_1 = 0,4\text{ м/с}$. При столкновении обе тележки остановились. Какова была скорость второй тележки?

47) Санки после толчка движутся по горизонтальной дорожке. Как изменится импульс санок, если на них в течение времени $t = 5\text{ с}$ действует сила трения $F = 20\text{ Н}$?

48) Пластилинный шарик массой m , движущийся со скоростью v , налетает на покоящийся пластилинный шарик массой $2m$. После удара шарики, слипшись, движутся вместе. Какова скорость их движения?

49) Пуля вылетает из винтовки со скоростью $v_{\text{п}} = 900\text{ м/с}$. Найти скорость винтовки при отдаче, если ее масса в 500 раз больше массы пули.

50) Граната, летевшая со скоростью $v = 15\text{ м/с}$, разорвалась на две части с массами $m_1 = 10\text{ кг}$ и $m_2 = 14\text{ кг}$. Скорость большего осколка $v_2 = 20\text{ м/с}$ направлена так же, как и скорость гранаты до взрыва. Найти направление и значение скорости меньшего осколка.

51) Человек массой $m_1 = 75\text{кг}$, стоящий у железнодорожного пути, становится на подножку дрезины, идущей со скоростью $v_2 = 3\text{м/с}$. Какой станет скорость дрезины после этого, если масса дрезины $m_2 = 300\text{кг}$?

52) Пуля вылетает из винтовки со скоростью $v_{\text{п}} = 1000\text{м/с}$, скорость винтовки при отдаче $v_{\text{в}} = 2\text{м/с}$. Во сколько раз масса пули меньше массы винтовки?

53) Человек массой $m_1 = 70\text{кг}$, стоящий на коньках на льду, бросает горизонтально камень массой $m_2 = 2\text{кг}$ со скоростью $v_2 = 10\text{м/с}$. С какой скоростью начнет скользить конькобежец?

54) Лебедка равномерно поднимает груз массой $m = 200\text{кг}$ на высоту $h = 3\text{м}$ за время $t = 5\text{с}$. Чему равна мощность лебедки?

55) Автомобиль массой $m = 10^3\text{кг}$ движется равномерно по мосту на высоте $h = 10\text{м}$ над поверхностью Земли. Скорость автомобиля равна $v = 10\text{м/с}$. Какова кинетическая энергия автомобиля?

56) Недеформированную пружину жесткостью $k = 30\text{Н/м}$ растянули на 4см . Чему равна потенциальная энергия растянутой пружины?

57) Кинетическая энергия тела $E_{\text{к}} = 8\text{Дж}$, а величина импульса $P = 4\text{Н}\cdot\text{с}$. Чему равна масса тела?

58) Шарик массой m движется со скоростью v . После упругого соударения со стенкой он стал двигаться в противоположном направлении с той же по модулю скоростью. Чему равно изменение импульса шарика?

59) Пластиновый шар массой $m_1 = 0,1\text{кг}$ имеет скорость $v_1 = 1\text{м/с}$. Он налетает на неподвижную тележку массой $m_2 = 0,1\text{кг}$ и прилипает к ней. Чему равна полная энергия системы после прилипания шарика?

60) Камень массой $m = 1\text{кг}$ падает с высоты $h = 20\text{м}$ и в момент падения имеет скорость $v = 18\text{м/с}$. Чему равна потенциальная энергия в начале падения и кинетическая энергия при падении камня на землю? Принять $g = 10\text{м/с}^2$.

61) Мяч массой $m = 100\text{г}$ брошен вертикально вверх со скоростью $v = 20\text{м/с}$. Чему равна его потенциальная энергия в высшей точке подъема, если сопротивление воздуха не учитывать?

62) Парашютист массой $m = 100\text{кг}$ со снаряжением прыгает с высоты $h = 2\text{км}$ в затыжном прыжке. Найти кинетическую энергию парашютиста на высоте $h = 1,5\text{км}$.

63) При забивке свай «баба» копра массой $m = 1,2\text{т}$ обладает перед ударом кинетической энергией $W_{\text{к}} = 30000\text{Дж}$. Определить скорость, которой обладает «баба» копра при ударе.

64) По наклонной плоскости длиной $l = 20\text{м}$ и высотой $h = 4\text{м}$ равномерно втаскивают груз массой $m = 200\text{кг}$. Какова работа силы тяжести при этом ($g = 10\text{м/с}^2$).

65) Молот, масса которого $m = 1,5\text{кг}$, ударяет о шляпку гвоздя, имея скорость $v = 6\text{м/с}$. С какой высоты падал молот и какова его потенциальная энергия ($g = 10\text{м/с}^2$)?

66) Насколько увеличится потенциальная энергия пружины с коэффициентом жесткости $k = 200\text{Н/м}$, если первоначальное растяжение было $x_1 = 10\text{см}$, а конечное растяжение $x_2 = 20\text{см}$?

67) Ящик тянут по горизонтальному пути, прилагая к веревке, образующей угол с горизонтом $\alpha = 30^\circ$, силу $F = 60\text{Н}$. Какая работа произведена при перемещении ящика на расстояние $l = 0,5\text{км}$?

68) Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 20\text{м/с}$. На какую высоту поднимется тело и какова будет его потенциальная энергия, если его масса $m = 0,5\text{кг}$? Принять $g = 10\text{м/с}^2$.

69) Тело начинает свободно падать с высоты $h = 20\text{м}$. Какова его начальная потенциальная энергия и потенциальная энергия через время $t = 1\text{с}$, если масса тела $m = 1\text{кг}$? Принять $g = 10\text{м/с}^2$.

70) Автомобиль массой $m = 1500\text{кг}$ идет со стоянки с постоянным ускорением $a = 2,0\text{м/с}^2$. Какова будет кинетическая энергия автомобиля через время $t = 10\text{с}$?

71) Найти коэффициент жесткости пружины, если известно, что работа сжатия пружины на $x = 10\text{см}$ равна 200Дж .

72) Определить работу силы тяжести свободно падающего тела массой $m = 10\text{кг}$ в первую секунду падения.

73) Маховик начал вращаться равноускоренно и за время $t = 10\text{с}$ достиг частоты вращения $n = 5\text{об/с}$. Определить угловое ускорение ε и число оборотов N маховика, которое он совершил за это время.

74) Диск радиусом $R = 0,1\text{м}$ начал вращаться из состояния покоя с угловым ускорением $\varepsilon = 0,5\text{рад/с}^2$. Найти тангенциальное a_τ и нормальное a_n ускорение в конце второй секунды.

75) Под действием силы $F = 5\text{Н}$ диск вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 0,5\text{рад/с}^2$, радиус диска $R = 0,5\text{м}$. Определить момент инерции диска.

76) Велосипедное колесо раскрутили за 5с до угловой скорости $\omega = 5\text{рад/с}$. Определить угловое ускорение и линейную скорость точек колеса, если его радиус $R = 0,25\text{м}$.

77) Материальная точка массой $m = 0,1\text{кг}$ начинает вращаться ускоренно по окружности радиуса $R = 1\text{м}$ и через время $t = 5\text{с}$ достигает скорости $v = 5\text{м/с}$. Определить момент инерции точки и угловое ускорение.

78) Материальная точка начинает вращаться по окружности радиуса $R = 1\text{м}$ ускоренно и за 10с совершает $N = 5$ оборотов. Определить угловое ускорение и конечную угловую скорость.

79) На однородный диск действует вращающий момент $M = 5\text{Н} \cdot \text{м}$ и сообщает диску угловое ускорение $\varepsilon = 100\text{рад/с}^2$. Найти момент инерции диска.

80) Определить момент инерции точки массой $m = 1\text{г}$, вращающейся по окружности радиуса $R = 1\text{м}$.

81) К ободу однородного диска массой $m = 10\text{кг}$ радиусом $R = 0,2\text{м}$ приложена касательная сила $F = 100\text{Н}$. Найти, с каким ускорением вращается диск.

82) Однородный стержень длиной $l = 1\text{м}$ и массой $m = 0,5\text{кг}$ вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен $M = 0,1\text{Н} \cdot \text{м}$?

83) По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром $D = 75\text{см}$ и массой $m = 40\text{кг}$ приложена сила $F = 1\text{кН}$. Определить угловое ускорение и частоту вра-

щения маховика через 10 с после начала действия силы, если радиус шкива равен $R = 12 \text{ см}$. Силой трения пренебречь.

84) На обод маховика $D = 60 \text{ см}$ намотан шнур, к концу которого привязан груз $m = 2 \text{ кг}$. Определить момент инерции маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время $t = 3 \text{ с}$ приобрел угловую скорость $\omega = 9 \text{ рад/с}$.

85) Нить с привязанными к её концам грузами массами $m_1 = 50 \text{ г}$ и $m_2 = 60 \text{ г}$ перекинута через блок диаметром $D = 4 \text{ см}$. Определить момент инерции блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение $\varepsilon = 1,5 \text{ рад/с}^2$. Трением и проскальзыванием нити по блоку пренебречь.

86) Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его середину, согласно уравнению $\varphi = At + Bt^3$, где $A = 2 \text{ рад/с}$, $B = 0,2 \text{ рад/с}^3$. Определить вращающий момент, действующий на стержень, через время $t = 2 \text{ с}$ после начала вращения, если момент инерции стержня $J = 0,048 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

87) Определить момент силы, который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой $n = 12 \text{ с}^{-1}$, чтобы он остановился в течение времени $\Delta t = 8 \text{ с}$. Диаметр блока $D = 30 \text{ см}$. Массу блока $m = 6 \text{ кг}$ считать равномерно распределенной по ободу.

88) Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2 \text{ рад}$, $B = 16 \text{ рад/с}$, $C = -2 \text{ рад/с}^2$. Момент инерции маховика $J = 50 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Определить вращающий момент M .

89) Горизонтальная платформа массой $M = 25 \text{ кг}$ и радиусом $R = 0,8 \text{ м}$ вращается с частотой $n_1 = 18 \text{ м}^{-1}$. В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определить частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от $J_1 = 3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ до $J_2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

90) Горизонтальная платформа массой $M = 100 \text{ кг}$ вращается вокруг оси, проходящей через центр платформы, делая $n = 10 \text{ об/мин}$. Человек массой $m = 60 \text{ кг}$ стоит на краю платформы. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру?

91) Человек массой $m = 60 \text{ кг}$ стоит в центре горизонтальной платформы массой $M = 100 \text{ кг}$. Платформа вращается вокруг оси, проходящей через центр платформы, делая $n_1 = 22 \text{ об/мин}$. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет из центра на край платформы?

92) Платформа в виде диска радиусом $R = 1 \text{ м}$ вращается по инерции с частотой $n_1 = 6 \text{ мин}^{-1}$. На краю платформы стоит человек, масса которого равна $m = 80 \text{ кг}$. С какой частотой n_2 будет вращаться платформа, если человек перейдет в её центр? Момент инерции платформы равен $J = 120 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Момент инерции человека рассчитывать так же, как для материальной точки.

93) Определить момент импульса точки массой $m = 10 \text{ г}$, вращающейся по окружности радиусом $R = 0,1 \text{ м}$ со скоростью $v = 1 \text{ м/с}$.

94) Однородный диск радиуса $R = 0,5 \text{ м}$ под действием силы $F = 100 \text{ Н}$ совершил $N = 10$ оборотов. Определить работу при вращении.

95) Маховик вращается по закону, выражаемому уравнением $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2 \text{ рад}$, $B = 16 \text{ рад/с}$, $C = -2 \text{ рад/с}^2$. Чему равна мощность N , если в момент времени $t = 3 \text{ с}$ вращающий момент равен $M = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$?

96) Кинетическая энергия вала, вращающегося с постоянной скоростью $\omega = 31,4 \text{ рад/с}$, равна $W = 60 \text{ Дж}$. Найти момент импульса вала.

97) Колесо и шар катятся с одинаковой скоростью. Сравнить кинетические энергии этих тел при условии, что их массы одинаковы.

98) Определить линейную скорость центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой $h = 1 \text{ м}$.

99) Диск массой $m = 2 \text{ кг}$ катится по горизонтальной плоскости со скоростью $v = 4 \text{ м/с}$. Найти кинетическую энергию диска.

100) Шар диаметром $D = 6 \text{ см}$ и массой $m = 5 \text{ кг}$ катится без скольжения по горизонтальной плоскости с угловой скоростью $\omega = 25 \text{ рад/с}$. Найти кинетическую энергию шара.

2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Основные формулы

2.1.1. Законы идеального газа

$\nu = \frac{N}{N_A}$ или $\nu = \frac{m}{\mu}$	– количество вещества однородного газа (в молях), где N – число молекул газа; $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ (моль}^{-1}\text{)}$ – постоянная Авогадро; m – масса газа; μ – молярная масса газа
$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT$	– уравнение Менделеева – Клапейрона, где m – масса газа; μ – молярная масса газа; $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$ – универсальная газовая постоянная; ν – количество вещества; T – термодинамическая температура, p – давление, V – объем
$p = nkT$	– уравнение состояния идеального газа, где $n = \frac{N}{V} \text{ (м}^{-3}\text{)}$ – концентрация молекул, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана
Опытные газовые законы, являющиеся частными случаями уравнения Менделеева – Клапейрона для изопроцессов	
$T = \text{const}$, $m = \text{const}$, $pV = \text{const}$ $p_1V_1 = p_2V_2$	– закон Бойля – Мариотта (изотермический процесс) – для двух состояний газа
$p = \text{const}$, $m = \text{const}$, $\frac{V}{T} = \text{const}$. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	– закон Гей – Люссака (изобарный процесс) – для двух состояний газа

$V = const, m = const$ $\frac{p}{T} = const$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$	<p>– закон Шарля (изохорный процесс)</p> <p>– для двух состояний газа</p>
$m = const, \frac{pV}{T} = const$ $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$	<p>– объединенный газовый закон, где p_1, V_1, T_1 – давление, объем, температура газа в начальном состоянии; p_2, V_2, T_2 – те же величины в конечном состоянии</p>
$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum p_i$ $p_i = \frac{m_i}{\mu_i} \frac{RT}{V}$	<p>– закон Дальтона, определяющий давление смеси газов, где n – число компонентов смеси; p_i – парциальные давления компонентов смеси. Парциальным давлением называется давление газа, которое производил бы этот газ, если бы только он один находился в сосуде, занятом смесью</p>
$M = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{v_1 + v_2 + \dots + v_n} = \frac{\sum m_i}{\sum v_i}$	<p>– молярная масса смеси газов, где m_i – масса i-го компонента смеси; $v_i = \frac{m_i}{M_i}$ – количество вещества i-го компонента смеси; n – число компонентов смеси</p>
$\omega_i = \frac{m_i}{m}$	<p>– массовая доля ω_i i-го компонента смеси газа (в долях единицы или процентах), где m – масса смеси</p>

2.1.2. Основное уравнение кинетической теории газов

$n = \frac{N}{V} = \frac{N_A \rho}{\mu}$	<p>– концентрация молекул, где N – число молекул, содержащихся в данной системе; ρ – плотность вещества; V – объем системы. Формула справедлива не только для газов, но и для любого агрегатного состояния вещества</p>
$p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_n \rangle$	<p>– основное уравнение кинетической теории газов, где $\langle \varepsilon_n \rangle$ – средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы</p>
$\langle \varepsilon_n \rangle = \frac{3}{2} kT$	<p>– средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы</p>
$\langle \varepsilon_n \rangle = \frac{i}{2} kT$	<p>– средняя полная кинетическая энергия молекулы, где i – число степеней свободы молекулы</p>
$f(v) = \frac{dN(v)}{N dv}$	<p>– функция распределения молекул по скоростям, где $dN(v)$ – число молекул имеющих скорость в интервале dv (от v до $v + dv$), N – число тождественных молекул, из которых состоит газ</p>
$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$	<p>– распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла)</p>

Барометрическая формула (распределение Больцмана)

$p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$	<p>– изменение давления с высотой, где p_0 – давление, h – высота над поверхностью Земли</p>
-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$n = n_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$	– изменение концентрации молекул с высотой, n_0 – концентрация у поверхности Земли, h – высота над поверхностью Земли
Скорости молекул	
$\langle v_{KB} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_i}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$	– средняя квадратичная, где m_i – масса одной молекулы
$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_i}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$	– средняя арифметическая, где m_i – масса одной молекулы
$v_B = \sqrt{\frac{2kT}{m_i}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$	– наиболее вероятная, где m_i – масса одной молекулы

2.1.3. Явления переноса в термодинамических неравновесных системах

$\langle l \rangle = \frac{l}{\sqrt{2\pi} d^2 n}$	– средняя длина свободного пробега молекулы, где n – концентрация молекул, d – эффективный диаметр молекулы
$\langle z \rangle = n\pi d^2 \langle v \rangle$	– среднее число столкновений, где $\langle v \rangle$ – средняя скорость молекулы
$j_E = -\lambda \frac{dT}{dx}$	– теплопроводность (закон Фурье), где j_E – плотность теплового потока, λ – теплопроводность, $\frac{dT}{dx}$ – градиент температуры
$j_m = -D \frac{d\rho}{dx}$	– диффузия (закон Фика), где j_m – плотность потока массы, D – диффузия, $\frac{d\rho}{dx}$ – градиент плотности
$F = \eta \left \frac{dv}{dx} \right S$	– внутреннее трение (вязкость) (закон Ньютона), F – сила вязкого трения, η – динамическая вязкость, $\frac{dv}{dx}$ – градиент скорости, S – площадь на которую действует сила F

2.1.4. Первое начало термодинамики

$c_V = \frac{i}{2} \frac{R}{M}; c_p = \frac{i+2}{2} \frac{R}{M}$	– удельные теплоемкости газа при постоянном объеме (c_V) и при постоянном давлении (c_p), i – число степеней свободы газа
$c = \frac{C}{M}; C = cM$	– связь между удельной c и молярной C теплоемкостями
$C_p - C_V = R$	– уравнение Майера
$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{M} C_V T$	– внутренняя энергия идеального газа
$Q = \Delta U + A$	– первое начало термодинамики, где Q – теплота, сообщенная системе (газу); ΔU – изменение внутренней энергии системы; A – работа, совершенная системой против внешних сил

$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$	– работа расширения газа
$A = p(V_2 - V_1)$	– работа газа при изобарном процессе.
$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$	– работа газа при изотермическом процессе
$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_V \Delta T$ или $A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$	– работа газа при адиабатном процессе, где $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i + 2}{i}$ – показатель адиабаты
$pV^\gamma = const,$ $\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \text{ или}$ $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(\gamma - 1)/\gamma}$	– уравнения Пуассона, связывающие параметры идеального газа при адиабатном процессе

2.1.5. Термический коэффициент полезного действия цикла

$\eta = \frac{A}{Q_1}$	– КПД теплового двигателя, где A – работа, совершаемая тепловым двигателем за цикл. Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом (газом) от нагревателя
$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$	– термический КПД цикла, где Q_2 – количество теплоты, переданное рабочим телом охладителю
$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$	– термический КПД цикла Карно, где T_1 и T_2 – термодинамические температуры теплоотдатчика и теплоприемника

2.1.6. Реальные газы

$\left(p + \frac{v^2 a}{V^2} \right) \cdot \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT$	– уравнение Ван-дер-Ваальса, где b – объем, занимаемый самими молекулами, a – постоянная Ван-дер-Ваальса, характеризующая силы межмолекулярного притяжения, v – количество вещества
$U_m = C_V T - \frac{a}{V_m}$	– внутренняя энергия моля реального газа, где V_m – молярный объем

2.2. Примеры решения задач

Пример 2.1. Найти концентрацию молекул кислорода, если его давление $p = 0,2 \text{ МПа}$, а средняя квадратичная скорость молекул равна $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 700 \text{ м/с}$.

Дано:
 $\mu = 0,032 \text{ кг/моль}$
 $p = 0,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$
 $v = 700 \text{ м/с}$

Найти: n

Решение:

В основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа: $p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle$ входит концентрация молекул, поэто-

му $n = \frac{3p}{m_0 \langle v^2 \rangle}$, где $m_0 = \frac{\mu}{N_A}$ – масса одной молекулы газа,

тогда $n = \frac{3pN_A}{\mu \langle v^2 \rangle} = \frac{3 \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{0,032 \cdot 700^2} = 2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

Ответ: $n = 2,3 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

Пример 2.2. При повышении температуры газа, масса которого $m = 2 \text{ кг}$, а молярная масса $\mu = 0,028 \text{ кг/моль}$, на 50 К при постоянном давлении газу передано количество теплоты $Q = 50 \text{ кДж}$. Определить количество теплоты, которое потребуется для такого же нагревания газа при постоянном объеме.

Дано:
 $m = 2 \text{ кг}$
 $\mu = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $\Delta T = 50 \text{ К}$
 $Q_p = 50 \cdot 10^3 \text{ Дж}$

Найти: Q_v

Решение:

Количество тепла, переданное газу при постоянном давлении, согласно первому закону термодинамики, равно $Q_p = \Delta U + A = \Delta U + p \cdot \Delta V$. Уравнение Клапейрона–Менделеева до нагревания и после нагревания имеет вид

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1, \quad pV_2 = \frac{m}{\mu} RT_2.$$

Вычитая из второго уравнения первое, найдем:

$p \cdot \Delta V = \frac{m}{\mu} R \Delta T$. Тогда получаем: $Q = \Delta U + \frac{m}{\mu} R \cdot \Delta T$. При нагревании газа, когда его объем не изменяется, $A = 0$, $Q_v = \Delta U$. Следовательно, $Q_v = Q_p - \frac{m}{\mu} R \cdot \Delta T$,

$$Q_v = 50 \cdot 10^3 - \frac{2}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 50 = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

Ответ: $Q_v = 20 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

Пример 2.3. Идеальная тепловая машина при температуре $T_1 = 750 \text{ К}$ за некоторое время совершила работу $A = 360 \text{ Дж}$. Какое количество теплоты передано за это время холодильнику, если его температура $T_2 = 300 \text{ К}$?

Дано:
 $T_1 = 750 \text{ К}$
 $T_2 = 300 \text{ К}$
 $A = 360 \text{ Дж}$

Найти: Q_2

Решение:

КПД идеальной тепловой машины имеет вид $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$, где Q_2 – тепло, отданное газом холо-

дильнику; $Q_1 = \frac{A \cdot T_1}{T_1 - T_2}$ – тепло, полученное газом от нагревателя.

$$Q_2 = Q_1 - A = \frac{A \cdot T_1}{T_1 - T_2} - A = A \left(\frac{T_1}{T_1 - T_2} - 1 \right),$$

$$Q_2 = 360 \left(\frac{750}{450} - 1 \right) = 240 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $Q_2 = 240$ Дж.

2.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

101) Газ при давлении $P = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и температуре $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ имеет объем $V = 2 \text{ л}$. Чему равен объем этой массы газа при нормальных условиях ($P_0 = 10^5 \text{ Па}$, $T_0 = 273 \text{ К}$)?

102) Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении $P = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и температуре $T = 240 \text{ К}$, его объем $V = 40 \text{ л}$?

103) Каково давление сжатого воздуха, находящегося в баллоне емкостью $V = 2 \text{ л}$ при температуре $t = 12 \text{ }^\circ\text{C}$, если масса этого воздуха $m = 2 \text{ кг}$? ($\mu = 29 \text{ г/моль}$)

104) Какова масса воздуха в комнате объемом $V = 72 \text{ м}^3$ при температуре $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $P = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$? ($\mu = 29 \text{ г/моль}$)

105) Как изменится давление воздуха в шинах автомобиля, если при его движении шины нагрелись от температуры $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$?

106) До какой температуры надо нагреть баллон с газом, находящийся при температуре $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, чтобы давление газа удвоилось?

107) При температуре $t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ давление воздуха в баллоне $p = 10^4 \text{ Па}$. При какой температуре давление в нем будет $p = 1,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$?

108) Сколько молей газа содержится в сосуде объемом $V = 20 \text{ л}$ при температуре $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, если давление газа равно $p = 10^5 \text{ Па}$?

109) Определить плотность азота, находящегося под давлением $p = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температуре $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. ($\mu = 28 \text{ г/моль}$)

110) Баллон объемом $V = 20 \text{ л}$ заполнен азотом при температуре $T = 400 \text{ К}$. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне понизилось на величину $\Delta p = 200 \text{ кПа}$. Определить массу израсходованного азота. Процесс считать изотермическим. ($\mu = 28 \text{ г/моль}$)

111) При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза его давление увеличилось в 1,5 раза. Во сколько раз изменился объем газа?

112) Современная техника позволяет создать вакуум до $p = 0,1 \text{ нПа}$. Сколько молекул содержится в $V = 1 \text{ м}^3$ этого газа при температуре $T = 300 \text{ К}$?

113) При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота $v = 830 \text{ м/с}$? ($\mu = 28 \text{ г/моль}$)

114) Каково давление азота, если средняя квадратичная скорость движения молекул газа $v_{\text{кв}} = 500 \text{ м/с}$, а его плотность $\rho = 1,35 \text{ кг/м}^3$? ($\mu = 28 \text{ г/моль}$)

115) При какой температуре средняя квадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости $v_2 = 11,2 \text{ км/с}$? ($\mu = 4 \text{ г/моль}$)

116) Найти массу молекулы кислорода. ($\mu = 32 \text{ г/моль}$)

117) Определить концентрацию молекул кислорода, находящегося в сосуде объемом $V = 2 \text{ л}$. Количество вещества кислорода $\nu = 0,2 \text{ моль}$.

118) Определить количество вещества водорода, заполняющего сосуд объемом $V = 3 \text{ л}$, если концентрация молекул газа в сосуде $n = 2 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$.

119) Давление газа равно $p = 1 \text{ МПа}$, концентрация его молекул $n = 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул газа.

120) Давление газа равно $p = 1 \text{ МПа}$, концентрация его молекул $n = 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Определить температуру газа.

120) Найти молярную теплоемкость для водорода при постоянном давлении.

121) Найти удельную теплоемкость кислорода при постоянном объеме.

122) Кислород, занимающий при давлении $P = 10^6 \text{ Па}$ объем $V_1 = 5 \text{ л}$, расширился до $V_2 = 15 \text{ л}$. Определить работу, совершенную газом при изотермическом расширении.

123) Чему равна энергия теплового движения 20 г кислорода при температуре $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$? ($\mu = 32 \text{ г/моль}$)

124) Вычислить увеличение внутренней энергии 2 кг водорода при повышении его температуры на 10 К . ($\mu = 2 \text{ г/моль}$)

125) Определить работу неона при температуре $T = 300 \text{ К}$, содержащего количество вещества $\nu = 1 \text{ моль}$ при изотермическом расширении его объема от $V_1 = 1 \text{ л}$ до $V_2 = 2 \text{ л}$.

126) При изохорном нагревании кислорода объемом $V = 50 \text{ л}$ давление газа изменилось на $\Delta p = 0,5 \text{ МПа}$. Найти количество теплоты, сообщенное газу.

127) Какая работа A совершается при изотермическом расширении водорода массой $m = 5 \text{ г}$, взятого при температуре $T = 290 \text{ К}$, если объем газа увеличивается в три раза? ($\mu = 2 \text{ г/моль}$)

128) Водород массой $m = 4 \text{ г}$ был нагрет на $\Delta T = 10 \text{ К}$ при постоянном давлении. Определить работу A расширения газа. ($\mu = 2 \text{ г/моль}$)

129) Азот массой $m = 200 \text{ г}$ нагревают на $\Delta T = 100 \text{ К}$ изобарно. Какое количество теплоты потребуется при этом? ($\mu = 28 \text{ г/моль}$)

130) Кислород массой $m = 200 \text{ г}$ нагревают на $\Delta T = 100 \text{ К}$ изохорно. Какое количество теплоты потребуется при этом? ($\mu = 32 \text{ г/моль}$)

131) Воздух массой $m = 500 \text{ г}$ совершает работу при изотермическом расширении от объема $V_1 = 1 \text{ л}$ до $V_2 = 5 \text{ л}$ при температуре $T = 300 \text{ К}$. На сколько изменилась внутренняя энергия воздуха? ($\mu = 29 \text{ г/моль}$)

132) Объем водорода при изотермическом расширении ($T = 300 \text{ К}$) увеличился в три раза. Определить работу, совершенную этим газом. Масса водорода $m = 200 \text{ г}$, $\mu = 2 \text{ г/моль}$.

133) Объем кислорода при изотермическом расширении ($T = 300 \text{ К}$) увеличился в два раза. Определить полученную при этом теплоту. Масса кислорода $m = 300 \text{ г}$, $\mu = 32 \text{ г/моль}$.

134) Кислород массой $m = 250 \text{ г}$, имевший температуру $T_1 = 200 \text{ К}$, был адиабатно сжат. При этом была совершена работа $A = 25 \text{ кДж}$. Определить конечную температуру газа.

135) Во сколько раз увеличится объем водорода, содержащий количество вещества $\nu = 0,4$ моль, при изотермическом расширении, если при этом газ получит теплоту $Q = 800$ Дж? Температура водорода $T = 300$ К.

136) Азот массой $m = 100$ г был изобарно нагрет от температуры $T_1 = 200$ К до $T_2 = 400$ К. Определить работу, совершенную газом ($\mu = 28$ г/моль).

137) Азот массой $m = 100$ г был изобарно нагрет от температуры $T_1 = 200$ К до $T_2 = 400$ К. Определить количество теплоты, полученное газом ($\mu = 28$ г/моль).

138) Азот массой $m = 100$ г был изобарно нагрет от температуры $T_1 = 200$ К до $T_2 = 400$ К. Определить изменение внутренней энергии азота ($\mu = 28$ г/моль).

139) Водород занимает объем $V_1 = 10$ м³ при давлении $p_1 = 100$ кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления $p_2 = 300$ кПа. Определить изменение внутренней энергии газа.

140) Водород занимает объем $V_1 = 10$ м³ при давлении $p_1 = 100$ кПа. Газ нагрели при постоянном объеме до давления $p_2 = 300$ кПа. Определить количество теплоты, сообщенное газу.

141) Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 4$ кДж. Определить работу газа при протекании цикла, если его термический КПД $\eta = 0,1$.

142) Идеальный газ совершает цикл Карно. Газ получил от нагревателя количество теплоты $Q = 5,5$ кДж и совершил работу $A = 1,1$ кДж. Определить КПД цикла.

143) Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура охладителя $T_2 = 290$ К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от $T_1 = 400$ К до $T_1' = 600$ К?

144) Тепловая машина за цикл работы получает количество теплоты $Q_1 = 100$ Дж и отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 = 40$ Дж. Чему равен КПД машины?

145) Тепловая машина с КПД 50 % за цикл работы отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 = 100$ Дж. Какое количество теплоты за цикл машина получает от нагревателя?

146) Тепловая машина с КПД 50 % за цикл работы отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 = 80$ Дж. Какую полезную работу машина совершает за цикл?

147) Тепловая машина за цикл совершает работу $A = 50$ Дж и отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 = 100$ Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

148) Тепловая машина с КПД 60 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 100$ Дж. Какое количество теплоты машина отдает холодильнику?

149) Идеальный газ совершает цикл Карно. $2/3$ количества теплоты Q_1 , полученного от нагревателя, газ отдает холодильнику. Температура холодильника $T_2 = 280$ К. Определить температуру нагревателя T_1 .

150) Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в три раза выше температуры холодильника. Нагреватель передал газу количество теплоты $Q_1 = 42$ кДж. Какую работу совершил газ?

151) Работа идеального газа в цикле Карно $A = 28$ кДж. Температура нагревателя в три раза выше температуры холодильника. Какое количество теплоты было передано газу от нагревателя?

152) Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя $T_1 = 470\text{ K}$, температура холодильника $T_2 = 280\text{ K}$. При изотермическом расширении газ совершает работу $A = 100\text{ Дж}$. Определить термический КПД цикла.

153) Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя $T_1 = 470\text{ K}$, температура холодильника $T_2 = 280\text{ K}$. При изотермическом расширении газ совершает работу $A = 100\text{ Дж}$. Определить количество теплоты, которое газ отдает холодильнику при изотермическом сжатии.

154) Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя в четыре раза выше температуры холодильника. Определить КПД цикла.

155) Идеальный газ, совершающий цикл Карно, получив от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 4,2\text{ кДж}$, совершил работу $A = 590\text{ Дж}$. Найти термический КПД этого цикла.

156) Идеальный газ совершает цикл Карно с термическим КПД 14%. Во сколько раз температура нагревателя больше температуры холодильника?

157) Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения газа равна $A_1 = 5\text{ Дж}$. Определить работу изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0,2.

158) Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического сжатия газа равна $A_2 = 4\text{ Дж}$. Определить работу изотермического расширения, если термический КПД цикла равен 0,2.

159) Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения газа равна $A_1 = 5\text{ Дж}$, работа изотермического сжатия $A_2 = 4\text{ Дж}$. Определить термический КПД цикла.

160) Тепловая машина за цикл совершает работу $A = 50\text{ Дж}$. При этом КПД машины равен 33%. Какое количество теплоты тепловая машина отдает холодильнику?

3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

3.1. Основные формулы

3.1.1. Электростатика

$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$	– закон Кулона, где F – сила взаимодействия точечных зарядов q_1 и q_2 ; r – расстояние между зарядами; ϵ – диэлектрическая проницаемость; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left(\frac{\Phi}{\text{м}} \right)$ – электрическая постоянная
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	– напряженность электрического поля, где \vec{F} – сила, действующая в данной точке поля на положительный заряд q
$\vec{F} = q\vec{E}$	– сила, действующая на точечный заряд, находящийся в электрическом поле, и потенциальная энергия этого заряда
$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$	– напряженность поля создаваемого системой точечных зарядов (принцип суперпозиции электрических полей), где E_i – напряженность в данной точке поля, создаваемого i -м зарядом

$\oint_s E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$	– теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме, где $\oint_s E_n dS = \Phi$ – поток вектора напряженности сквозь замкнутую поверхность S , внутри которой находятся заряды q_i
$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$	– напряженность поля, создаваемого точечным зарядом q , где r – расстояние от заряда q до точки, в которой определяется напряженность
Напряженность поля, создаваемого проводящей заряженной сферой радиусом R на расстоянии r от центра сферы, где q – заряд сферы. а) $E = 0$ (при $r < R$); б) $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2}$ (при $r = R$); в) $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}$ (при $r > R$)	
$\tau = \frac{q}{l}$	– линейная плотность заряда
$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$	– напряженность поля, создаваемого бесконечной прямой равномерно заряженной линией или бесконечно длинным цилиндром, где r – расстояние от нити или оси цилиндра до точки, напряженность поля в которой вычисляется
$\sigma = \frac{q}{S}$	– поверхностная плотность заряда
$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon}$	– напряженность поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью
$\varphi = \frac{\Pi}{q}$	– потенциал электрического поля
$\Pi = q\varphi$	– потенциальная энергия заряда, где Π – потенциальная энергия точечного положительного заряда q , находящегося в данной точке поля (при условии, что потенциальная энергия заряда, удаленного в бесконечность, равна нулю)
$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$	– потенциал поля, создаваемого системой точечных зарядов, где φ_i – потенциал в данной точке поля, создаваемого i -м зарядом
$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$	– потенциал поля, создаваемого точечным зарядом q , где r – расстояние от заряда q до точки, в которой определяются потенциал
Потенциал поля, создаваемого проводящей заряженной сферой радиусом R на расстоянии r от центра сферы, где q – заряд сферы. а) $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$ (при $r < R$); б) $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$ (при $r = R$); в) $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$ (при $r > R$)	
Связь потенциала с напряженностью: а) $\vec{E} = -grad\varphi$, или $\vec{E} = -\left(i\frac{\partial\varphi}{\partial x} + j\frac{\partial\varphi}{\partial y} + k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$; б) $E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ (в случае однородного поля); в) $E = -\frac{d\varphi}{dr}$ (в случае поля, обладающего центральной или осевой симметрией)	

$\vec{p} = q\vec{l}$	– электрический момент диполя, где q – заряд; l – плечо диполя (векторная величина, направленная от отрицательного заряда к положительному и численно равная расстоянию между зарядами)
$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$	– работа сил поля по перемещению заряда q из точки поля с потенциалом φ_1 в точку с потенциалом φ_2
$C = \frac{q}{\varphi}$ или $C = \frac{q}{U}$	– емкость, где q – заряд проводника или конденсатора; φ – потенциал проводника (при условии, что в бесконечности потенциал проводника принимается равным нулю); U – разность потенциалов пластин конденсатора
$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$	– емкость уединенной проводящей сферы радиуса R
$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$	– емкость плоского конденсатора, где S – площадь пластины (одной) конденсатора; d – расстояние между пластинами
Емкость батареи конденсаторов: а) $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$ (при последовательном соединении); б) $C = \sum_{i=1}^N C_i$ (при параллельном соединении), где N – число конденсаторов в батарее	
$W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$	– энергия заряженного конденсатора
$w = \frac{ED}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon\epsilon_0}$	– объемная плотность энергии электрического поля (отношение энергии электрического поля к его объему), где E – напряженность электрического поля; D – смещение поля
$\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_i}{V}$	– вектор поляризации (поляризованность), где \vec{p}_i – дипольный момент одной молекулы, V – объем диэлектрика
$\vec{P} = \chi\epsilon_0\vec{E}$	– зависимость вектора поляризации от напряженности, где χ – диэлектрическая восприимчивость вещества
$\vec{D} = \epsilon_0\epsilon\vec{E}$	– связь вектора электрического смещения с напряженностью
$\epsilon = 1 + \chi$	– диэлектрическая проницаемость

3.1.2. Постоянный электрический ток

$I = \frac{q}{t}$	– сила тока, где q – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время t
$j = \frac{I}{S}$	– плотность тока, где S – площадь поперечного сечения проводника
$j = en\langle v \rangle$	– связь плотности тока со средней скоростью $\langle v \rangle$ направленного движения заряженных частиц, где e – заряд частицы; n – концентрация заряженных частиц
Закон Ома: а) $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$ (для участка цепи, не содержащего ЭДС), где $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ – разность потенциалов (напряжение) на концах участка цепи; R – сопротивление участка; б) $I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \mathcal{E}}{R}$ (для участка цепи, содержащего ЭДС), где \mathcal{E} – ЭДС источника тока;	

R – полное сопротивление участка (сумма внешних и внутренних сопротивлений); в) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ (для замкнутой (полной) цепи), где R – внешнее сопротивление цепи; r – внутреннее сопротивление цепи	
$\vec{j} = \gamma \vec{E}$	– закон Ома в дифференциальной форме, где γ – удельная проводимость, \vec{E} – напряженность электрического поля; \vec{j} – плотность тока
Правила Кирхгофа: а) $\sum_{i=1}^N I_i = 0$, (первое правило); б) $\sum_{i=1}^N I_i R_i = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i$ (второе правило), где $\sum I_i$ – алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле; $\sum I_i R_i$ – алгебраическая сумма произведений сил токов на сопротивления участков; $\sum \varepsilon_i$ – алгебраическая сумма электродвижущих сил в контуре	
$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$; $G = \frac{\gamma \cdot S}{l}$	– сопротивление R и проводимость G проводника, где ρ – удельное сопротивление; γ – удельная проводимость; l – длина проводника; S – площадь поперечного сечения проводника
Сопротивление системы проводников: а) $R = \sum_{i=1}^n R_i$ (при последовательном соединении); б) $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$ (при параллельном соединении), где R_i – сопротивление i -го проводника, n – количество проводников	
$A = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2 t}{R}$	– работа тока. Первая формула справедлива для любого участка цепи, на концах которого поддерживается напряжение U , последние две – для участка, не содержащего ЭДС
$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	– мощность тока
$Q = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2 t}{R}$	– закон Джоуля – Ленца
$\omega = \gamma E^2 = \rho j^2$	– закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме, где γ – удельная проводимость, E – напряженность электрического поля; j – плотность тока, ρ – удельное сопротивление проводника

3.1.3. Электромагнетизм

$\vec{p}_m = \vec{n}IS$	– магнитный момент плоского контура с током, где \vec{n} – единичный вектор нормали (положительной) к плоскости контура; I – сила тока, протекающего по контуру; S – площадь контура
$\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}]$ или $M = p_m B \sin \alpha$	– механический (вращающий) момент, действующий на контур с током, помещенный в однородное магнитное поле, где α – угол между векторами \vec{p}_m и \vec{B}
$B = \frac{M_{max}}{p_m}$	– магнитная индукция, где M_{max} – максимальный вращающий момент

$\vec{J} = \frac{\sum \vec{p}_i}{V}$	– вектор намагниченности, где \vec{p}_i – магнитный момент одной молекулы, V – объем магнетика
$\vec{J} = \chi \vec{H}$	– зависимость вектора намагниченности от напряженности магнитного поля, где χ – магнитная восприимчивость вещества
$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$	– связь магнитной индукции B с напряженностью H магнитного поля, где μ – магнитная проницаемость изотропной среды; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная. В вакууме $\mu = 1$, и тогда магнитная индукция в вакууме $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$
$\mu = 1 + \chi$	– магнитная проницаемость
$d\vec{B} = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \left[\frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \right] I$ или $dB = \frac{\mu \mu_0}{4\pi} \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl$	– закон Био-Савара-Лапласа, где $d\vec{B}$ – магнитная индукция поля, создаваемого элементом проводника длиной dl с током I ; \vec{r} – радиус-вектор, направленный от элемента проводника к точке в которой определяется магнитная индукция; α – угол между радиус-вектором и направлением тока в элементе проводника
$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$	– магнитная индукция результирующего поля, создаваемого несколькими токами или движущимися зарядами (принцип суперпозиции магнитных полей)
$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi R}$	– магнитная индукция поля, созданного бесконечно длинным проводником с током I в точке, удаленной на расстояние R
$B = \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$	– магнитная индукция в центре кругового тока, где R – радиус кругового витка
$B = \mu \mu_0 n I$	– магнитная индукция поля внутри длинного соленоида, где $n = \frac{N}{L}$ – число витков соленоида на единицу длины
$\vec{F} = I [\vec{l} \times \vec{B}]$ или $F = I B l \sin \alpha$	– сила, действующая на проводник с током в магнитном поле (закон Ампера), где l – длина проводника; α – угол между направлением тока в проводнике и векторном магнитной индукции \vec{B} . Это выражение справедливо для однородного магнитного поля и прямого отрезка проводника
$d\vec{F} = I [d\vec{l} \times \vec{B}]$	– если поле неоднородно и проводник не является прямым, то закон Ампера можно применять к каждому элементу проводника в отдельности.
$F = \frac{\mu \mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$	– сила взаимодействия параллельных проводов с током, где d – расстояние между проводами
$\vec{F} = q [\vec{v} \times \vec{B}]$ или $F = q v B \sin \alpha$	– сила Лоренца, где q – заряд частицы, v – скорость заряженной частицы, α – угол между векторами \vec{v} и \vec{B}
<p>Магнитный поток:</p> <p>а) в случае однородного магнитного поля и плоской поверхности $\Phi = BS \cos \alpha$ или $\Phi = B_n S$, где S – площадь контура; α – угол между нормалью к плоскости контура и вектором магнитной индукции:</p> <p>б) в случае неоднородного поля и произвольной поверхности $\Phi = \int_S B_n dS$ (интегрирование ведется по всей поверхности)</p>	

$\psi = N\Phi$	– потокосцепление (полный поток). Эта формула верна для соленоида и тороида с равномерной намоткой плотно прилегающих друг к другу N витков
$A = I\Delta\Phi$	– работа по перемещению замкнутого контура в магнитном поле, где $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока
$\varepsilon_i = -\frac{d\psi}{dt}$	– ЭДС индукции
$\Delta\varphi = Blv \sin \alpha$	– разность потенциалов на концах проводника, движущегося со скоростью v в магнитном поле, где l – длина проводника; α – угол между векторами \vec{v} и \vec{B}
$q = \frac{\Delta\Phi}{R}$ или $q = \frac{N\Delta\Phi}{R} = \frac{\Delta\psi}{R}$	– заряд, протекающий по замкнутому контуру при изменении магнитного потока, пронизывающего этот контур, где R – сопротивление контура
$L = \frac{\psi}{I}$	– индуктивность контура
$\varepsilon_{с.ид.} = -L\frac{dI}{dt}$	– ЭДС самоиндукции
$L = \mu\mu_0 n^2 V$	– индуктивность соленоида, где n – отношение числа витков соленоида к его длине; V – объем соленоида
$W = \frac{LI^2}{2}$	– энергия магнитного поля
$w = \frac{BH}{2} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$	– объемная плотность энергии магнитного поля (отношение энергии магнитного поля соленоида к его объему), где B – магнитная индукция; H – напряженность магнитного поля

3.2. Примеры решения задач

Пример 3.1. Металлический шар радиусом $R = 5\text{ см}$ заряжен до потенциала $\varphi_{ш} = 150\text{ В}$. Найти потенциал и напряженность поля в точке A , удаленной от поверхности шара на расстояние $l = 10\text{ см}$.

Дано:
 $R = 5\text{ см} = 5 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
 $\varphi_{ш} = 150\text{ В}$
 $l = 10\text{ см} = 0,1\text{ м}$

Найти: φ и E

Решение:

По определению, потенциал поля, образованного заряженным шаром в точке A ,

$$\varphi = \frac{Q_{ш}}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}, \quad (3.1)$$

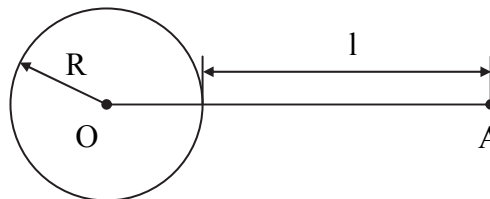
где $Q_{ш}$ – заряд шара, $r = (R + l)$ – расстояние от центра O до точки A , $\varepsilon = 1$.

Емкость шара

$$C_{ш} = 4\pi\varepsilon_0 R. \quad (3.2)$$

Иначе $C_{ш} = \frac{Q_{ш}}{\varphi_{ш}}$, откуда

$$Q_{ш} = 4\pi\varepsilon_0 R \cdot \varphi_{ш}. \quad (3.3)$$



Подставляя выражение (3.3) в (3.1), получим $\varphi = \frac{4\pi\varepsilon_0 R \varphi_{ш}}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{R}{R+l} \cdot \varphi_{ш}$, Таким образом $\varphi = 50В$. Напряженность поля, образованного заряженным шаром в точке A : $E = \frac{Q_{ш}}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ или с учетом выражения (3.3) $E = \frac{4\pi\varepsilon_0 R \cdot \varphi_{ш}}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{R}{r^2} \varphi_{ш} = \frac{R}{(R+l)^2} \cdot \varphi_{ш}$, откуда $E = 3,3 \cdot 10^2 В/м$.

Ответ: $E = 3,3 \cdot 10^2 В/м$, $\varphi = 50В$.

Пример 3.2. Два шарика с зарядами $q_1 = 6,7 нКл$ и $q_2 = 13,3 нКл$ находятся в воздухе ($\varepsilon = 1$) на расстоянии $r_1 = 40 см$ друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния $r_2 = 25 см$?

<p>Дано:</p> <p>$q_1 = 6,7 нКл = 6,7 \cdot 10^{-9} Кл$</p> <p>$q_2 = 13,3 нКл = 13,3 \cdot 10^{-9} Кл$</p> <p>$r_1 = 40 см = 0,4 м$</p> <p>$r_2 = 25 см = 0,25 м$</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>Найти: $A_{вн}$</p>	<p>Решение:</p> <p>Пусть заряд q_1 создает поле, а шарик с зарядом q_2 движется в этом поле из точки, находящейся на расстоянии r_1 от шарика q_1, в точку, находящуюся на расстоянии r_2 от него. Тогда работа, которую совершает внешняя сила, равна:</p> $A_{вн} = q_2(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (3.4)$ <p>где φ_1 и φ_2 – потенциалы начальной и конечной точек поля</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$\varphi_1 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1}, \quad \varphi_2 = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_2}. \quad (3.5)$$

Подставляя выражения (3.5) в (3.4), получим

$$A_{вн} = q_2 \left(\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_2} - \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r_1} \right) = \frac{q_1 \cdot q_2 (r_1 - r_2)}{4\pi\varepsilon_0 r_1 \cdot r_2}. \quad A_{вн} = \frac{6,7 \cdot 10^{-9} \cdot 13,3 \cdot 10^{-9} (0,4 - 0,25)}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,4 \cdot 0,25} = 12 мкДж.$$

Ответ: $A_{вн} = 12 мкДж$.

Пример 3.3. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора, если при токе $I_1 = 5 А$ он отдает во внешнюю цепь мощность $N_1 = 9,5 Вт$, а при токе $I_2 = 7 А$ мощность $N_2 = 12,6 Вт$.

<p>Дано:</p> <p>$N_1 = 9,5 Вт$</p> <p>$I_1 = 5 А$</p> <p>$N_2 = 12,6 Вт$</p> <p>$I_2 = 7 А$</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>Найти: r и ε</p>	<p>Решение:</p> <p>Напряжение на зажимах аккумулятора $U = \varepsilon - Ir$. С другой стороны, $U = N/I$. На основании условия задачи составляем два уравнения:</p> $\varepsilon - I_1 \cdot r = N / I_1$ $\varepsilon - I_2 \cdot r = N / I_2$ <p>Решая эту систему уравнений, получим:</p> $r = \frac{(N_1 / I_1) - (N_2 / I_2)}{I_2 - I_1},$ <p>таким образом $r = 0,05 Ом$, $\varepsilon = I_1 \cdot r + \frac{N_1}{I_1}$;</p> <p>$\varepsilon = 2,15 В$.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ответ: $r = 0,05 Ом$, $\varepsilon = 2,15 В$.

Пример 3.4. Альфа-частица, имеющая скорость $v = 10^6 \text{ м/с}$ влетела в однородное магнитное поле, индукция которого $B = 0,3 \text{ Тл}$. Скорость частицы перпендикулярна к направлению линий индукции магнитного поля. Найти радиус окружности, по которой будет двигаться частица, и период обращения.

Дано:
 $v = 10^6 \text{ м/с}$
 $B = 0,3 \text{ Тл}$
 $Q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
 $\alpha = 90^\circ$
 $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

 Найти: R, T

Решение:

В магнитном поле на движущийся заряд действует сила Лоренца. Так как \vec{v} перпендикулярна \vec{B} , то эта сила будет центростремительной: $F_l = F_u$, $QvB = \frac{mv^2}{R}$, отсюда радиус окружности $R = \frac{mv}{QB}$, т.о. $R = \frac{6,64 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,3} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м}$. Период обращения $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-2}}{10^6} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ с} = 0,4 \text{ мкс}$.

Ответ: $T = 0,4 \text{ мкс}$.

Пример 3.5. В катушке с индуктивностью $L = 0,4 \text{ Гн}$ возникает ЭДС самоиндукции $\varepsilon = 20 \text{ В}$. Найти среднюю скорость изменения тока в катушке.

Дано:
 $L = 0,4 \text{ Гн}$
 $\varepsilon = 20 \text{ В}$

 Найти: $\frac{\Delta I}{\Delta t}$

Решение:

ЭДС самоиндукции $\varepsilon = \frac{L\Delta I}{\Delta t}$, откуда $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\varepsilon}{L}$,

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{20}{0,4} = 50 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right).$$

Ответ: $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 50 \frac{\text{А}}{\text{с}}$.

Пример 3.6. Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока $I = 10 \text{ А}$ возникает магнитный поток $\Psi = 0,5 \text{ Вб}$.

Дано:
 $I = 10 \text{ А}$
 $\Psi = 0,5 \text{ Вб}$

 Найти:
 $W_m - ?$

Решение:

Энергия магнитного поля соленоида $W_m = \frac{LI^2}{2}$. Магнитный поток $\Psi = L \cdot I$, поэтому $W_m = \frac{\Psi I}{2}$, $W_m = \frac{0,5 \cdot 10}{2} = 2,5 \text{ (Дж)}$.

Ответ: $W_m = 2,5 \text{ Дж}$.

3.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

161) На каком расстоянии друг от друга заряды $Q_1 = 10^{-6} \text{ Кл}$ и $Q_2 = 10^{-18} \text{ Кл}$ взаимодействуют в воздухе с силой $F = 9 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$?

162) С какой силой взаимодействуют два заряда по 1 Кл , находящиеся в воздухе на расстоянии $r = 1 \text{ м}$ друг от друга?

163) Найти заряд на сфере радиусом $R = 1 \text{ м}$, если напряженность электрического поля на ее поверхности $E = 9 \cdot 10^9 \text{ Н/Кл}$?

164) Найти напряженность электрического поля, созданного бесконечной заряженной плоскостью с поверхностной плотностью $\sigma = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^2$.

165) Найти напряженность электрического поля, созданного точечным зарядом $Q = 10^{-6} \text{ Кл}$ в точке, удаленной от него на расстояние $R = 1 \text{ м}$.

166) В некоторой точке поля на заряд $q = 2 \text{ мКл}$ действует сила $F = 0,4 \text{ мкН}$. Найти напряженность поля в этой точке.

167) Определить напряженность E электрического поля, создаваемого точечным зарядом $Q = 10 \text{ нКл}$ на расстоянии $r = 10 \text{ см}$ от него. Диэлектрик – масло. ($\varepsilon = 2,2$)

168) Найти потенциал точки, расположенной на расстоянии $r = 1 \text{ м}$ от заряда $Q = 1 \text{ Кл}$.

169) Два шарика с зарядами $Q_1 = 10^{-8} \text{ Кл}$ и $Q_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии $r = 0,4 \text{ м}$ друг от друга. Найти энергию взаимодействия.

170) Два шарика с зарядами $Q_1 = 10^{-8} \text{ Кл}$ и $Q_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии $r = 0,4 \text{ м}$ друг от друга. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния $r_2 = 25 \text{ см}$?

171) Какая совершается работа при переносе заряда $Q_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ из бесконечности в точку с потенциалом $\varphi = 300 \text{ В}$?

172) Точечный заряд $Q = 10 \text{ нКл}$, находясь в некоторой точке поля, обладает потенциальной энергией $W = 10 \text{ мкДж}$. Найти потенциал φ этой точки.

173) Вычислить потенциальную энергию W системы двух точечных зарядов $Q = 100 \text{ нКл}$ и $Q = 10 \text{ нКл}$, находящихся на расстоянии $d = 10 \text{ см}$ друг от друга.

174) Точечные заряды $Q_1 = 1 \text{ мкКл}$ и $Q_2 = 0,1 \text{ мкКл}$ находятся на расстоянии $r_1 = 10 \text{ см}$ друг от друга. Какую работу A совершают силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние $r_2 = 10 \text{ м}$?

175) Пылинка массой $m = 1 \cdot 10^{-12} \text{ г}$, несущая заряд $Q = 8 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов $U = 3 \text{ МВ}$. Какую скорость приобрела пылинка?

176) Определить емкость C металлической сферы радиусом $R = 2 \text{ см}$, погруженной в воду. ($\varepsilon = 81$)

177) Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора $U = 90 \text{ В}$, а заряд конденсатора $Q = 10^{-9} \text{ Кл}$. Найти емкость конденсатора.

178) Найти емкость Земного шара. Радиус Земного шара равен $R = 6400 \text{ км}$.

179) Требуется изготовить конденсатор емкостью $C = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ мкФ}$. Для этого на парафинированную бумагу толщиной $d = 0,05 \text{ мм}$ наклеивают пластинки станиоля. Найти площадь пластин.

180) Конденсатор емкостью $C = 20 \text{ мкФ}$ заряжен до напряжения $U = 100 \text{ В}$. Найти энергию этого конденсатора.

181) Сила тока в проводнике $I = 10 \text{ мА}$. Какой заряд пройдет через поперечное сечение проводника за $t = 1 \text{ ч}$?

182) Медный и алюминиевый проводники имеют одинаковые размеры: $L_1 = L_2$, $S_1 = S_2$. Какой проводник обладает наибольшим сопротивлением? ($\rho_{\text{м}} = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$, $\rho_{\text{ал}} = 26 \text{ нОм} \cdot \text{м}$)

183) Во сколько раз уменьшится сопротивление проводника, если его разрезать пополам и обе половинки соединить параллельно?

184) Во сколько раз сопротивление медного проводника меньше сопротивления вольфрамового, если у них одинаковые длины и сечения? ($\rho_{\text{м}} = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м}$, $\rho_{\text{в}} = 55 \text{ нОм} \cdot \text{м}$)

185) Вычислить сопротивление R графитового проводника, имеющего форму цилиндра высотой $h = 20 \text{ см}$ и радиусом основания $r = 10 \text{ мм}$. ($\rho_{\text{г}} = 3,9 \cdot 10^3 \text{ нОм} \cdot \text{м}$)

186) Какой ток пойдет через лампу, если на нее подать напряжение $U = 200 \text{ В}$, а ее сопротивление $R = 400 \text{ Ом}$?

187) Сила тока в проводнике равномерно возрастает от 0 до $I = 3 \text{ А}$ в течение $t = 10 \text{ с}$. Определить заряд Q , прошедший в проводнике.

188) Какое наименьшее сопротивление можно получить, имея два резистора по 6 кОм ?

189) Имеется источник тока с ЭДС $\mathcal{E} = 6 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$. Какой ток пойдет во внешней цепи, если внешний участок имеет сопротивление $R = 5 \text{ Ом}$.

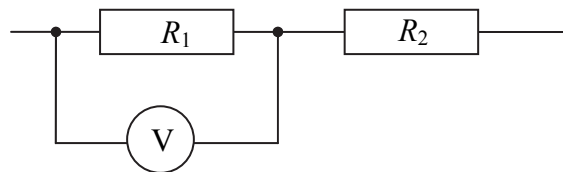
190) В цепь включено 10 одинаковых ламп параллельно между собой на общее напряжение $U = 100 \text{ В}$. Как изменится накал ламп, если одна лампа перегорит? Ответ объяснить.

191) В цепь включено последовательно 10 одинаковых ламп. Общее напряжение $U = 200 \text{ В}$. Как изменится накал ламп, если одна лампа перегорит? Ответ объяснить.

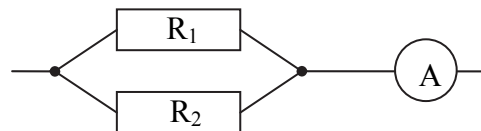
192) На схеме $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$. На каком сопротивлении будет выделяться больше тепла и во сколько раз за 1 с ?



193) На схеме $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$. Вольтметр показывает напряжение $U_1 = 10 \text{ В}$. Какое напряжение на сопротивлении R_2 ?



194) На схеме $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$. Амперметр показывает $I = 3 \text{ А}$. Какой ток идет по сопротивлениям R_1 и R_2 ?



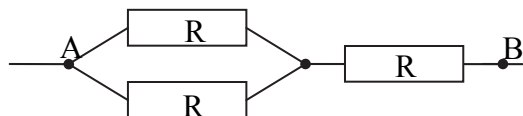
195) Сколько энергии потребляет лампочка за 24 ч при напряжении $U = 120 \text{ В}$ и токе $I = 0,5 \text{ А}$?

196) ЭДС батареи $\mathcal{E} = 240 \text{ В}$, внешнее сопротивление цепи $R = 23 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление $r = 1 \text{ Ом}$. Сколько тепла выделяется на внешнем сопротивлении за $t = 1 \text{ с}$.

197) Имеется 120-вольтовая лампочка мощностью $N = 40 \text{ Вт}$. Найти ее сопротивление.

198) Ток короткого замыкания $I = 5 \text{ А}$, ЭДС батареи $\mathcal{E} = 5 \text{ В}$. Определить внутреннее сопротивление батареи.

199) Чему равно сопротивление участка AB , если сопротивление $R = 1 \text{ Ом}$?



200) Напряжение на зажимах лампочки $U = 40B$, а потребляемая мощность $P = 120Bm$. Найти силу тока в лампе.

201) По витку радиусом $R = 5cm$ течет ток $I = 10A$. Определить магнитный момент P_m кругового тока.

202) По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I = 50A$. Определить магнитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $r = 5cm$ от проводника.

203) Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому течет ток $I = 10A$, радиус кольца $R = 5cm$.

204) Индукция магнитного поля внутри длинного соленоида равна $B = 10mTл$, сила тока, текущего по соленоиду $I = 10A$, длина соленоида $l = 1m$. Сколько витков имеет соленоид?

205) Найти индукцию магнитного поля, созданного прямолинейным бесконечно длинным проводником с током $I = 10A$ в точке, удаленной от проводника на расстояние $R = 1m$.

206) Какова индукция магнитного поля, в котором на проводник с током действует сила $F = 50mH$, если поле и проводник перпендикулярны, длина активной части проводника $l = 5cm$ и сила тока в нем $I = 25A$?

207) По двум параллельным проводам длиной $l = 1m$ в каждом текут одинаковые токи. Расстояние d между проводами равно $1cm$. Токи взаимодействуют с силой $F = 1mH$. Найти силу тока в проводах.

208) Плоская прямоугольная рамка из $N = 100$ витков, площадью $S = 50cm^2$, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5Tл$. Какой максимальный вращающий момент может действовать на рамку, если сила тока в рамке $I = 2A$?

209) Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 4mTл$. Найти период обращения электрона, если его скорость и вектор индукции B образуют угол $\alpha = 90^0$. ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} кг$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} Кл$)

210) Протон в магнитном поле с индукцией $B = 0,01Tл$ описал окружность радиусом $R = 10cm$. Найти скорость протона ($m_p = 1,6 \cdot 10^{-27} кг$, $Q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} Кл$).

211) Вычислить радиус дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией $B = 15mTл$, если скорость протона равна $v = 2Mm/c$.

212) Магнитный поток внутри контура, площадь поперечного сечения которого $S = 60cm^2$, равен $\Phi = 0,3mBб$. Найти индукцию B внутри контура.

213) Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью $S = 50cm^2$ при индукции поля $B = 0,4Tл$, если эта поверхность расположена под углом $\alpha = 30^0$ к вектору индукции?

214) За $t = 5ms$ в соленоиде, содержащем $N = 500$ витков провода, магнитный поток равномерно убывает с $\Phi_1 = 7mBб$ до $\Phi_2 = 3mBб$. Найти величину ε индукции в соленоиде.

215) Найти скорость изменения магнитного потока в соленоиде из $N = 2000$ витков при возбуждении в нем ЭДС индукции $120B$.

216) Найти величину ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части $l = 0,25m$, который движется в магнитном поле с индукцией $B = 10mTл$ со скоростью $v = 5m/c$ под углом $\alpha = 30^0$ к вектору магнитной индукции.

217) Какова индуктивность соленоида, если при силе тока $I = 5A$, через него проходит магнитный поток $\psi = 50mBб$?

218) Какой величины ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита с индуктивностью $L = 0,4 \text{ Гн}$ при равномерном изменении силы тока в ней на $\Delta I = 5 \text{ А}$ за $\Delta t = 0,02 \text{ с}$?

219) В катушке с индуктивностью $L = 0,6 \text{ Гн}$ сила тока $I = 20 \text{ А}$. Какова энергия магнитного поля катушки? Как изменится энергия магнитного поля, если сила тока уменьшится вдвое?

220) По длинному соленоиду $l = 20 \text{ см}$, содержащему $N = 100$ витков, течет ток $I = 5 \text{ А}$. Найти индукцию магнитного поля на оси соленоида.

4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

4.1. Основные формулы

4.1.1. Механические колебания

$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ $x = A \sin(\omega_0 t + \psi_0)$	– уравнение свободных гармонических незатухающих колебаний, где x – смещение тела от положения равновесия в данный момент времени, м; A – амплитуда колебаний, наибольшее смещение тела от положения равновесия, м; φ_0 – начальная фаза колебаний, определяющая положение колеблющегося тела в момент времени $t=0$, рад
$\varphi = (\omega_0 t + \varphi_0)$	– фаза колебаний, определяет положение тела в данный момент времени t
$T = \frac{t}{N}$	– период колебаний (с), промежуток времени, за который совершается одно полное колебание, где t – время, за которое происходит N полных колебаний
$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$	– частота колебаний ($\text{с}^{-1} = \text{Гц}$), число полных колебаний, совершаемых системой за 1 с
$\omega_0 = 2\pi\nu_0 = \frac{2\pi}{T}$	– циклическая (круговая) частота (рад/с), число полных колебаний, совершаемых системой за промежуток времени 2π секунд
$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$ $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$	– скорость и ускорение материальной точки, совершающей свободные гармонические колебания
$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$	– дифференциальное уравнение свободных гармонических незатухающих колебаний
$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$ $\varphi = \arctg \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$	– амплитуда результирующего колебания, полученного при сложении двух колебаний с одинаковыми частотами, происходящих по одной прямой $x_1 = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1)$ $x_2 = A_2 \cos(\omega_0 t + \varphi_2)$
$ma = -kx$	– начальная фаза результирующего колебания – второй закон Ньютона для свободных незатухающих колебаний пружинного маятника, где m – масса груза, k – коэффициент жесткости пружины

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	– циклическая частота колебаний пружинного маятника
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	– период колебаний пружинного маятника
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	– период колебаний математического маятника, где l – длина нити, g – ускорение свободного падения
$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$	– период колебаний физического маятника, где J – момент инерции маятника относительно оси колебаний; l – расстояние между точкой подвеса и центром масс маятника; $L = \frac{J}{ml}$ – приведенная длина физического маятника; g – ускорение свободного падения
$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$	– полная энергия гармонических колебаний, где m – масса колеблющейся частицы, ω – циклическая частота, A – амплитуда колебаний
$E = E_P + E_K$	– полная механическая энергия колеблющегося тела
$E_K = \frac{mV^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$	– кинетическая энергия колеблющегося тела
$E_P = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$	– потенциальная энергия колеблющегося тела

4.1.2. Электромагнитные колебания

$q = q_m \cos \omega_0 t$	– уравнение свободных незатухающих колебаний заряда, где q_m – амплитуда колебания заряда
$i = \frac{dq}{dt} = -I_m \sin \omega_0 t$	– уравнение колебаний силы тока, где I_m – амплитуда колебаний силы тока
$I_m = \omega_0 Q_m$	– амплитуда колебаний силы тока
$U = U_m \cos \omega_0 t$	– уравнение колебаний напряжения на обкладках конденсатора, где U_m – амплитуда колебаний напряжения
$U_m = \frac{Q_m}{C}$	– амплитуда колебаний напряжения, где C – емкость конденсатора
$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}$	– ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке индуктивности
$\frac{d^2 q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$	– дифференциальное уравнение свободных гармонических незатухающих колебаний в электрическом контуре
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	– круговая частота колебательного контура (c^{-1})
$T = 2\pi\sqrt{LC}$	– период электромагнитных колебаний в контуре, где L – индуктивность катушки, C – емкость конденсатора
$W_{эл} = \frac{Q_m^2}{2C} = \frac{CU_m^2}{2}$	– максимальная энергия электрического поля, созданного конденсатором, где Q_m – амплитуда колебаний заряда; C – емкость конденсатора; U_m – амплитуда колебаний напряжения на обкладках конденсатора

$W_m = \frac{LI_m^2}{2}$	– максимальная энергия магнитного поля катушки индуктивности, где I_m – амплитуда колебаний силы тока
$W = W_{эл} + W_m$	– полная энергия электромагнитного поля
Переменный ток (промышленная частота $\nu = 50$ Гц)	
$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$	– ЭДС вынужденных электромагнитных колебаний, где ε_m – амплитуда ЭДС индукции
$\varepsilon_m = BS\omega$	– амплитуда ЭДС индукции во вращающейся рамке, где S – площадь рамки; ω – угловая скорость вращения рамки; B – магнитная индукция
$U = U_m \sin \omega t$	– уравнения изменения напряжения, где U – мгновенное значение напряжения; U_m – амплитуда напряжения; ω – частота тока
$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$	– сила переменного тока, где i – мгновенное значение силы тока; I_m – амплитуда силы тока; φ – сдвиг фаз между колебаниями тока и напряжения
$I_{эф} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; U_{эф} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$	– действующие значения силы тока и напряжения

Цепь переменного тока с активным сопротивлением

$U = U_m \sin \omega t$ $i = I_m \sin \omega t$	– напряжение, подводимое в цепь – сила протекающего тока
$I_m = \frac{U_m}{R}$	– закон Ома для амплитудных значений силы тока и напряжения
$I = \frac{U}{R}$	– закон Ома для мгновенных и действующих значений силы тока и напряжения
$P = iU = I_m U_m \sin^2 \omega t = I_m^2 R \sin^2 \omega t = P_m \sin^2 \omega t$	– мгновенная мощность переменного тока (мощность переменного тока в некоторый момент времени)
$P_m = I_m^2 R$	– амплитудное значение мощности
$P = \frac{I_m^2 R}{2} = I_{эф}^2 R$	– средняя мощность переменного тока
$P = U_{эф} I_{эф} = \frac{U_{эф}^2}{R} = \frac{U_m^2}{2R}$	– средняя мощность переменного тока

Цепь переменного тока с емкостным сопротивлением

$U = U_m \sin \omega t$ $q = CU = CU_m \sin \omega t$	– напряжение, подводимое в цепь – заряд, накапливаемый на обкладках конденсатора
$i = \dot{Q} = \omega CU_m \cos \omega t = I_m \cos \omega t$	– сила тока в цепи
$I_m = \omega q_m = CU_m \omega$	– амплитуда силы тока
$i = CU\omega = \frac{U}{X_c}$	– закон Ома для мгновенных и действующих значений
$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$	– емкостное сопротивление, где ν – частота переменного тока; $\omega = 2\pi\nu$ – циклическая частота

Цепь переменного тока с индуктивным сопротивлением	
$U = U_m \cos \omega t$ $i = I_m \sin \omega t$ $U_m = LI_m \omega$	– сила тока в цепи – напряжение на концах катушки – амплитудное значение напряжения
$I = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{X_L}$	– закон Ома для действующих значений
$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$	– индуктивное сопротивление
$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	– полное сопротивление цепи переменного тока, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления R , емкости C и индуктивности L
$X = X_L - X_C$	– реактивное сопротивление цепи переменного тока
$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$	– полное сопротивление цепи переменного тока
$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$	– закон Ома для электрической цепи переменного тока
$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$	– сдвиг фаз между колебаниями силы тока и напряжения определяется отношением реактивного сопротивления к активному
$P = IU \cos \varphi$	– мощность переменного тока на участке цепи, где I, U – действующие значения силы тока и напряжения
$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$	– коэффициент мощности
$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	– условие резонанса в электрической цепи, где ω – частота переменного напряжения, приложенного к контуру; ω_0 – собственная частота колебаний контура
$\varepsilon_2 = \frac{\varepsilon_1 N_2}{N_1}$	– ЭДС во вторичной обмотке трансформатора, где ε_1 – ЭДС в первичной обмотке трансформатора; N_1, N_2 – число витков первичной и вторичной обмотках трансформатора
$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$	– коэффициент трансформации
$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_N}$	– коэффициент полезного действия трансформатора, где $P_1 = P_2 + P_N$, P_2 – подводимая к трансформатору от источника мощность; P_N – потерянная мощность

4.1.3. Упругие волны. Электромагнитные волны

$y = A \cos \omega(t - \frac{x}{v})$	– уравнение плоской бегущей волны, где y – смещение любой из точек среды с координатой x в момент t ; v – скорость распространения колебаний в среде
--------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$\Delta\varphi = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\Delta x$	– связь разности фаз $\Delta\varphi$ колебаний с расстоянием Δx между точками среды, отсчитанным в направлении распространения колебаний, где $\lambda = \frac{v}{\nu}$ – длина волны, расстояние между двумя ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе. Здесь v – скорость распространения волны, м/с; ν – частота колебаний источника волн, Гц
$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$	– уравнение плоской волны, где A – амплитуда колебаний; t – время от начала отсчета; x – расстояние точки от центра колебаний; ω – циклическая частота; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, где λ – длина волны; φ_0 – начальная фаза волны
$\xi(x, t) = 2A \cos kx \cos \omega t$	– уравнение стоячей волны, где $2A \cos kx$ – амплитуда стоячей волны
$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$	– скорость распространения звуковых волн в газах, где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ – отношение теплоемкостей газа при постоянных давлении и объеме; R – универсальная газовая постоянная, μ – молярная масса; T – абсолютная температура
$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	– скорость распространения продольных волн в твердых телах, где E – модуль Юнга (модуль упругости); ρ – плотность тела
$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}}$	– скорость распространения продольных волн в жидкостях, где k – модуль объемной упругости
$S = \frac{v \cdot t}{2}$	– определение расстояния до преграды (эхолокация), где S – расстояние до преграды; v – скорость распространения звуковой волны; t – промежуток времени, в течение которого звуковая волна проходит путь до преграды и обратно к источнику звука
$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$ $\vec{H} = \vec{H}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$	– уравнения плоской монохроматической электромагнитной волны
$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$	– волновое число
$v = \frac{c}{n}$	– скорость электромагнитной волны в среде, где c – скорость света в вакууме
$n = \sqrt{\varepsilon\mu}$	– показатель преломления среды, где ε и μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды
$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{c}{n\nu} = \frac{cT}{n}$	– длина волны, где λ_0 – длина волны в вакууме; T – период колебаний; ν – частота
$S = wv = EH$	– модуль плотности потока энергии
$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$	– вектор Умова-Пойнтинга
$w = w_{эл} + w_{м} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$	– объемная плотность электромагнитной волны

4.2. Примеры решения задач

Пример 4.1. Упругая пружина под действием подвешенного к ней груза растянулась на x_0 . Если груз еще немного оттянуть вниз и отпустить, то он станет совершать вертикальные колебания. Определить период T этих колебаний.

Дано:
 x_0
 Найти: T

Решение:

Период колебаний пружинного маятника

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (4.1)$$

По закону Гука $F_{\text{упр}} = -kx_0$, а по третьему закону Ньютона $F_{\text{упр}} = -mg$, поэтому $mg = kx_0$, откуда

$$\frac{m}{k} = \frac{x_0}{g} \quad (4.2)$$

Подставим (4.2) в (4.1), и задача будет решена: $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{x_0}{g}}$.

Ответ: $T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{x_0}{g}}$.

Пример 4.2. Найти смещение x от положения равновесия точки, расположенной на расстоянии $x = \frac{\lambda}{6}$ от источника колебаний, для момента времени $t = \frac{T}{4}$. Амплитуда колебаний $A = 2 \text{ см}$.

Дано:
 $x = \frac{\lambda}{6}$
 $t = \frac{T}{4}$
 $A = 2 \text{ см}$
 $\alpha_0 = 0$
 Найти: x

Решение:

Запишем уравнение бегущей волны: $\xi = A \sin(\omega t - kx + \alpha_0)$.

Здесь $\omega = \frac{2\pi}{T}$ – циклическая частота, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число и $\alpha_0 = 0$ – начальная фаза колебаний точки.

Поскольку отсчет времени идет от положения равновесия, мы записали уравнение синусоидальной волны и приняли начальную фазу равной нулю. С учетом всего этого, а также условия задачи, запишем:

$$\xi = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4} - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{6}\right) = A \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3}\right) = A \sin \frac{\pi}{6}.$$

$$\sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}, \quad \xi = \frac{A}{2}; \quad \xi = \frac{2}{2} \text{ см} = 1 \text{ см}.$$

Ответ: $\xi = 1 \text{ см}$.

Пример 4.3. Во сколько раз изменятся частота и период колебаний в колебательном контуре, если емкость конденсатора увеличить в 36 раз, а индуктивность катушки уменьшить в 9 раз?

Дано:
 $C_2 = 36C_1$
 $L_1 = 9L_2$
 Найти: $\frac{\nu}{\nu_1}; \frac{T_2}{T_1}$

Решение:

Обозначим C_1, L_1, ν_1 и T_1 емкость конденсатора, индуктивность катушки, частоту колебаний и период до их изменения, C_2, L_2, ν_2 и T_2 – после.

Запишем формулу Томсона применительно к первому и второму состояниям контура:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{L_1C_1}, \quad (4.3)$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{L_2C_2}. \quad (4.4)$$

Разделим (4.4) на (4.3): $\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{L_2C_2}}{2\pi\sqrt{L_1C_1}} = \frac{\sqrt{L_2C_2}}{\sqrt{L_1C_1}}$ или $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2C_2}{L_1C_1}}$.

Поскольку частота и период – обратные величины, $\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{T_1}{T_2}$.

Произведем вычисления: $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2 \cdot 36C_1}{9 \cdot L_2 \cdot C_1}} = \sqrt{\frac{36}{9}} = 2$, т.е. период увеличится в

2 раза, $\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{2}$, следовательно, частота уменьшится в 2 раза.

Ответ: $\frac{T_2}{T_1} = 2, \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{1}{2}$.

Пример 4.4. В цепь переменного тока с напряжением $U = 220В$ стандартной частоты включены последовательно конденсатор, резистор сопротивлением $R = 100Ом$ и катушка с индуктивностью $L = 1Гн$. При какой емкости конденсатора C в этой цепи наступит резонанс напряжений? Какова максимальная сила тока I_m при резонансе? Чему равны добротность цепи Q и ее волновое сопротивление ρ ?

Дано:
 $U = 220В$
 $R = 100Ом$
 $L = 1Гн$
 $\nu = 50Гц$

 Найти:
 $C; I_m; Q; \rho$

Решение:

При резонансе напряжений индуктивное сопротивление X_L равно емкостному X_C : $X_L = X_C$, где $X_L = \omega L = 2\pi\nu L = \frac{1}{2\pi\nu C}$, откуда $C = \frac{1}{(2\pi\nu)^2 L}$. Амплитуда силы тока I_m при резонансе напряжений, когда реактивное сопротивление $X_L - X_C = 0$, определяется по закону Ома равенством $I_m = \frac{U_m}{R}$, где $U_m = U\sqrt{2}$,

поэтому $I_m = \frac{U\sqrt{2}}{R}$.

Добротность цепи определяет формула $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$, а волновое сопротивление $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$. Произведем вычисления: $C = \frac{1}{(2 \cdot 3,14 \cdot 50)^2 \cdot 1} \Phi = 1 \cdot 10^{-5} \Phi$,

$$I_m = \frac{220\sqrt{2}}{100} A = 3,1A, \quad Q = \frac{1}{100}\sqrt{\frac{1}{1 \cdot 10^{-5}}} = 3,2, \quad \rho = \sqrt{\frac{1}{1 \cdot 10^{-5}}} Ом = 320 Ом.$$

Ответ: $C = 1 \cdot 10^{-5} \Phi, I_m = 3,1A, Q = 3,2, \rho = 320 Ом$.

Пример 4.5 Максимальная напряженность электрического поля радиоволны не должна быть более $E_m = 5 \text{ В/м}$. Чему равна в этом случае интенсивность электромагнитного излучения I ?

Дано:

$$E_m = 5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти: I

Решение:

Выразим интенсивность электромагнитной волны I через объемную плотность энергии волны $\omega_{\text{эл-м}}$: $I = \omega_{\text{эл-м}} c$.

Плотность энергии электромагнитного поля $\omega_{\text{эл-м}}$ равна удвоенной плотности энергии электрического поля: $\omega_{\text{эл-м}} = 2\omega_{\text{эл}}$, где $\omega_{\text{эл}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E_m^2}{2}$, поэтому $\omega_{\text{эл-м}} = \varepsilon_0 \varepsilon E_m^2$, где ε_0 – электрическая постоянная и ε – диэлектрическая проницаемость среды (в нашем случае воздуха).

С учетом этого $I = \varepsilon_0 \varepsilon E_m^2 c$. Произведем вычисления:

$$I = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} = 0,066 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[I]_{\text{СИ}} = \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \frac{\text{В}^2}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}^2}{\text{В} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Кл}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Здесь $\Phi = \text{Кл/В}$, $\text{Кл} \cdot \text{В} = \text{Дж}$, $\text{Вт} = \text{Дж/с}$.

Ответ: $I = 0,066 \text{ Вт/м}^2$.

4.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

221) Точка совершает гармонические колебания по уравнению: $x = 0,05 \cdot \cos(20\pi t)$. Определить амплитуду, циклическую частоту, период колебания.

222) Колебательное движение точки описывается уравнением: $x = 0,05 \cdot \cos(20\pi t)$. Найти смещение точки для момента времени $t = 1 \text{ с}$.

223) Уравнение движения имеет вид: $x = 0,06 \cdot \cos(100\pi t)$. Найти уравнение скорости $v = f(t)$. Чему равна максимальная скорость?

224) Найти массу груза, который на пружине с жесткостью $k = 250 \text{ Н/м}$ делает 20 колебаний за 16 с .

225) Какова длина l математического маятника, если его период $T = 1 \text{ с}$?

226) Если длину математического маятника увеличить в 9 раз, то как изменится период? частота колебаний?

227) Груз массой $m = 0,2 \text{ кг}$, подвешенный к пружине, совершает $N = 30$ колебаний за $t = 1 \text{ мин}$. Определить жесткость пружины.

228) Как изменится энергия гармонических колебаний, если амплитуду колебаний увеличить в 2 раза, а частоту уменьшить в 2 раза?

229) Тело совершает гармонические колебания по закону $x = 5 \cos(\pi t)$. Найти скорость колеблющегося тела в момент времени $t = 0,5 \text{ с}$.

230) Как изменится период колебания груза на пружине, если массу груза m уменьшить в 4 раза?

231) Скорость колеблющейся тележки массой $m = 1 \text{ кг}$ изменяется по закону $v_x = 4 \cos(10t)$. По какому закону изменяется ее кинетическая энергия?

232) При гармонических колебаниях вдоль оси x координата тела изменяется по закону $x = 0,9 \cdot \sin(3t)$. Чему равна частота колебаний?

233) Шарик, подвешенный на нити, отклоняют влево и отпускают. Через какую долю периода кинетическая энергия шарика будет максимальной?

234) Записать уравнение гармонического колебательного движения точки, совершающей колебания с амплитудой $A = 8 \text{ см}$, если за время $t = 1 \text{ мин}$ совершается 120 колебаний и начальная фаза колебаний $\varphi_0 = 45^\circ$.

235) Гармонические колебания описываются уравнением $x = 0,02 \cos(6\pi t + \frac{\pi}{3})$.

Определить: амплитуду колебаний; циклическую частоту; частоту колебаний; период колебаний.

236) Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 4 \text{ см}$ и периодом $T = 2 \text{ с}$. Начальная фаза колебаний равна $\varphi_0 = 60^\circ$. Написать уравнение движения точки.

237) Точка совершает гармонические колебания с периодом $T = 6 \text{ с}$ и начальной фазой $\varphi_0 = 0^\circ$. Определить, за какое время, считая от начала движения, точка сместится от положения равновесия на половину амплитуды.

238) Точка совершает гармонические колебания по закону $x = 3 \cos(\frac{\pi}{2}t + \frac{\pi}{8})$.

Определить: период колебаний; максимальную скорость точки; максимальное ускорение точки.

239) Точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 10 \text{ см}$ и периодом колебаний $T = 5 \text{ с}$. Определить для точки: максимальную скорость; максимальное ускорение.

240) Найти возвращающую силу в момент времени $t = 1 \text{ с}$ и полную энергию материальной точки, совершающей колебания по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 20 \text{ см}$; $\omega = \frac{2\pi}{3} \text{ с}^{-1}$. Масса материальной точки $m = 10 \text{ г}$.

241) Изменение силы тока в зависимости от времени задано уравнением $I = 5 \cos 200\pi t$. Найти частоту, период колебаний и амплитуду силы тока.

242) Какой величины индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости конденсатора $C = 50 \text{ нФ}$ получить частоту свободных колебаний $\nu = 10 \text{ МГц}$?

243) Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 800 \text{ нФ}$ и катушку индуктивности $L = 2 \text{ мкГн}$. Каков период собственных колебаний контура?

244) В цепь переменного тока включены последовательно активное сопротивление $R = 0,5 \text{ Ом}$, индуктивное сопротивление $X_L = 30 \text{ Ом}$, емкостное сопротивление $X_C = 22 \text{ Ом}$. Каково полное сопротивление цепи?

245) Каково индуктивное сопротивление проводника с индуктивностью $L = 0,2 \text{ Гн}$ при частоте $\nu = 50 \text{ Гц}$?

246) Каково сопротивление конденсатора емкостью $C = 4 \text{ мкФ}$ в сетях с частотой переменного тока $\nu = 50 \text{ Гц}$?

247) На какое напряжение надо рассчитывать изоляторы линии передачи, если действующее напряжение $U = 430 \text{ кВ}$.

248) Сколько витков имеет рамка площадью $S = 500 \text{ см}^2$, если при вращении ее с частотой $n = 20 \text{ с}^{-1}$ в однородном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ амплитудное значение ЭДС равно $63B$?

249) В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,35 \text{ Тл}$ равномерно с частотой $n = 8 \text{ об/с}$ вращается рамка, содержащая $N = 500$ витков площадью $S = 50 \text{ см}^2$. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции ε_{max} , возникающую в рамке.

250) По обмотке соленоида индуктивностью $L = 0,2 \text{ Гн}$ течет ток $I = 10 \text{ А}$. Определить энергию соленоида. Как изменилась сила тока, если энергия магнитного поля соленоида увеличилась в два раза?

251) Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 1 \text{ мГн}$ и конденсатора емкостью $C = 2 \text{ нФ}$. Пренебрегая сопротивлением контура, определить циклическую частоту колебаний в контуре.

252) Колебательный контур содержит соленоид (длина $l = 5 \text{ см}$, площадь поперечного сечения $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$ и число витков $N = 500$) и воздушный конденсатор (расстояние между пластинами $d = 5 \text{ мм}$, площадь пластин $S_2 = 100 \text{ см}^2$). Определить частоту собственных колебаний.

253) Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,2 \text{ мГн}$ и воздушного конденсатора площадью пластин $S_1 = 155 \text{ см}^2$, расстояние между которыми $d = 1,5 \text{ мм}$. Определить период колебаний.

254) Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ и конденсатора емкостью $C = 39,5 \text{ мкФ}$. Заряд конденсатора $q_m = 3 \text{ мкКл}$. Пренебрегая сопротивлением контура, записать уравнение изменения силы тока в цепи в зависимости от времени.

255) Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ и конденсатора емкостью $C = 39,5 \text{ мкФ}$. Заряд конденсатора $q_m = 3 \text{ мкКл}$. Пренебрегая сопротивлением контура, записать уравнение изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.

256) Сила тока в колебательном контуре, содержащем катушку индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ и конденсатор, со временем изменяется согласно уравнению $I = -0,4 \sin 200 \pi t$. Определить циклическую частоту колебаний и максимальный заряд на пластинах конденсатора.

257) Сила тока в колебательном контуре, содержащем катушку индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ и конденсатор, со временем изменяется согласно уравнению $I = -0,4 \sin 200 \pi t$. Определить период колебаний и емкость конденсатора.

258) Сила тока в колебательном контуре, содержащем катушку индуктивностью $L = 0,1 \text{ Гн}$ и конденсатор, со временем изменяется согласно уравнению $I = -0,4 \sin 200 \pi t$. Определить максимальную энергию магнитного поля и максимальную энергию электрического поля.

259) Энергия свободных незатухающих колебаний в колебательном контуре составляет $W = 0,2 \text{ МДж}$. При медленном раздвигании пластин конденсатора энергия увеличилась в два раза. Определить работу, совершенную против сил электрического поля.

260) Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью $C = 8 \text{ пФ}$ и катушку индуктивностью $L = 0,5 \text{ мГн}$. Каково максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_m = 40 \text{ мА}$.

261) Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами равна 15 см , а длина волны $\lambda = 10 \text{ см}$. Каков результат интерференции?

262) Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами равна 8 см , а длина волны $\lambda = 4 \text{ см}$. Каков результат интерференции?

263) Каково расстояние между узлами стоячей волны при скорости звука $v = 342 \text{ м/с}$ и частоте колебаний $\nu = 440 \text{ Гц}$?

264) Колебание источника описывается уравнением $x = 0,05 \cos(2\pi t)$. Написать уравнение колебания точки, находящейся на оси x на расстоянии $l = 1 \text{ м}$ от источника, скорость распространения волны $v = 0,6 \text{ м/с}$.

265) На поверхности воды распространяются волны со скоростью $v = 2,4 \text{ м/с}$ при частоте $\nu = 2 \text{ Гц}$. Найти длину волны.

266) В некоторой среде расстояние от источника звука до точек A и B равно соответственно $x_1 = 70 \text{ м}$ и $x_2 = 120 \text{ м}$. Источник испускает волны с частотой $\nu = 56 \text{ Гц}$. Какова разность фаз волны в точках, если скорость звука в этой среде $v = 1400 \text{ м/с}$?

267) Звуковые колебания, имеющие частоту $\nu = 0,5 \text{ Гц}$ и амплитуду $A = 0,25 \text{ мм}$, распространяются в упругой среде. Длина волны $\lambda = 70 \text{ см}$. Найти скорость распространения волн и максимальную скорость частиц среды.

268) Определить скорость распространения волны в упругой среде, если разность фаз колебаний двух точек этой среды, отстоящих друг от друга на расстоянии $\Delta x = 10 \text{ см}$, $\Delta \varphi = \frac{\pi}{3}$. Частота колебаний $\nu = 25 \text{ Гц}$.

269) Определить длину волны λ , если расстояние Δl между первым и четвертым узлами стоячей волны равно 30 см .

270) Период колебаний точек $T = 0,01 \text{ с}$, а скорость распространения волн $v = 340 \text{ м/с}$. Определить разность фаз двух точек, лежащих на одном луче, если расстояние между точками равно $\Delta x = 3,4 \text{ м}$.

271) Скорость распространения электромагнитных волн в некоторой среде составляет $v = 250 \text{ Мм/с}$. Найти длину волны в этой среде, если частота в вакууме $\nu_0 = 10^6 \text{ Гц}$.

272) Найти скорость распространения электромагнитной волны в среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$ и магнитной проницаемостью $\mu = 1$.

273) В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 10 \text{ В/м}$. Определить амплитуду напряженности магнитного поля волны. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

274) В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны равна $H_0 = 1 \text{ мА/м}$. Определить амплитуду напряженности электрического поля волны. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

275) Индуктивность колебательного контура $L = 0,5 \text{ мГн}$. Какова должна быть электроемкость C контура, чтобы он резонировал на длину волны $\lambda = 300 \text{ м}$?

276) Определить плотность энергии электрического поля в электромагнитной волне, если $E_0 = 5 \text{ В/м}$, $\varepsilon = 2$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$.

277) Определить плотность энергии магнитного поля в электромагнитной волне, если $H_0 = 2 \text{ А/м}$, $\mu = 1$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

278) Определить плотность энергии электромагнитного поля в электромагнитной волне, если $\varepsilon = 1$, $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$, $E_0 = 5 \text{ В/м}$.

279) Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с $\varepsilon = 2$ и $\mu = 1$. Определить фазовую скорость волны.

280) Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 12 \text{ В/м}$. Определить амплитуду напряженности магнитного поля H_0 . $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

5. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА. КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

5.1. Основные формулы

5.1.1. Геометрическая оптика

$n = \frac{c}{v}$; $n = \sqrt{\varepsilon \cdot \mu}$	– абсолютный показатель преломления среды, где c – скорость света в вакууме; v – скорость света в среде; ε и μ – соответственно диэлектрическая и магнитная проницаемость среды
$\alpha = \gamma$	– закон отражения света, α – угол падения; γ – угол отражения
$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{12}$	– закон преломления, $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ – относительный показатель преломления, где α – угол падения; β – угол преломления
$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_{21}}$	– при полном отражении света, где α_0 – предельный угол полного отражения
$D = \frac{1}{F} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	– оптическая сила линзы, где F – фокусное расстояние; $n = \frac{n_2}{n_1}$ – относительный показатель преломления; R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхностей линзы
$\pm \frac{1}{F} = \mp \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	– формула тонкой линзы, где d – расстояние от предмета до линзы; f – расстояние от предмета до изображения
$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	– линейное увеличение линзы, где h – размеры предмета; H – размеры изображения

5.1.2. Волновая оптика

$v = c/n$	– скорость света в среде, где c – скорость света в вакууме; n – показатель преломления среды
$L = nl$	– оптическая длина пути световой волны, где l – геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n

$\Delta = L_1 - L_2$	– оптическая разность хода двух световых волн
$\Delta\varphi = 2\pi(\Delta/\lambda)$	– зависимость разности фаз от оптической разности хода световых волн, где λ – длина световой волны
$\Delta = \pm k\lambda$	– условие максимального усиления света при интерференции, где $(k = 0, 1, 2, \dots)$
$\Delta = \pm(2k+1)\lambda/2$	– условие максимального ослабления света, где $(k = 0, 1, 2, \dots)$
$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} + \lambda/2$ или $\Delta = 2dn \cos i_2 + \lambda/2$	– оптическая разность хода световых волн, возникающая при отражении монохроматического света от тонкой пленки, где d – толщина пленки; n – показатель преломления пленки; i_1 – угол падения; i_2 – угол преломления света в пленке
$r_k = \sqrt{(2k-1)R\lambda/2}$	– радиус светлых колец Ньютона в отраженном свете, где $(k = 1, 2, \dots)$; k – номер кольца; R – радиус кривизны линзы
$r_k = \sqrt{kR\lambda}$	– радиус темных колец Ньютона в отраженном свете
$a \sin \varphi = \pm(2k+1)\lambda/2$	– угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции на одной щели, определяется из условия, где $(k = 0, 1, 2, 3, \dots)$; a – ширина щели; k – порядковый номер максимума
$d \sin \varphi = \pm k\lambda$	– угол φ отклонения лучей, соответствующий максимуму (светлая полоса) при дифракции света на дифракционной решетке, определяется из условия, где $(k = 0, 1, 2, 3, \dots)$; d – период дифракционной решетки
$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$	– разрешающая способность дифракционной решетки, где $\Delta\lambda$ – наименьшая разность длин волн двух соседних спектральных линий (λ и $\lambda + \Delta\lambda$), при которой эти линии могут быть видны отдельно в спектре, полученном посредством данной решетки; N – полученное число щелей решетки
$2d \sin \theta = k\lambda$	– формула Вульфа-Брэггов, где θ – угол скольжения (угол между направлением параллельного пучка рентгеновского излучения, падающего на кристалл, и атомной плоскостью в кристалле; d – расстояние между атомными плоскостями кристалла
$\operatorname{tg} i_1 = n_{21}$	– закон Брюстера, где i_1 – угол падения, при котором отраженный от диэлектрика луч полностью поляризован; n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой
$I = I_0 \cos^2 \alpha$	– закон Малюса, где I_0 – интенсивность плоскополяризованного света, падающего на анализатор; I – интенсивность этого света после анализатора; α – угол между направлением колебаний электрического вектора света, падающего на анализатор, и плоскостью пропускания анализатора (если колебания электрического вектора падающего света совпадают с этой плоскостью, то анализатор пропускает данный свет без ослабления)

5.1.3. Квантовая оптика

$R_3 = \sigma \cdot T^4$	– закон Стефана-Больцмана, где R_3 – энергетическая светимость (излучательность) абсолютно черного тела; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \left(\frac{Вт}{м^2 K^4} \right)$ – постоянная Больцмана
$R_3 = A_T \cdot \sigma^4$	– энергетическая светимость серого тела, где A_T – коэффициент серого тела
$\lambda_m = \frac{b}{T}$	– закон смещения Вина, где λ_m – длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения; $b = 2,90 \cdot 10^{-3} (м \cdot K)$ – постоянная Вина
$(R_{\lambda,T})_{max} = CT^5$	– зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимости от температуры, где постоянная $C = 1,30 \cdot 10^{-5} \frac{Вт}{м^2 K^5}$
$\varepsilon = h\nu$ или $\varepsilon = \hbar\omega$	– энергия фотона, где $h = 6,63 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с)$ – постоянная Планка; \hbar – постоянная Планка, деленная на 2π ; ν – частота фотона; ω – циклическая частота
$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$	– масса фотона, где c – скорость света в вакууме; λ – длина волны фотона
$p = mc = \frac{h}{\lambda}$	– импульс фотона
$h\nu = A + T_{max} = A + \frac{mV_{max}^2}{2}$	– формула Эйнштейна для фотоэффекта, где $h\nu$ – энергия фотона, падающего на поверхность металла; A – работа выхода электрона; $\frac{mV_{max}^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона
$\nu_0 = \frac{A}{h}$ или $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$	– красная граница фотоэффекта, где ν_0 – минимальная частота света, при которой еще возможен фотоэффект; λ_0 – максимальная длина волны света, при которой еще возможен фотоэффект; h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме
$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta)$ или $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{m_0c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$	– формула Комптона, где λ – длина волны фотона, встретившегося со свободным или слабо связанным электроном; λ' – длина волны фотона, рассеянного на угол θ после столкновения с электроном; m_0 – масса покоящегося электрона, $\frac{h}{m_0c} = \lambda_c = 2,426 \cdot 10^{-12} (м)$ – длина волны Комптона
$p = \frac{E_e}{c} (1 + \rho) = w(1 + \rho)$	– давление света при нормальном падении на поверхность, где E_e – энергетическая освещенность (облученность); w – объемная плотность энергии излучения; ρ – коэффициент отражения

5.2. Примеры решения задач

Пример 5.1. Определить наибольшую длину волны света, при которой может происходить фотоэффект для платины.

<p>Дано: $A = 8,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>Найти: λ_{\max}</p>	<p>Решение: Из формулы $A = h\nu_0$ найдем красную границу фотоэффекта для платины: $\nu_0 = \frac{A}{h}$. Этой частоте соответствует максимальная длина волны $\lambda_{\max} = \frac{c}{\nu_0} = \frac{ch}{A}$,</p> $\lambda_{\max} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34}}{8,5 \cdot 10^{-19}} \text{ м} \approx 2,34 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$ <p>Ответ: $\lambda_{\max} \approx 2,34 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Пример 5.2. Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия с длиной волны $\lambda = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, если период дифракционной решетки $d = 2 \text{ мкм}$.

<p>Дано: $\lambda = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ $d = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>Найти: k_{\max}</p>	<p>Решение: Воспользуемся формулой дифракционной решетки $d \cdot \sin \varphi = k\lambda$, откуда $k = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}$. Из этого выражения видно, что при заданных d и λ порядок спектра k будет максимальным, когда $\sin \varphi = 1$, т.е. при угле отклонения $\varphi = 90^\circ$. Следовательно, $k_{\max} = \frac{d}{\lambda}$.</p> $k_{\max} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{5,89 \cdot 10^{-7}} \approx 3.$ <p>Ответ: $k_{\max} \approx 3$.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Пример 5.3. Максимум спектральной плотности энергетической светимости Солнца приходится на длину волны $\lambda = 0,48 \text{ мкм}$. Считая, что Солнце излучает как черное тело, определить температуру его поверхности.

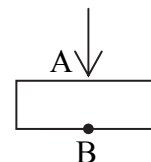
<p>Дано: $\lambda = 0,48 \text{ мкм} = 0,48 \cdot 10^{-6} \text{ м}$</p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p>Найти: T</p>	<p>Решение: Согласно закону смещения Вина, искомая температура поверхности Солнца $T = \frac{b}{\lambda_{\max}}$,</p> <p>где $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – постоянная Вина.</p> $T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{0,48 \cdot 10^{-6}} = 6,04 \cdot 10^3 \text{ К} = 6,04 \text{ кК}.$ <p>Ответ: $T = 6,04 \text{ кК}$.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

281) Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами равна 15 см , а длина волны $\lambda = 10\text{ см}$. Каков результат интерференции?

282) Определить длину отрезка l_1 , на котором укладывается столько же длин волн монохроматического света в вакууме, сколько их укладывается на отрезке $l_2 = 5\text{ мм}$ в стекле. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

283) На пленку толщиной $d = 1\text{ мм}$ падает нормально свет с длиной волны $\lambda = 500\text{ нм}$. Показатель преломления пленки $n = 1,5$. Найти оптическую разность хода лучей, отраженных в точке A и в точке B .



284) Оптическая разность хода Δ двух интерферирующих волн монохроматического света равна $0,3\lambda$. Определить разность фаз $\Delta\varphi$.

285) Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга $d = 0,5\text{ мм}$. Щели освещаются монохроматическим светом длиной волны $\lambda = 0,6\text{ мкм}$. Определить расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос $\Delta x = 1,2\text{ мм}$.

286) В опыте Юнга расстояние между щелями $d = 0,8\text{ мм}$, длина волны $\lambda = 640\text{ нм}$. На каком расстоянии l от щелей следует расположить экран, чтобы ширина интерференционной полосы оказалась равной $\Delta x = 2\text{ мм}$?

287) Чему равно расстояние между соседними интерференционными полосами в опыте Юнга на экране, если отверстия освещались светом с $\lambda = 500\text{ нм}$, расстояние между отверстиями $d = 1\text{ мм}$ и расстояние от отверстий до экрана $l = 3\text{ м}$.

288) В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны $\lambda = 600\text{ нм}$, расстояние между отверстиями $d = 1\text{ мм}$ и расстояние от отверстий до экрана $l = 3\text{ м}$. Найти координату x_1 для первого максимума.

289) Два когерентных луча имеют оптическую разность хода $\Delta = 1,5\text{ мкм}$ при длине волны $\lambda = 0,5\text{ мкм}$. Что будет наблюдаться (max или min) при интерференции этих лучей?

290) Найти оптическую разность хода двух когерентных лучей, прошедших расстояние $S_1 = 1\text{ м}$ и $S_2 = 2\text{ м}$, соответственно в средах с показателями преломления $n_1 = 1$, $n_2 = 1,5$.

291) На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной $h = 1\text{ мм}$. Насколько изменилась оптическая длина пути, если показатель преломления стекла $n = 1,5$?

292) На плоскопараллельную стеклянную пластинку ($n = 1,5$) падает нормально свет с $\lambda = 0,5\text{ мкм}$. При какой наименьшей толщине отраженные лучи будут усилены?

293) Диаметр d_2 второго светлого кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ($\lambda = 0,6\text{ мкм}$) равен $1,2\text{ мм}$. Определить радиус линзы.

294) Диаметр четвертого темного кольца в отраженном свете равен $d = 9\text{ мм}$, радиус кривизны линзы $R = 8,6\text{ м}$. Найти длину волны падающего света.

295) В установке для наблюдения колец Ньютона пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью. Определить показатель преломления жидкости, если радиус третьего светлого кольца в отраженном свете получился равным $3,65\text{ мм}$. Радиус кривизны линзы $R = 10\text{ м}$, длина волны $\lambda = 589\text{ нм}$.

296) Установка для получения колец Ньютона освещается белым светом, падающим нормально. Найти радиус четвертого синего кольца, если длина волны $\lambda = 400 \text{ нм}$.

297) Плосковыпуклая линза радиусом кривизны $R = 4 \text{ м}$ выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить длину волны падающего монохроматического света, если радиус пятого светлого кольца в отраженном свете $r = 3 \text{ мм}$.

298) Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Длина волны падающего монохроматического света $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$. Определить радиус кривизны линзы, если радиус пятого светлого кольца в отраженном свете $r = 3 \text{ мм}$.

299) Расстояние между вторым и первым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм . Определить расстояние между десятым и девятым кольцами.

300) Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить толщину слоя воздуха там, где в отраженном свете длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ видно первое светлое кольцо Ньютона.

301) Зная формулу радиуса зоны Френеля, вычислить радиус пятой зоны Френеля для $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$, если $a = 0,1 \text{ м}$, $b = 0,1 \text{ м}$.

302) Вычислить радиус пятой зоны Френеля в случае плоской волны. Длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения 1 м .

303) Вычислить радиус первой зоны Френеля, если расстояние от источника до волновой поверхности $a = 1 \text{ м}$, расстояние от волновой поверхности до экрана равно $b = 1 \text{ м}$. Длина волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$.

304) На щель шириной $a = 0,05 \text{ мм}$ падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$. Определить угол φ дифракции для четвертого максимума.

305) На щель шириной $a = 2 \text{ мкм}$ падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 589 \text{ нм}$. Найти угол дифракции, соответствующий первому минимуму.

306) На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Ширина щели $a = 6\lambda$. Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум?

307) С помощью дифракционной решетки с периодом $d = 20 \text{ мкм}$ требуется разрешить дублет натрия ($\lambda_1 = 589,0 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 589,6 \text{ нм}$) в спектре второго порядка. При какой наименьшей длине l решетки это возможно?

308) Сколько штрихов на 1 мм содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) максимум пятого порядка отклонен на угол $\varphi = 18^\circ$?

309) Чему равна постоянная дифракционной решетки, если зеленая линия длиной волны $\lambda = 546 \text{ нм}$ в спектре первого порядка наблюдается под углом $\alpha = 19^\circ 8'$?

310) Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия $\lambda = 589 \text{ нм}$, если постоянная дифракционной решетки равна $d = 2 \text{ мкм}$.

311) В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 2$ раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации P света.

312) Степень поляризации частично поляризованного света составляет $0,75$. Определить отношение максимальной интенсивности света к минимальной интенсивности, пропускаемой анализатором.

313) Определить степень поляризации частично поляризованного света, если максимальная интенсивность в три раза больше минимальной.

314) Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости с показателем преломления $n = 1,33$ под углом $\varepsilon_1 = 54^\circ$. Определить угол преломления ε_2 пучка, если отраженный пучок полностью поляризован.

315) Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера с показателем преломления $n = 1,33$, были наиболее поляризованы?

316) Чему равен показатель преломления стекла, если при отражении от него света отраженный луч будет полностью поляризован при угле падения $\alpha = 60^\circ$.

317) Определить угол полной поляризации при отражении света от стекла, показатель преломления которого $n = 1,57$.

318) Интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшилась в 8 раз. Определить угол α между плоскостями поляризатора и анализатора.

319) Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора составляет 30° . Во сколько раз изменится интенсивность прошедшего через них света, если угол между главными плоскостями равен 45° ?

320) Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, главные плоскости которых образуют угол в 60° .

321) Определить температуру T , при которой энергетическая светимость R_Σ черного тела равна $10 \text{ кВт} / \text{м}^2$.

322) Определить энергию, излучаемую за время $t = 1 \text{ мин}$ из смотрового окошка площадью $S = 8 \text{ см}^2$ плавильной печи, если ее температура $T = 1,2 \text{ кК}$.

323) На какую длину волны λ_m приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре $t = 0^\circ \text{ С}$?

324) Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость R_Σ возросла в два раза?

325) С поверхности сажи площадью $S = 2 \text{ см}^2$ при температуре $T = 400 \text{ К}$ за время $t = 5 \text{ мин}$ излучается энергия $W = 83 \text{ Дж}$. Определить коэффициент черноты A_T сажи.

326) Определить температуру T абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda = 750 \text{ нм}$.

327) Какое количество энергии излучает Солнце за время $t = 1 \text{ мин}$? Температура поверхности $T = 5800 \text{ К}$. (Солнце считать абсолютно черным телом. Радиус Солнца $R_C = 6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$).

328) На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре человеческого тела, т.е. $t = 37^\circ \text{ С}$.

329) Определить, во сколько раз необходимо уменьшить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость уменьшилась в 16 раз?

330) Принимая Солнце за абсолютно черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$, определить температуру поверхности Солнца.

331) На идеально отражающую плоскую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$. Поток излучения Φ_e составляет $0,45 \text{ Вт}$. Определить число фотонов, падающих на поверхность за время $t = 3 \text{ с}$.

332) Мощность светового излучателя $N = 100 \text{ Вт}$ при длине волны $\lambda = 500 \text{ нм}$. Сколько фотонов излучает источник за $t = 10 \text{ с}$?

333) Для вольфрамовой нити при температуре $T = 3500 \text{ К}$ поглощательная способность $A_T = 0,35$. Определить энергетическую светимость нити.

334) Принимая Солнце за абсолютно черное тело и учитывая, что его максимальной спектральной плотности энергетической светимости соответствует длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$, определить энергию, излучаемую солнцем в виде электромагнитных волн за 10 мин. Радиус солнца $R_C = 6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$.

335) Определить температуру абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны $\lambda_m = 10,6 \text{ мкм}$ ($v = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$)?

336) Максимальная спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела $(R_{\lambda,T})_{max} = 4,16 \cdot 10^{11} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}^5}$. На какую длину волны она приходится?

337) Температура верхних слоев Солнца равна $5,3 \text{ кК}$. Считая Солнце черным телом, определить длину волны, которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости Солнца.

338) Термодинамическая температура абсолютно черного тела увеличилась в 1,2 раза. Во сколько раз возросла его энергетическая светимость?

339) Принимая коэффициент черноты угля $A_T = 0,8$ при температуре $T = 600 \text{ К}$, определить энергетическую светимость угля.

340) Принимая коэффициент черноты угля $A_T = 0,8$ при температуре $T = 600 \text{ К}$, определить энергию, излучаемую с поверхности угля $S = 5 \text{ см}^2$ за время $t = 10 \text{ мин}$.

341) Чему равен импульс фотона, соответствующий длине волны $\lambda = 400 \text{ нм}$?

342) Чему равна масса фотона, соответствующего длине волны $\lambda = 750 \text{ нм}$?

343) Чему равна энергия фотона, соответствующего длине волны $\lambda = 0,76 \text{ мкм}$?

344) Задерживающее напряжение при фотоэффекте оказалось равным $U_3 = 1 \text{ В}$. Какова кинетическая энергия фотоэлектронов?

345) Определить работу выхода электронов из натрия, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 500 \text{ нм}$.

346) Задерживающее напряжение оказалось равным $U_3 = 2 \text{ В}$. Какова скорость вырванных электронов?

347) Какую максимальную скорость могут получить вырванные из калия электроны при облучении его светом с длиной волны $\lambda = 0,42 \text{ мкм}$? Работа выхода из калия $A = 2 \text{ эВ}$ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

348) Работа выхода для цинка равна $A = 5,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Возникает ли фотоэффект под действием излучения, имеющего длину волны $\lambda = 0,45 \text{ мкм}$?

349) Определить красную границу фотоэффекта для калия, если работа выхода $A = 2 \text{ эВ}$ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

350) Красная граница для серебра равна $\lambda = 0,26 \text{ мкм}$. Определить работу выхода в джоулях (Дж) и электрон-вольтах (эВ) ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

351) Определить энергию фотона, если соответствующая ему длина волны равна $\lambda = 1,6 \text{ нм}$.

352) Найти задерживающий потенциал для фотоэлектронов, испускаемых при освещении калия светом с длиной волны $\lambda = 330 \text{ нм}$. Для калия работа выхода $A = 2,2 \text{ эВ}$ ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

353) Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна $\lambda = 500 \text{ нм}$. Определить минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект.

354) Определить красную границу фотоэффекта для некоторого металла, если минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект $\varepsilon_{\min} = 2,49 \text{ эВ}$.

355) Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, если фототок прекращается при приложении задерживающего напряжения $U_0 = 3,7 \text{ В}$.

356) При каком задерживающем напряжении максимальная скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, $V_{\max} = 1,14 \cdot 10^6 \text{ м/с}$?

357) Определить работу выхода электронов из вольфрама, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 275 \text{ нм}$.

358) Выбиваемые светом при фотоэффекте электроны при облучении фотокатода видимым светом полностью задерживаются обратным напряжением $U_0 = 1,2 \text{ В}$. Длина волны падающего света $\lambda = 400 \text{ нм}$. Определить красную границу фотоэффекта.

359) Выбиваемые светом при фотоэффекте электроны при облучении фотокатода видимым светом полностью задерживаются обратным напряжением $U_0 = 1,2 \text{ В}$. Красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 652 \text{ нм}$. Определить длину волны видимого света, вызывающего фотоэффект.

360) Фотокатод облучается видимым светом длиной волны $\lambda = 400 \text{ нм}$. Чему равно задерживающее напряжение для выбитых светом фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 652 \text{ нм}$.

6. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

6.1. Основные формулы

6.1.1. Квантовая механика

$v = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	– формула Бальмера, $m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ – определяет спектральную серию, $n = (m + 1)$ – определяет отдельные линии серии; $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ (с}^{-1}\text{)}$ – постоянная Ридберга
$mv_n \cdot r_n = n \frac{h}{2\pi}$	– правило квантования орбит Бора, где $n = 1, 2, 3 \dots$ – главное квантовое число; m – масса электрона; r_n – радиус n -й орбиты; v_n – скорость электрона на этой орбите
$h\nu_{kn} = E_k - E_n$	– энергия излучаемого или поглощаемого кванта, где E_k, E_n – энергии стационарных состояний атома на соответствующих орбитах; ν_{kn} – частота кванта

$r_n = r_1 \cdot n^2$	– радиус боровской орбиты, где $r_1 = 0,528 \cdot 10^{-10}$ (м) – радиус первой боровской орбиты; n – номер стационарной орбиты
$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2}$	– энергия электрона на стационарной орбите, где Z – число положительных зарядов в ядре, m_e – масса электрона, e – заряд электрона, h – постоянная Планка, ϵ_0 – диэлектрическая постоянная
$\lambda = \frac{h}{p}$	– длина волны де Бройля, где $p = mv = \frac{h}{\lambda}$ – импульс частицы; m , v – масса и скорость микрочастицы, λ – длина волны микрочастицы
$\Delta p_x \Delta x \geq h$	– соотношение неопределенностей, где Δp_x и Δx – соответственно неопределенности импульса и координат
$\Delta E \Delta t \geq h$	– соотношение неопределенностей для энергии и времени, где ΔE – неопределенность энергии некоторого состояния системы, Δt – промежуток времени, в течение которого оно существует

6.1.2. Ядерная физика

$A = Z + N$	– A – массовое число, т.е. общее число нуклонов в ядре; Z – число протонов; N – число нейтронов
$q_p = q_e$	– заряд протона в ядре, равен заряду электрона
$Z_p = N_e$	– число Z протонов в ядре равно числу N электронов в атомной оболочке
Виды элементарных частиц:	
${}^0_{-1}e$ – электрон	1_0n – нейтрон
${}^0_{+1}e$ – позитрон	1_1p – протон (1_1H)
	${}^4_2\alpha$ – α -частица (4_2He)
	${}^0_{-1}\beta$ – β -частица (электрон)
	${}^0_0\gamma$ – γ -частица (фотон)
Верхний индекс показывает массу в атомных единицах массы, нижний индекс – заряд в зарядах электрона.	
${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$ – α -распад	
${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$ – β -распад	
$A(a, \nu)B$ или $A + a \rightarrow B + \nu$ – ядерная реакция, где A и B – атомные веса исходного ядра и ядра – продукта реакции; a и ν – частицы. При этом выполняется закон сохранения массы и электрического заряда	
$\Delta m = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_j$	– дефект массы ядра
$E_{св} = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_j) \cdot c^2$	– энергия связи атомного ядра, где m_p – масса протона; m_n – масса нейтрона; M_j – масса ядра; c – скорость света в вакууме
$E_{уд} = \frac{E_{св}}{A}$	– удельная энергия связи ядра
$E_{св} = \Delta m c^2$	– энергия связи
$N = N_0 e^{-\lambda t}$ или $N = N_0 2^{-t/T}$	– закон радиоактивного распада, где N – количество атомов в момент времени t ; N_0 – количество атомов в момент времени $t=0$; λ – постоянная радиоактивного распада; T – период полураспада – время, за которое распадается половина первоначального количества атомов

$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$	– период полураспада
$\tau = \frac{1}{\lambda}$	– среднее время жизни радиоактивного ядра
$A = \lambda N$	– активность нуклида

6.2. Примеры решения задач

Пример 6.1. Определить, в ядро атома какого элемента превращается элемент полоний ${}_{84}^{218}Po$ при испускании α -частицы.

Дано: ${}_{84}^{218}Po$	Решение: Запишем ядерное превращение: ${}_{84}^{218}Po \rightarrow {}_2^4He + {}_Z^AX$. По закону сохранения зарядового и массового числа получим: ${}_{82}^{214}X$, т.к.
Найти: AX	$\left. \begin{aligned} A &= 218 - 4 = 214 \\ Z &= 84 - 2 = 82 \end{aligned} \right\}$

Полученный элемент свинец ${}_{82}^{214}Pb$.

Ответ: ${}_{82}^{214}Pb$.

Пример 6.2. Дописать реакцию ${}_{5}^{10}B + {}_0^1n \rightarrow ? + {}_3^7Li$.

Дано: ${}_{5}^{10}B; {}_0^1n; {}_3^7Li$	Решение: Воспользуемся законом сохранения заряда и законом сохранения массового числа. Перепишем ядерную реакцию в виде ${}_{5}^{10}B + {}_0^1n \rightarrow {}_Z^AX + {}_3^7Li$. Тогда
Найти: AX	$\left. \begin{aligned} 5 &= Z + 3 \Rightarrow Z = 5 - 3 = 2 \\ 10 + 1 &= A + 7 \Rightarrow A = 11 - 7 = 4 \end{aligned} \right\}$ $\Rightarrow {}_2^4X$ – атом гелия ${}_2^4He$ (или α -частица).

Ответ: ${}_{5}^{10}B + {}_0^1n \rightarrow {}_2^4He + {}_3^7Li$.

Пример 6.3. При делении одного ядра изотопа урана 235 освобождается 200 МэВ энергии. Определить количество энергии, выделяющейся при делении 20 кг урана.

Дано: $W_{\text{выд}} = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$ $m = 20 \text{ кг}$	Решение: Определим число ядер 20 кг урана: $N = \frac{m}{\mu} N_A$, где
Найти: W	$\mu = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ – молярная масса урана, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – число Авогадро. Энергия, выделившаяся при расщеплении m кг урана, равна: $W = \frac{m}{\mu} N_A W_{\text{выд}}$. Подставив численные данные, имеем:

$$W = \frac{20}{0,235} 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3,2 \cdot 10^{-11} = 1,64 \cdot 10^{15} \text{ Дж}.$$

Ответ: $W = 1,64 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$.

6.3. Задачи для контрольных работ и РГЗ

361) Используя теорию Бора для атома водорода, определить радиус первой боровской орбиты.

362) Используя теорию Бора для атома водорода, определить скорость движения электрона по первой боровской орбите.

363) Определить, насколько изменилась энергия в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны $\lambda = 4,86 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

364) Определить длину волны спектральной линии, излучаемой при переходе электрона с более высокого уровня энергии на более низкий уровень, если при этом энергия атома уменьшилась на $\Delta\varepsilon = 10\text{эВ}$ ($1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$).

365) Определить длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую.

366) Определить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй.

367) Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы удалить электрон со второй боровской орбиты атома водорода за пределы притяжения его ядром.

368) Определить импульс и энергию электрона, если длина волны его $\lambda = 10^{-10} \text{ м}$.

369) Определить длину волны де-Бройля, характеризующую волновые свойства электрона, если его скорость $v = 1\text{Мм/с}$.

370) Определить длину волны де-Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при температуре $T = 290 \text{ К}$ ($m_n = 1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

371) Во сколько раз дебройлевская длина волны λ частицы меньше неопределенности Δx её координаты, которая соответствует относительной неопределенности импульса в 1 %?

372) Определить, какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де-Бройля для него была $\lambda = 1 \text{ нм}$.

373) Кинетическая энергия электрона $E_k = 1\text{кэВ}$. Определить длину волны де-Бройля.

374) Определить неточность Δx в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью $v = 1,5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, если допускаемая неточность в определении скорости составляет 10 % от её величины.

375) Определить неопределенность скорости электрона, если его координата установлена с точностью до $\Delta x = 10^{-5} \text{ м}$.

376) Определить неопределенность скорости пылинки массой $m = 10^{-12} \text{ кг}$, если её координата установлена с точностью до $\Delta x = 10^{-5} \text{ м}$.

377) Время жизни τ возбужденного ядра порядка 1 нс. С какой точностью ΔE может быть определена энергия излучения?

378) Используя соотношение неопределенности, оценить ширину Γ энергетического уровня в атоме водорода, находящегося в основном состоянии.

379) Используя соотношение неопределенности, оценить ширину Γ энергетического уровня в атоме водорода, находящегося в возбужденном состоянии, если время жизни атома в этом состоянии $\tau = 10^{-8} \text{ с}$.

380) Пусть моноэнергетический пучок электронов падает на щель шириной $a = 0,1 \text{ нм}$. Оценить получаемую при этом неточность в определении импульса.

381) Определить массу нейтрального атома ${}^{54}_{24}\text{Cr}$.

382) Определить, какую часть массы Zm_e / m нейтрального атома ${}^{12}_6\text{C}$ составляет масса его электронной оболочки. ($m = 19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$)

383) Определить энергию связи ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$. Масса нейтрального атома гелия $m_{\text{He}} = 6,6467 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, масса протона $m_p = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, масса нейтрона $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Энергию связи выразить в МэВ.

384) Определить, какая энергия в электрон-вольтах соответствует дефекту массы $\Delta m = 3 \cdot 10^{-20} \text{ мг}$. ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$)

385) Определить дефект массы, значение которой соответствует энергии связи $E = 16,9 \text{ ГэВ}$. ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$)

386) Определить энергию связи, которая освободится при соединении одного протона и двух нейтронов в атомное ядро ($m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$, $m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}$, $m_{\text{яд}} = 3,01605 \text{ а.е.м.}$, если $1 \text{ а.е.м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

387) Энергия связи ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов $E_{\text{св}} = 39,3 \text{ МэВ}$. Определить массу нейтрального атома, обладающего этим ядром. ($m_p = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$)

388) Определить массу изотопа ${}^{15}_7\text{N}$, если изменение массы при образовании ядра ${}^{15}_7\text{N}$ составляет $\Delta m = 0,2058 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. ($m_p = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

389) Определить удельную энергию связи ядра ${}^{12}_6\text{C}$. ($m_p = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_{\text{яд}} = 19,9272 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

390) Определить удельную энергию связи ядра ${}^{14}_7\text{N}$. ($m_p = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, $m_{\text{яд}} = 23,2545 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$).

391) Определить, какая часть начального количества ядер радиоактивного изотопа останется нераспавшейся по истечении времени t , равного двум средним временам жизни τ радиоактивного ядра.

392) Период полураспада радиоактивного изотопа актиния ${}^{225}_{89}\text{Ac}$ составляет 10 сут. Определить время, за которое распадется $1/3$ начального количества ядер актиния.

393) Определить, какая энергия в электрон-вольтах соответствует дефекту массы $\Delta m = 3 \cdot 10^{-20} \text{ мг}$.

394) Начальная активность 1 г изотопа радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ равна $3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$. Определить период полураспада этого изотопа.

395) Определить период полураспада некоторого радиоактивного изотопа, если его активность за 5 сут уменьшилась в 2,2 раза.

396) Активность некоторого радиоактивного изотопа в начальный момент времени составляла 100 Бк. Определить активность этого изотопа по истечении промежутка времени, равного половине периода полураспада.

397) Ядра радиоактивного изотопа тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$ претерпевают последовательно α -распад, $2\beta^-$ -распада. Определить конечный продукт деления.

398) Определить, сколько β^- - и α -частиц выбрасывается при превращении ядра таллия ${}^{210}_{81}\text{Tl}$ в ядро свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

399) Записать α -распад радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

400) Записать $2\beta^-$ -распада магния ${}^{27}_{12}\text{Mg}$.

7. ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Кинематика поступательного и вращательного движения

1) Даны выражения:

а) $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$; б) $\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$; в) $\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$.

Укажите, какое выражение относится к модулю средней скорости

2) Даны выражения:

а) $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$; б) $\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$; в) $\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$.

Укажите, какое выражение относится к вектору мгновенной скорости.

3) Даны выражения:

а) $\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$; б) $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$; в) $a = \frac{dv}{dt}$.

Укажите, какое выражение относится к вектору среднего ускорения.

4) Даны выражения. Укажите, какое выражение относится к вектору мгновенного ускорения

а) $a = \frac{\Delta v^2}{R}$; б) $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$; в) $a = \frac{dv}{dt}$.

5) Укажите выражение, которое относится к тангенциальному ускорению?

а) $a = \frac{\Delta v^2}{R}$; б) $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$; в) $a = \frac{dv}{dt}$.

6) При криволинейном движении материальной точки тангенциальное ускорение равно:

- а) изменению скорости по модулю за 1 с;
- б) изменению вектора скорости по направлению за 1 с;
- в) изменению вектора скорости за 1 с.

7) Если $a_\tau = a = const$, $a_n = 0$, то тело движется:

- а) равноускоренно прямолинейно;
- б) равномерно прямолинейно;
- в) по криволинейной траектории.

8) Что характеризует нормальная составляющая ускорения?

- а) изменение модуля скорости;
- б) изменение вектора скорости по направлению;
- в) изменение угловой скорости.

9) Материальная точка вращается равномерно по окружности. Линейная скорость меняется:

- а) по модулю;
- б) по направлению;
- в) по модулю и направлению.

10) Тангенциальное и угловое ускорения связаны соотношением:

а) $a_\tau = \varepsilon \cdot R$; б) $\varepsilon = a_\tau \cdot R$; в) $a_\tau = \frac{1}{2} \varepsilon t^2$.

11) Равнопеременным вращательным движением называется движение, при котором:

- а) угловая скорость не изменяется;
- б) линейная скорость движения не изменяется;
- в) угловая скорость за равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину.

12) Угловой скоростью называется величина, определяемая выражением:

а) $\vec{\omega} = \frac{d\vec{S}}{dt}$; б) $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$; в) $\vec{\omega} = [\vec{\omega}, \vec{R}]$.

13) Угловая скорость при равнопеременном вращении определяется уравнением:

а) $\omega = \frac{v}{R}$; б) $\omega = \frac{\varphi}{t}$; в) $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$.

14) Угловым ускорением называется величина, определяемая выражением:

а) $\varepsilon = \frac{a_\tau}{R}$; б) $\varepsilon = \frac{M}{I}$; в) $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$.

15) Угол поворота радиуса вектора при равнопеременном вращении выражается уравнением:

а) $\varphi = \frac{S}{R}$; б) $\varphi = \omega t$; в) $\varphi = \omega_0 t \pm \frac{1}{2} \varepsilon t^2$.

16) Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $x = 8t - t^2$. В какой момент времени проекция скорости тела на ось Ox равна нулю?

- а) 8 с;
- б) 4 с;
- в) 0 с.

17) С высоты 20 м свободно падает камень. Какую скорость он имеет через 1 с от начала падения?

- а) 1 м/с;
- б) 20 м/с;
- в) 10 м/с.

18) При равноускоренном движении из состояния покоя тело за вторую секунду прошло $S = 3\text{ м}$. Определить ускорение тела:

- а) $a = 1,5\text{ м/с}^2$; б) $a = 2\text{ м/с}^2$; в) $a = 0,75\text{ м/с}^2$.

19) Найти угловое ускорение, если тело за 1 с совершило 5 оборотов.

- а) $\varepsilon = 5\text{ рад/с}^2$; б) $\varepsilon = \frac{1}{5}\text{ рад/с}^2$; в) $\varepsilon = 20\pi\text{ рад/с}^2$.

20) Тело повернулось на 360° за 5 с. Найти среднюю угловую скорость.

- а) $\omega = 72\text{ град/с}$; б) $\omega = 2\pi\text{ рад/с}$; в) $\omega = 1,25\text{ рад/с}$.

Динамика материальной точки. Механика твердого тела

1) Механический принцип относительности гласит:

- а) ход времени не зависит от относительного движения системы отсчета;
б) уравнения динамики при переходе из одной инерциальной системы к другой не изменяются;
в) преобразования Галилея справедливы для случая, если $\vec{U} \ll \vec{C}$.

2) Какую систему отсчета, связанную с одним из перечисленных движений тел относительно Земли, нельзя считать инерциальной? Какую систему отсчета, связанную с Землей, считать инерциальной.

- а) пешеход движется с постоянной скоростью;
б) автомобиль движется равномерно по горизонтальной части дороги;
в) электропоезд движется равноускоренно.

3) Импульсом тела называется величина

- а) $\vec{p} = m\vec{v}$; б) $d\vec{p} = \vec{F}dt$; в) $p = \sqrt{2mE}$.

4) Второй Закон Ньютона имеет вид:

- а) $\vec{p} = m\vec{v}$; б) $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$; в) $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

5) Масса тела при поступательном движении характеризует:

- а) инертность тела при поступательном движении;
б) инертность тела при вращательном движении;
в) инертность тела, находящегося в покое.

6) Третий закон Ньютона описывает:

- а) состояние покоя;
б) равномерное прямолинейное движение;
в) взаимодействие тел.

7) Момент силы \vec{F} относительно точки вращения выражается формулой:

- а) $\vec{M} = [\vec{F}, \vec{r}]$; б) $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$; в) $\vec{M} = [\vec{F}, \vec{l}]$.

8) Уравнение динамики вращательного движения твердого тела имеет вид:

- а) $a = \frac{\vec{M}}{m}$; б) $\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I}$; в) $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{l}}{dt}$.

9) Момент инерции характеризует:

- а) инертность тела при поступательном движении;
- б) инертность тела при вращательном движении;
- в) инертность тела, находящегося в покое.

10) Момент инерции материальной точки вычисляется по формуле:

а) $I = \sum m_i \cdot r_i^2$; б) $I = m \cdot r^2$; в) $I = \int r^2 \cdot dm$.

11) Момент инерции для твердого тела имеет вид:

а) $I = \sum m_i \cdot r_i^2$; б) $I = m \cdot r^2$; в) $I = \int r^2 dm$.

12) Момент импульса материальной точки при вращении определяется формулой:

а) $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$; б) $\vec{L} = [\vec{r}, m\vec{v}]$; в) $\vec{L} = M \cdot \vec{r}$.

13) Момент импульса для твердого тела имеет вид:

а) $\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$; б) $\vec{L} = \frac{d\vec{M}}{dt}$; в) $\varepsilon = \frac{d\vec{L}}{dt}$.

14) Направление момента импульса твердого тела определяется:

- а) по направлению действующей силы;
- б) по направлению угловой скорости;
- в) по направлению углового ускорения.

15) Две силы $F_1 = 30 \text{ Н}$ и $F_2 = 40 \text{ Н}$ приложены к одной точке тела массой $m = 10 \text{ кг}$. Направление сил взаимно перпендикулярно. Укажите правильную величину ускорения тела.

а) 3 м/с^2 ; б) 4 м/с^2 ; в) 5 м/с^2 .

16) Молоток массой $0,8 \text{ кг}$ ударяет по небольшому гвоздю и забивает его в доску. Скорость молотка перед ударом равна 5 м/с , после удара равна 0 м/с , продолжительность удара $0,2 \text{ с}$. Средняя сила удара молотка равна:

а) 40 Н ; б) 20 Н ; в) 80 Н .

17) Тело свободно падает из состояния покоя. Его вес равен:

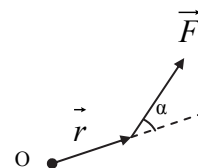
а) $P = mg$; б) $P = 0$; в) $P = G \frac{m \cdot M}{R^2}$.

18) После удара клюшкой шайба массой $0,15 \text{ кг}$ скользит по ледяной площадке. Её скорость при этом меняется в соответствии с уравнением $v = 20 - 3t$. Коэффициент трения шайбы о лед равен:

а) $0,15$; б) 3 ; в) $0,3$.

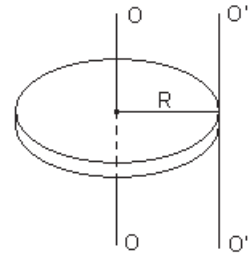
19) Момент силы F , относительно точки O , имеет вид:

- а) $M = F \cdot r$;
- б) $M = F \cdot r \cdot \sin \alpha$;
- в) $M = r \cdot F$.



20) Используя теорему Штейнера, выразить момент инерции диска относительно оси $O'O'$, если $I_{OO} = \frac{1}{2}mR^2$.

а) $I_{O'O} = 2mR^2$; б) $I_{O'O} = mR^2$; в) $I_{O'O} = \frac{3mR^2}{2}$.



Механическая энергия. Законы сохранения в механике

1) Работа постоянной силы \vec{F} при прямолинейном движении имеет вид:

а) $dA = F \cos \alpha dS$; б) $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$; в) $A = \int FdS \cdot \cos \alpha$.

2) Работа переменной силы $F(S)$ при прямолинейном движении имеет вид:

а) $A = F_s \cdot dS$; б) $dA = F \cos \alpha \cdot dS$; в) $A = \int_1^2 FdS \cos \alpha$.

3) Консервативной силой называется сила, работа которой:

- а) зависит от вида траектории;
- б) зависит от длины траектории;
- в) не зависит от траектории перемещения, а определяется начальным и конечным положением тела.

4) Диссипативной силой является:

- а) сила тяжести;
- б) сила упругости;
- в) сила трения.

5) Закон сохранения импульса в изолированной системе имеет вид:

а) $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$; б) $\frac{d\vec{P}}{dt} = 0$; в) $\vec{P} = m\vec{v}$.

6) Кинетическая энергия определяется формулой:

а) $W_K = \frac{kx^2}{2}$; б) $W_K = \frac{mv^2}{2}$; в) $W_K = mgh$.

7) Между работой силы и изменением кинетической энергии тела существует соотношение:

а) $dA = -dW_K$; б) $dA = dW_K$; в) такого соотношения не существует.

8) Между работой силы и изменением потенциальной энергии тела существует соотношение:

а) $dA = -dW_{II}$; б) $dA = dW_{II}$; в) такого соотношения не существует

9) Закон сохранения механической энергии в консервативной системе записывается:

а) $d(W_K + W_n) = dA$; б) $\int_1^2 d(W_K + W_n) = A_{1,2}$; в) $d(W_K + W_n) = 0$.

10) Закон сохранения импульса для неупругого удара имеет вид:

- а) $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$;
б) $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{u}$;
в) $m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{u}$.

11) Закон сохранения кинетической энергии для абсолютно упругого удара имеет вид:

- а) $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot u^2}{2}$;
б) $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$;
в) $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)}{2} \cdot u^2 + A_{деф}$.

12) Закон сохранения момента импульса имеет вид:

- а) $\vec{M} = I \cdot \vec{\varepsilon}$; б) $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$; в) $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$.

13) Работа при вращении твердого тела вокруг оси определяется выражением:

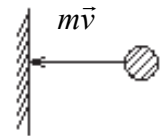
- а) $A = FS \cdot \cos \alpha$ б) $A = M \cdot \varphi$ в) $A = l \cdot \omega$.

14) Тело при равномерном вращении повернулось на 90° . Масса тела m , скорость v . Изменение импульса тела равно:

- а) mv ; б) $-mv$; в) $mv\sqrt{2}$.

15) Шар упруго ударяется о стенку. Чему равен импульс шара после удара?

- а) $m\vec{v}$; б) $-m\vec{v}$; в) 0 .



16) Тело падает из состояния покоя с высоты H . При падении кинетическая энергия оказалась равной $E_{кин} = 5 \text{ Дж}$. Какова была потенциальная энергия тела в начале падения?

- а) -5 Дж ; б) 5 Дж ; в) 0 Дж .

17) Недеформированную пружину жесткостью 30 Н/м растянули на $0,04 \text{ м}$. Чему равна потенциальная энергия растянутой пружины?

- а) $1,2 \text{ Дж}$; б) $0,6 \text{ Дж}$; в) $0,024 \text{ Дж}$.

18) Шар радиусом 10 см и массой 5 кг вращается вокруг оси с ускорением 5 рад/с^2 . Определите момент силы, вращающей шар.

- а) $0,1 \text{ Нм}$; б) 10 Нм ; в) $0,5 \text{ Нм}$.

19) Шарик массой $0,1 \text{ кг}$, привязанный к концу нити длиной 1 м , вращается, опираясь на горизонтальную плоскость, с частотой $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$. Нить укорачивается, и шарик приближается к оси вращения до расстояния $0,5 \text{ м}$. С какой частотой n_2 будет вращаться шарик?

- а) 1 с^{-1} ; б) 5 с^{-1} ; в) 4 с^{-1} .

20) Диск скатывается с наклонной плоскости. Энергия движения равна:

а) $W_k = \frac{mv^2}{2}$; б) $W_k = \frac{I_0\omega^2}{2}$; в) $W_k = \frac{mv^2}{2} + \frac{I_0\omega^2}{2}$.

Тяготение. Элементы теории поля. Элементы специальной теории относительности (СТО)

1) Закон всемирного тяготения записывается $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} G$. Каков физический смысл гравитационной постоянной?

а) G численно равна силе притяжения двух материальных точек массами $m_1 = m_2 = 1$ кг,

б) G численно равна силе притяжения материальных точек, находящихся на расстоянии $r = 1$ м,

в) G численно равна силе притяжения двух материальных точек $m_1 = m_2 = 1$ кг на расстоянии 1 м.

2) Поле тяготения обладает силовой характеристикой - напряженностью:

а) $F = mg$; б) $g = \frac{F}{m}$; в) $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$.

3) От чего зависит ускорение свободного падения вблизи поверхности Земли?

а) от массы падающего тела;

б) от веса Земли;

в) от массы Земли и ее радиуса.

4) Космонавты, находясь на искусственном спутнике, испытывают состояние невесомости. Почему?

а) сила притяжения со стороны Земли равна нулю;

б) космонавты находятся в свободном падении с ускорением g ;

в) космонавты не имеют массы.

5) Связь между напряженностью поля тяготения и потенциалом имеет вид:

а) $dA = -m \cdot d\varphi$; б) $g = -\frac{d\varphi}{dr}$; в) $d\varphi = -\frac{dg}{dr}$.

6) Потенциальная энергия тела, поднятого над Землей:

а) $W_n = mgh$; б) $W_n = \frac{mv^2}{2}$; в) $W_n = \frac{\kappa x^2}{2}$.

7) Тело массы m удалено на расстояние r от поверхности Земли. Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей:

а) $W_n = mgr$; б) $W_n = mg(r + R_3)$; в) $W_n = -G \frac{mM_3}{(R_3 + r)}$.

8) Какую работу надо совершить для перемещения тела массой m от Земли на расстояние, равное R ?

а) $A = G \frac{mM}{R_3^2} \cdot R$; б) $A = mgR$; в) $A = \int_{R_3}^{R_3+R} G \frac{mM}{R^2} \cdot dR$.

9) Две материальные точки массами m_1 и m_2 находились на расстоянии R_1 друг от друга. Какую работу совершит поле тяготения при сближении этих точек до расстояния R_2 ?

а) $A = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{R_1^2} \cdot R_2$; б) $A = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R_1^2} \cdot R_2$; в) $A = G \cdot m_1 \cdot m_2 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$.

10) Первая космическая скорость определяется из соотношения:

а) $\frac{GmM}{R_0^2} = \frac{mv_1^2}{R_0}$; б) $\frac{mv_1^2}{2} = G \frac{mM}{R_0}$; в) $\frac{mv_i^2}{2} = mgh$.

11) Ускорение свободного падения на поверхности Земли $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$. Чему будет равно ускорение g на высоте, равной R_3 ?

а) $g = \frac{g_0}{2}$; б) $g = g_0$; в) $g = \frac{g_0}{4}$.

12) Космический корабль движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом $2 \cdot 10^7 \text{ м}$, масса Земли равна $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$. Его скорость равна:

а) 4,5 км/с; б) 6,3 км/с; в) 8 км/с.

13) Радиус планеты меньше радиуса Земли в 3 раза. Чему равна масса планеты, если сила тяжести тела на ее поверхности равна силе тяжести этого тела на поверхности Земли? (Масса Земли равна M).

а) $\frac{M}{3}$; б) $\frac{M}{9}$; в) $9M$.

14) Первый постулат Эйнштейна гласит:

- а) ход времени не зависит от относительного движения системы отсчета;
 б) уравнения динамики при переходе из одной инерциальной системы к другой не изменяются;
 в) все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы к другой.

15) Выберите правильное утверждение:

- а) скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета одинакова и не зависит от скорости источника и приемника света;
 б) скорость света во всех инерциальных системах отсчета одинакова и зависит от скорости источника света;
 в) скорость света во всех инерциальных системах отсчета одинакова и зависит от скорости приемника света.

16) Во сколько раз увеличится продолжительность существования нестабильной частицы, если она движется со скоростью $v = 0,99c$?

а) в 0,14 раз; б) в 7 раз; в) в 10 раз.

17) Метровая линейка проходит мимо наблюдателя со скоростью $v = 0,6c$. Какой покажется наблюдателю ее длина?

а) 1,25 м; б) 0,8 м; в) 1 м.

18) Электрон движется со скоростью $v = 0,6c$. Определить релятивистский импульс электрона. $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

- а) $16,4 \cdot 10^{-23}$; б) $20,5 \cdot 10^{-23}$; в) $16,4 \cdot 10^{-21}$.

19) При какой скорости v кинетическая энергия любой частицы вещества равна энергии покоя?

- а) $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$; б) $v = \sqrt{3} \cdot c$; в) $v = \frac{c}{\sqrt{3}}$.

20) Полная энергия тела возросла на 1 Дж. Как при этом изменилась масса тела?

- а) $\Delta m = 0,11 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$; б) $\Delta m = 0,11 \cdot 10^{-16} \text{ кг}$; в) $\Delta m = 0,11 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$.

Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов

1) Какое из утверждений верно характеризует идеальный газ?

- а) между молекулами газа существует взаимодействие;
б) между молекулами газа нет взаимодействия;
в) при описании идеального газа необходимо учитывать собственный объем молекул.

2) Состояние идеального газа описывается уравнением:

- а) $P_1 V_1 = P_2 V_2$; б) $P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1$;
в) $PV = \frac{m}{\mu} RT$; г) $V_1 T_2 = V_2 T_1$.

3) Что характеризует уравнение состояния идеального газа?

- а) тепловое движение молекул;
б) связь между термодинамическими параметрами;
в) число Авогадро.

4) Выражение $V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1$ (при $p = const$, $m = const$) является законом:

- а) Бойля-Мариотта; б) Шарля; в) Гей-Люссака.

5) Какова зависимость $P(T)$ в изотермическом процессе?

- а) $P \sim T$; б) $P \sim \frac{1}{T}$; в) P не зависит от T .

6) Какова зависимость $P(V)$ в изобарическом процессе?

- а) $P \sim V$; б) $P \sim \frac{1}{V}$; в) P не зависит от V .

7) Какова зависимость $V(T)$ в изохорическом процессе?

- а) $V \sim \frac{1}{T}$; б) $V \sim T$; в) V не зависит от T .

8) Концентрация молекул идеального газа в сосуде объемом V уменьшилась в 2 раза. Как изменилось давление в сосуде?

- а) не изменилось; б) увеличилось в 2 раза; в) уменьшилось в 2 раза.

9) Средняя квадратичная скорость хаотического движения молекул идеального газа увеличилась в 3 раза. Как изменилась абсолютная температура газа?

- а) увеличилась в 9 раз;
- б) увеличилась в 3 раза;
- в) не изменилась.

10) Какая формула определяет среднюю энергию поступательного движения молекулы?

а) $\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{1}{2} m_0 \langle v^2 \rangle$; б) $\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{1}{2} m_0 v_{\text{ср}}^2$; в) $\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{1}{2} m_0 \langle v_{\text{кв}}^2 \rangle$.

11) Средняя кинетическая энергия движения одной молекулы идеального газа имеет вид:

а) $\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{i}{2} RT$; б) $\langle \varepsilon_0 \rangle = \frac{i}{2} kT$; в) $\langle \varepsilon \rangle = i kT$.

12) В результате нагревания газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Как изменилась при этом абсолютная температура газа?

- а) увеличилась в 4 раза;
- б) увеличилась в 2 раза;
- в) не изменилась.

13) Как изменится среднее число столкновений молекул при изотермическом расширении газа?

- а) не изменится;
- б) уменьшится;
- в) увеличится.

14) Как изменится длина свободного пробега молекул идеального газа при изотермическом сжатии?

- а) уменьшится;
- б) увеличится;
- в) не изменится.

15) Что происходит с наиболее вероятной скоростью при повышении температуры газа?

- а) $V_{\text{в}}$ возрастает;
- б) $V_{\text{в}}$ уменьшается;
- в) $V_{\text{в}}$ остается неизменной.

16) Перенос энергии в формуле теплоты подчиняется закону Фурье:

$$J_E = -\lambda \frac{dT}{dx}, \text{ где}$$

- а) $\frac{dT}{dx}$ – коэффициент теплопроводности;
- б) $\frac{dT}{dx}$ – градиент температуры; в) $\frac{dT}{dx}$ – теплопроводность.

17) Явление диффузии подчиняется закону Фика: $J_m = -D \frac{d\rho}{dx}$, где

- а) $\frac{d\rho}{dx}$ – плотность потока массы;
- б) $\frac{d\rho}{dx}$ – коэффициент диффузии;
- в) $\frac{d\rho}{dx}$ – градиент плотности.

18) Плотность потока импульса имеет вид: $J_p = -h \frac{dV}{dx}$, где

- а) $\frac{dV}{dx}$ – плотность потока;
- б) $\frac{dV}{dx}$ – динамическая вязкость;
- в) $\frac{dV}{dx}$ – градиент скорости.

19) Выражение $n = n_0 e^{-\Pi/(KT)}$ называется распределением Больцмана для внешнего потенциального поля. Из него следует:

- а) плотность газа больше там, где больше потенциальная энергия его молекул;
- б) меньше там, где больше потенциальная энергия его молекул;
- в) плотность газа не зависит от потенциальной энергии его молекул.

20) Выберите правильное утверждение: с увеличением температуры газа:

- а) число быстрых молекул уменьшится;
- б) число быстрых молекул увеличится;
- в) число быстрых молекул не изменится.

Основы термодинамики. Реальный газ

1) От каких параметров зависит внутренняя энергия идеального газа?

- а) от температуры;
- б) от давления;
- г) от всех перечисленных параметров.

2) Внутренняя энергия идеального газа определяется выражением:

- а) $U = \frac{3}{2} kT$;
- б) $U = \nu C_V \cdot T$;
- в) $U = \frac{mV^2}{2}$.

3) Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при адиабатном расширении?

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

4) Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изотермическом расширении?

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) не изменяется.

5) Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изобарном расширении?

- а) уменьшается; б) не изменяется; в) увеличивается.

6) Какой вид имеет уравнение первого начала термодинамики?

- а) $\delta Q = dU + PdV$; б) $\delta Q = dU$; в) $\delta Q = \delta A$.

7) Какой вид имеет первое начало термодинамики для изохорного процесса?

- а) $\delta Q = \delta A + dU$; б) $\delta Q = \delta A$; в) $\delta Q = dU$.

8) Какой вид имеет первый закон термодинамики для адиабатного процесса?

- а) $\delta Q = \delta A + dU$; б) $0 = \delta Q + dU$; в) $\delta Q = dU$.

9) Какой вид имеет первый закон термодинамики для изотермического процесса?

- а) $\delta Q = dU + PdV$; б) $\delta Q = dU$; в) $\delta Q = \delta A$.

10) Работа расширения газа в изохорном процессе имеет вид:

- а) $A = p\Delta V$; б) $A = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T$; в) $A = 0$.

11) Работа расширения газа в изобарном процессе имеет вид:

- а) $A = p\Delta V$; б) $A = \frac{m}{\mu} C_V \Delta T$; в) $A = 0$.

12) Газ переходит из одного состояния в другое, расширяясь от объема V_1 до объема V_2 : а) изобарно; б) адиабатно. В каком процессе газ совершает большую работу?

- а) в адиабатном;
б) в изобарном;
в) в обоих процессах работа одинакова.

13) Какой из указанных газов при комнатной температуре имеет большую молярную теплоемкость C_V ?

- а) He ; б) H_2 ; в) CO_2 .

14) Тепловым двигателем называется:

а) машина, преобразующая всю тепловую энергию, полученную от нагревателя, в механическую;

б) машина, преобразующая часть полученной от нагревателя энергии в механическую;

в) машина, преобразующая энергию, полученную от нагревателя, в энергию холодильника.

15) Коэффициент полезного действия тепловой машины рассчитывается по формуле:

- а) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2}$; б) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$; в) $\eta = \frac{Q_1}{Q_2}$.

16) Коэффициент полезного действия идеальной тепловой машины имеет вид:

а) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$; б) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ в) $\eta = \frac{T_1}{T_2}$.

17) Как изменяется энтропия идеального газа в необратимом процессе?

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- в) не изменяется.

18) Реальный газ отличается от идеального газа тем, что:

- а) учитывается собственный объем молекул;
- б) учитывается взаимодействие молекул;
- в) учитываются оба фактора.

19) Какое из выражений является уравнением Ван-дер-Ваальса?

а) $PV = \frac{m}{\mu}RT$; б) $\left(P + \nu^2 \frac{a}{V^2}\right)(V - \nu \cdot b) = \nu RT$; в) $\left(P + \frac{a}{V}\right)(V - b) = RT$.

20) Внутренняя энергия моля реального газа определяется выражением:

а) $U = \nu C_V T$; б) $U = \frac{i}{2} pV$; в) $U = \nu \left(C_V \cdot T - \frac{a}{V_\mu} \right)$.

Электростатика

1) Чему равна сила взаимодействия двух отрицательных точечных зарядов $Q_1 = -10$ мКл и $Q_2 = -10$ мКл в воздухе, если расстояние между ними $r = 10$ см.

а) $9 \cdot 10^{-5}$ Н; б) $9 \cdot 10^{-7}$ Н; в) $9 \cdot 10^{-8}$ Н.

2) Силовые линии электростатического поля:

- а) являются замкнутыми;
- б) выходят из положительного заряда и входят в отрицательный заряд;
- в) выходят из отрицательного заряда и входят в положительный заряд.

3) Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного электрического заряда $q_{проб}$. Если величину пробного заряда увеличить в n раз, то модуль напряженности:

- а) не изменится;
- б) увеличится в n раз;
- в) увеличится в n^2 раз.

4) Справедлив ли принцип суперпозиции для электрического поля?

- а) да; б) нет; в) только в вакууме.

5) Напряженность электростатического поля, созданного точечным зарядом Q :

а) $E = K \frac{Q}{r}$; б) $E = K \frac{Q}{r^2}$; в) $E = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$.

6) Теорема Остроградского-Гаусса для вакуума имеет вид:

а) $\Phi = BS \cos \alpha$; б) $\Phi = E \cdot S \cdot \cos \alpha$; в) $\Phi = \frac{\Sigma Q_i}{\epsilon_0}$.

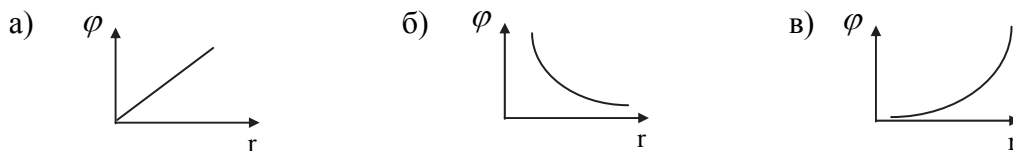
7) Чему равна напряженность электростатического поля E внутри заряженного проводника?

а) $E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$; б) $E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$; в) $E = 0$.

8) Потенциал электростатического поля в каждой точке определяет:

- а) энергию заряда в этой точке;
б) энергию единичного заряда в этой точке;
в) работу по перемещению заряда Q из точки 1 в точку 2.

9) График зависимости потенциала φ точечного заряда от расстояния r имеет вид:



10) Чему равен потенциал точки поля, находящейся на равном расстоянии от двух точечных зарядов, равных по модулю и противоположных по знаку, если модуль потенциала каждого заряда равен φ ?

а) 0 ; б) φ ; в) 2φ .

11) Работа однородного электростатического поля по перемещению заряда может быть определена по формуле:

а) $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$; б) $A = E \cdot Q \cdot d$; в) $A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$.

12) Известно, что $\vec{E} = -grad\varphi$. Как направлены векторы \vec{E} и $grad\varphi$ в поле положительного заряда?

- а) оба вектора – к заряду;
б) оба вектора – от заряда;
в) вектор \vec{E} – от заряда, а вектор $grad\varphi$ – к заряду.

13) Разность потенциалов двух точек электрического поля, находящихся на расстоянии a друг от друга в поле заряженной плоскости, определяется выражением:

а) $\Delta\varphi = \frac{\sigma a^2}{2\epsilon\epsilon_0}$; б) $\Delta\varphi = \frac{\sigma a}{\epsilon\epsilon_0}$; в) $\Delta\varphi = \frac{\sigma a}{2\epsilon\epsilon_0}$.

14) Вектор электрического смещения \vec{D} и вектор напряженности \vec{E} электрического поля связаны выражением:

а) $\vec{D} = \mu\mu_0\vec{E}$; б) $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0\vec{E}^2$; в) $\vec{D} = \epsilon\epsilon_0\vec{E}$.

15) Какая зависимость между поляризованностью \vec{P} и напряженностью \vec{E} электрического поля в диэлектрике?

а) $\vec{p} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E}$; б) $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P}$; в) $\vec{P} = \chi\varepsilon_0\vec{E}$.

16) Как связана диэлектрическая проницаемость среды ε с диэлектрической восприимчивостью χ ?

а) $\varepsilon = \varepsilon_0 + \chi$; б) $\varepsilon = 1 + \chi$; в) $\varepsilon = 1 - \chi$.

17) Что показывает диэлектрическая проницаемость среды?

а) во сколько раз напряженность электрического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме;

б) во сколько раз напряженность электрического поля в диэлектрике больше, чем в вакууме;

в) не имеет физического смысла.

18) Как изменится емкость воздушного плоского конденсатора, если между его пластинами поместить диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3$?

а) не изменится;

б) увеличится в 3 раза;

в) уменьшится в 3 раза.

19) При последовательном соединении конденсаторов в батарею общая емкость вычисляется по формуле:

а) $C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_n$;

б) $C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$; в) $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$.

20) Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле:

а) $W = \frac{C\varphi^2}{2}$; б) $W = \frac{C \cdot (\Delta\varphi)^2}{2}$; в) $W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$.

Постоянный электрический ток

1) Величина тока I показывает:

а) какой заряд проходит через поперечное сечение проводника площадью $S = 1\text{мм}^2$;

б) какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за время $t = 1\text{с}$;

в) какой заряд проходит за время $t = 1\text{с}$ через проводник длиной $l = 1\text{м}$.

2) Плотность тока в проводнике зависит от

а) I, R ;

б) I, U ;

в) nvq_e

3) Падение потенциала на однородном участке электрической цепи имеет вид:

а) $U = I \cdot R$;

б) $U = \frac{I}{R}$;

в) $U = \frac{R}{I}$.

4) Закон Ома для замкнутой цепи имеет вид:

а) $I = \frac{U}{R}$; б) $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$; в) $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$.

5) Замкнутая цепь состоит из источника тока с ЭДС 10 В и резистора сопротивлением 4 Ом. По цепи течет ток $I = 2$ А. Рассчитайте внутреннее сопротивление источника.

- а) 1 Ом; б) 10 Ом; в) 2 Ом.

6) Закон Ома для неоднородного участка цепи, (содержащего ЭДС):

а) $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$; б) $I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \mathcal{E}}{R+r}$; в) $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}$.

7) Общее сопротивление цепи при последовательном соединении проводников R_1, R_2, \dots, R_n вычисляется по формуле:

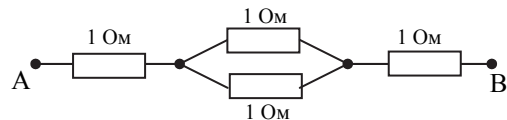
а) $R_0 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$;
 б) $R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$;
 в) $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

8) Какое уравнение соответствует общему току в цепи при параллельном соединении проводников с токами I_1, I_2, \dots, I_n ?

а) $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$; б) $I = I_1 \pm I_2 = \dots \pm I_n$; в) $\frac{1}{I} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \dots + \frac{1}{I_n}$.

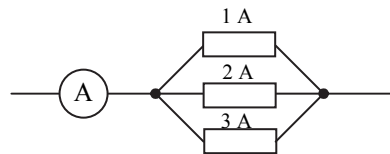
9) Общее сопротивление участка AB равно:

- а) 4 Ом;
 б) 2,5 Ом;
 в) 3 Ом.



10) Общий ток в цепи равен:

- а) 6 А;
 б) 2 А;
 в) 3 А.



11) Чему равна работа электрического тока, прошедшего по проводнику за $t = 10$ с, если напряжение на концах проводника $U = 10$ В, а сила тока $I = 1$ А?

- а) 100 Дж; б) 10 Дж; в) 1 Дж.

12) При последовательном соединении резисторов потребляемая энергия на каждом участке:

- а) пропорциональна силе тока;
 б) пропорциональна сопротивлению участка;
 в) одинакова на всех участках.

13) Как изменится количество выделяемой теплоты при прохождении тока через проводник, если его удельное сопротивление увеличить в 2 раза?

- а) увеличится в 2 раза; б) уменьшится в 2 раза; в) не изменится.

14) В цепь включены последовательно 10 одинаковых ламп. Как изменится накал ламп, если одну из них убрать?

- а) увеличится; б) уменьшится; в) не изменится.

15) В цепь включены параллельно 10 одинаковых ламп. Как изменится накал ламп, если одну убрать?

- а) увеличится; б) уменьшится; в) не изменится.

16) Чему равна мощность тока, текущего по проводнику, если напряжение на его концах $U = 10$ В, а сопротивление проводника $R = 10$ Ом?

- а) 10 Вт; б) 100 Вт; в) 1000 Вт.

17) Какое из уравнений соответствует первому правилу Кирхгофа?

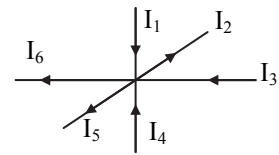
- а) $\sum I_i = 1$; б) $\sum I_i = 0$; в) $\sum_i I_i R_i = \sum_k \varepsilon_k$.

18) Какое из уравнений соответствует второму правилу Кирхгофа?

- а) $\sum I_i = 1$; б) $\sum I_i = 0$; в) $\sum_i I_i R_i = \sum_k \varepsilon_k$.

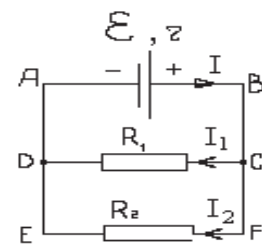
19) Какое из уравнений, составленных по первому правилу Кирхгофа, соответствует рисунку?

- а) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 = 0$;
 б) $I_1 - I_2 + I_3 + I_4 - I_5 - I_6 = 0$;
 в) $I_1 + I_2 - I_3 - I_4 + I_5 + I_6 = 0$.



20) Какое уравнение правильно написано для контура DCFE?

- а) $I_2 R_2 - I_1 R_1 = \varepsilon$;
 б) $I_2 R_2 + I_1 R_1 = 0$;
 в) $I_2 R_2 - I_1 R_1 = 0$.



Электromагнетизм

1) Каким правилом определяется направление вектора магнитного момента \vec{P}_m контура с током?

- а) правилом левой руки;
 б) правилом правой руки;
 в) правилом правого винта.

2) Максимальный вращающий момент, действующий на рамку с током, связан с индукцией B :

- а) $M_{\max} = P_{\max} B$; б) $M_{\max} = \frac{P_{\max}}{B}$; в) $M_{\max} = \frac{B}{P_{\max}}$.

3) Является ли магнитное поле вихревым?

- а) да; б) нет; в) только в скрещенных магнитных полях.

4) Закон Био-Савара-Лапласа имеет вид:

а)
$$dB = \frac{\mu\mu_0 I \cdot dS \cdot \sin \alpha}{4\pi r^2};$$

б)
$$dB = \frac{\mu\mu_0 Idl \cdot \sin \alpha}{4\pi r^3};$$

в)
$$dB = \frac{\mu\mu_0 I \cdot dl \cdot \sin \alpha}{4\pi r^2}.$$

5) Как изменится индукция магнитного поля от прямого проводника с током, если увеличивать силу тока в 2 раза, а расстояние до исследуемой точки уменьшить в 2 раза?

- а) уменьшится в 4 раза; б) увеличится в 4 раза; в) не изменится.

6) Справедлив ли принцип суперпозиции для магнитного поля?

- а) да; б) нет; в) только в вакууме.

7) Как изменится сила Ампера, если силу тока увеличить в 2 раза, а магнитную индукцию уменьшить в 2 раза?

- а) уменьшится в 4 раза б) увеличится в 4 раза в) не изменится.

8) Сила взаимодействия двух параллельных проводников с током, отстоящих на расстоянии d друг от друга, определяется выражением:

а) $F = \frac{\mu_0\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d} l;$ б) $F = \frac{\mu_0\mu}{2\pi} I_1 I_2 d l;$ в) $F = \frac{2\pi}{\mu_0\mu} \frac{I_1 I_2}{d} l.$

9) Рамка с током в магнитном поле ориентируется так, что:

- а) ее плоскость совпадает с вектором \vec{B} ;
б) нормаль к рамке совпадает с вектором \vec{B} ;
в) нормаль к рамке составляет с вектором \vec{B} угол 45° .

10) Какая сила действует на заряд, движущийся в магнитном поле?

- а) сила Ампера; б) сила Лоренца; в) сила Кулона.

11) Чему равна сила Лоренца, действующая на заряд, который движется перпендикулярно магнитному полю?

а) $F = \frac{QvB}{2};$ б) $F = QvB;$ в) $F = 0.$

12) Связь векторов \vec{B} и \vec{H} имеет вид:

а) $B = \mu\mu_0 H;$ б) $B = \mu_0\epsilon_0 H;$ в) $B = \mu\epsilon H.$

13) Вектор намагниченности равен:

- а) вектору магнитной индукции;
б) магнитному моменту объема V вещества;
в) магнитному моменту единицы объема вещества.

14) Какая зависимость между намагниченностью \vec{J} и напряженностью \vec{H} магнитного поля в магнетике?

а) $\vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \vec{H}$; б) $\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{J}$; в) $\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J})$.

15) Как связана магнитная проницаемость μ вещества с магнитной восприимчивостью χ ?

а) $\mu = 1 - \chi$; б) $\mu = 1 + \chi$; в) $\mu = \chi - 1$.

16) Закон электромагнитной индукции имеет вид:

а) $dA = Id\Phi$; б) $\varepsilon = \frac{dA}{dq}$; в) $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$.

17) Сцепленный с контуром магнитный поток определяется формулой

а) $\Phi = LI$; б) $\Phi = \frac{L}{I}$; в) $\Phi = \frac{I}{L}$.

18) По какой формуле вычисляется потокосцепление для соленоида?

а) $\psi = \frac{\Phi}{N}$; б) $\psi = \frac{N}{\Phi}$; в) $\psi = \Phi N$.

19) Во сколько раз изменится индуктивность соленоида, если число витков увеличить в 2 раза? Длина соленоида и площадь сечения не изменяются.

- а) уменьшится в 4 раза;
б) увеличится в 4 раза;
в) не изменится.

20) Как изменится энергия магнитного поля, связанная с контуром, если уменьшить силу тока в контуре в 3 раза?

- а) в 3 раза; б) в 6 раз; в) в 9 раз.

Механические колебания и волны

1) Колебания называются свободными, если они:

- а) происходят под действием периодически изменяющейся внешней силы;
б) происходит под действием силы тяжести;
в) происходят за счет первоначально сообщенной энергии.

2) Уравнение свободных гармонических незатухающих колебаний имеет вид:

а) $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$; б) $x = At \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$; в) $x = Ae^{-t} \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$.

3) Циклическая частота ω связана с частотой ν

а) $\omega = \frac{2\pi}{\nu}$; б) $\omega = 2\pi \cdot \nu$; в) $\nu = 2\pi \cdot \omega$.

4) Какой формулой определяется период пружинного маятника?

а) $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}$; б) $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$; в) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

5) Какой формулой определяется период физического маятника?

а) $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgl}}$; б) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$; в) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

6) Как изменится период малых колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 4 раза?

- а) увеличится в 4 раза;
б) увеличится в 2 раза;
в) не изменится.

7) Если на некоторой планете период свободных колебаний секундного Земного математического маятника окажется равным 2 с, то ускорение свободного падения на этой планете равно:

а) $2,5 \text{ м/с}^2$; б) 5 м/с^2 ; в) 20 м/с^2 .

8) Какая сила действует на пружинный маятник, совершающий свободные незатухающие колебания?

- а) сила тяжести; б) сила упругости; в) сила трения.

9) Материальная точка колеблется по закону $x = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Какой формулой определяется скорость?

а) $v = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$; б) $v = -A\omega^2\sin(\omega t + \varphi)$; в) $v = -A\omega\cos(\omega t + \varphi)$.

10) Материальная точка колеблется по закону $x = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Какой формулой определяется ускорение?

а) $a = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$; б) $a = -A\omega^2\sin(\omega t + \varphi)$; в) $a = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi)$.

11) Материальная точка колеблется по закону $x = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$. Чему равна кинетическая энергия точки?

а) $E_K = \frac{mA^2\omega^2\sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$;

б) $E_K = \frac{mA^2\omega^2\cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$;

в) $E_K = \frac{mA^2\sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$.

12) Полная механическая энергия пружинного маятника увеличилась в 2 раза. Во сколько раз изменилась амплитуда колебаний?

- а) увеличилась в 2 раза;
б) увеличилась в $\sqrt{2}$ раза;
в) уменьшилась в 2 раза.

13) Укажите правильное выражение для уравнения волны

а) $\xi(x, t) = A\sin(\omega_0 t + \varphi)$;

б) $\xi(x, t) = A \cdot e^{-kx}(\omega_0 t + \varphi)$;

в) $\xi(x, t) = A \cdot \sin(\omega t - kx)$.

14) Какая формула связывает длину волны λ , частоту ν и фазовую скорость волны v ?

- а) $v = \lambda \cdot \nu$; б) $\lambda = v \cdot \nu$; в) $\nu = v \cdot \lambda$.

15) Распространение звука в воздухе представляет собой:

- а) поперечную волну;
б) продольную волну;
в) стоячую волну.

16) Скорость звука в воздухе 330 м/с . Чему равна частота звуковых колебаний при длине волны 10 м ?

- а) 330 Гц ; б) 3300 Гц ; в) 33 Гц .

17) Волны называются когерентными:

- а) если они имеют разность фаз, не изменяющуюся со временем;
б) если волновые процессы протекают несогласованно;
в) если они имеют одинаковую начальную фазу.

18) Какие волны могут интерферировать между собой?

- а) волны, распространяющиеся в одном направлении;
б) волны, распространяющиеся навстречу друг другу;
в) когерентные.

19) При интерференции волн наблюдается усиление колебаний (max), если

- а) $\Delta = m\lambda$; б) $\Delta = (2m + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$; в) $\Delta = S_1 - S_2$.

20) Какие волны называются стоячими?

- а) упругие волны, обладающие частотами в пределах $16 \dots 20000 \text{ Гц}$;
б) поперечные волны;
в) волны, образующиеся при наложении двух бегущих волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми амплитудами и частотами.

Электромагнитные колебания и волны

1) В каком электрическом контуре возникают свободные незатухающие колебания?

- а) в контуре, включающем конденсатор и соленоид;
б) в контуре, включающем конденсатор, соленоид и активное сопротивление;
в) в контуре, включающем конденсатор и активное сопротивление.

2) От каких величин зависит период свободных незатухающих колебаний в контуре?

- а) от R, C ; б) от R, L ; в) от L, C .

3) Как изменится циклическая частота колебаний в контуре, если индуктивность увеличить в 2 раза, а емкость уменьшить в 2 раза?

- а) увеличится в $\sqrt{2}$; б) не изменится; в) уменьшится в $\sqrt{2}$.

4) Почему в колебательном контуре происходят затухание свободных колебаний?

- а) нет источника;
- б) энергия превращается в тепло;
- в) энергия электрического поля превращается в энергию магнитного поля.

5) В каком колебательном контуре происходят вынужденные колебания?

- а) в контуре, включающем источник переменного тока;
- б) в контуре, включающем источник постоянного тока;
- в) в контуре, не имеющем источника тока.

6) Закон изменения тока $I = 5 \sin(2\pi t)$. Частота переменного тока равна:

- а) 2π ;
- б) I ;
- в) $\frac{1}{2\pi}$.

7) Укажите правильное выражение для реактивного сопротивления.

- а) $X_C = \frac{I}{\omega C}$;
- б) $X_L = \omega L$;
- в) $X = X_L - X_C = \omega L - \frac{I}{\omega C}$.

8) Укажите правильное выражение для полного сопротивления.

- а) $Z = \sqrt{(\omega L)^2 - \left(\frac{I}{\omega C}\right)^2}$;
- б) $Z = \sqrt{(\omega L)^2 - \left(\frac{I}{\omega C}\right)^2 + R^2}$;
- в) $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{I}{\omega C}\right)^2}$.

9) Какой формулой выражается условие электрического резонанса?

- а) $\omega L - \frac{I}{\omega C} = R$;
- б) $\omega L = \frac{I}{\omega C}$;
- в) $\frac{I}{\omega C} = R$.

10) Какой формулой выражается резонансная частота?

- а) $\omega = \frac{I}{\sqrt{LC}}$;
- б) $\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$;
- в) $\omega = \frac{I}{2\pi\sqrt{LC}}$.

11) Что происходит с амплитудой тока при резонансе напряжений?

- а) становится минимальной при резонансной частоте;
- б) становится максимальной при резонансной частоте;
- в) остается постоянной.

12) Чему равно результирующее напряжение при резонансе напряжений?

- а) $U = U_C$;
- б) $U = U_L$;
- в) $U = U_R$.

13) Распространение электромагнитной волны в воздухе представляет собой

- а) поперечную волну;
- б) продольную волну;
- в) стоячую волну.

14) Правильно укажите уравнения электромагнитных волн.

а) $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$ б) $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi)$ в) $\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$
 $\vec{H} = \vec{H}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$ б) $\vec{H} = \vec{H}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$ в) $\vec{H} = \vec{H}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi)$

15) Векторы \vec{E} и \vec{H} в электромагнитной волне колеблются:

а) в одной плоскости;

б) во взаимно перпендикулярных плоскостях;

в) в плоскостях, расположенных под углом $\frac{\pi}{4}$.

16) В чем заключается физический смысл волнового числа k ?

а) показывает, сколько длин волн укладывается на участке длиной 1 м;

б) показывает, сколько длин волн укладывается на участке длиной 2π м;

в) показывает, сколько длин волн укладывается на участке длиной $\frac{1}{2\pi}$ м.

17) Скорость электромагнитной волны в среде определяется соотношением:

а) $v = \sqrt{\varepsilon\mu} \cdot c$; б) $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$; в) $v = \frac{\sqrt{\varepsilon\mu}}{c}$.

18) Какова скорость распространения электромагнитной волны в вакууме?

а) $2 \cdot 10^8$ м/с;

б) $3 \cdot 10^8$ м/с;

в) $4 \cdot 10^8$ м/с.

19) Чему равна объемная плотность энергии электромагнитной волны?

а) $\omega = mc$;

б) $\omega = mc^2$;

в) $\omega = \varepsilon\varepsilon_0 E^2$.

20) Вектор Умова-Пойнтинга имеет вид:

а) $\vec{S} = \varepsilon_0 \mu_0 [\vec{E}\vec{H}]$;

б) $\vec{S} = \varepsilon\mu [\vec{E}\vec{H}]$;

в) $\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$.

Геометрическая оптика

1) Каково соотношение между углом падения α на границу двух сред и углом отражения β ?

а) $\alpha > \beta$;

б) $\alpha < \beta$;

в) $\alpha = \beta$.

2) Угол отражения при переходе луча из воздуха в стекло равен 60° . Чему равен угол падения?

а) 60° ;

б) 90° ;

в) 30° .

3) Угол падения луча на границу раздела сред равен 30° . Чему равен угол между падающим и отраженным лучами?

а) 0° ;

б) 30° ;

в) 60° .

4) При каком угле падения луча на зеркало падающий и отраженный лучи совпадают?

а) 90° ;

б) 0° ;

в) 60° .

5) Человек приближается к плоскому зеркалу со скоростью 1 м/с. С какой скоростью он приближается к своему изображению?

- а) 1 м/с; б) 2 м/с; в) 0 м/с

6) Человек перемещается параллельно плоскости зеркала со скоростью 1 м/с. Какова скорость его изображения в зеркале?

- а) 1 м/с; б) 2 м/с; в) 0 м/с.

7) Как определить относительный показатель преломления второй среды относительно первой n_{21} ?

- а) $n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$; б) $n_{21} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$; в) $n_{21} = \sin \alpha \cdot \sin \beta$.

8) При прохождении луча света из менее плотной среды в более плотную среду между углом падения α и углом преломления β существует соотношение:

- а) $\alpha > \beta$; б) $\alpha < \beta$; в) $\alpha = \beta$.

9) Как определяется абсолютный показатель преломления среды n , если известны скорость луча в воздухе c и в среде v ?

- а) $n = vc$; б) $n = \frac{v}{c}$; в) $n = \frac{c}{v}$.

10) Может ли абсолютный показатель преломления быть меньше единицы?

- а) да; б) нет; в) иногда.

11) Может ли быть относительный показатель преломления меньше единицы?

- а) да; б) нет; в) иногда.

12) В каком случае можно наблюдать явление полного отражения света?

- а) $n_2 > n_1$; б) $n_2 < n_1$; в) $n_2 = n_1$.

13) Чему равен угол преломления, если угол падения равен углу полного отражения?

- а) 0° ; б) углу падения; в) 90° .

14) Какое из утверждений верно? Луч света, проходя через стеклянную призму:

- а) не отклоняется;
б) отклоняется к основанию;
в) отклоняется к вершине.

15) Формула тонкой линзы имеет вид:

- а) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$; б) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = F$; в) $(a + b) = F$.

16) Оптическая сила линзы $D = 3$ дптр. Чему равно фокусное расстояние линзы?

- а) $F = D = 3\text{ м}$; б) $F = \frac{D}{2} = 1,5\text{ м}$; в) $F = \frac{1}{D} = 0,33\text{ м}$.

17) Фокусное расстояние линзы $F = 0,5\text{ м}$. Чему равна оптическая сила линзы?

- а) $D = \frac{1}{F} = 2\text{ дптр}$; б) $D = F = 0,5\text{ дптр}$; в) $D = 2F = 1\text{ дптр}$.

18) Может ли рассеивающая линза дать действительное изображение предмета?

- а) да; б) нет; в) иногда.

19) Какие из перечисленных изображений предмета можно получить с помощью собирающей линзы?

- а) увеличенное действительное;
б) уменьшенное действительное;
в) уменьшенное мнимое.

20) Какое изображение можно получить в рассеивающей линзе?

- а) мнимое уменьшенное;
б) мнимое увеличенное;
в) действительное уменьшенное.

Волновая оптика

1) Могут ли лучи естественного света быть когерентными?

- а) да; б) нет; в) иногда.

2) Какие из перечисленных источников излучают когерентные волны?

- а) раскаленная нить; б) лазер; в) Солнце

3) Для изучения какого явления используется бипризма Френеля?

- а) поляризации; б) интерференции; в) дифракции.

4) Будет ли интерферировать красный световой луч с синим?

- а) да;
б) нет;
в) да, если они одной интенсивности.

5) На плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной d и показателем преломления n перпендикулярно поверхности падает луч света. Оптический путь луча L равен

- а) $L = nd$; б) $L = \frac{d}{n}$; в) $L = d$.

6) Как связаны оптическая разность хода Δ и разность фаз $\Delta\varphi$?

- а) $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\Delta} \lambda$; б) $\Delta\varphi = \frac{\Delta}{2\pi} \lambda$; в) $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$.

7) Две когерентные волны имеют разность фаз $\Delta\varphi = 2\pi$. Что получается при наложении этих волн, если интенсивность каждой из них I ?

- а) 0; б) $4I$; в) $2I$.

- 8) Чем отличается дифракция Фраунгофера от дифракции Френеля?
- а) ничем;
 б) дифракция Френеля – дифракция плоских волн, а дифракция Фраунгофера – дифракция сферических волн;
 в) дифракция Френеля – дифракция сферических волн, дифракция Фраунгофера – дифракция плоских волн.
- 9) Какую картину можно наблюдать на экране при прохождении светового луча через щель?
- а) интерференционную; б) спектральную; в) дифракционную.
- 10) При дифракции на одной щели максимум наблюдается, если
- а) $a \sin \varphi = m\lambda$; б) $a \sin \varphi = m \frac{\lambda}{2}$; в) $a \sin \varphi = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$.
- 11) Дифракционная решетка представляет собой:
- а) систему щелей;
 б) систему препятствий;
 в) систему одинаковых щелей, расположенных на одинаковых расстояниях друг от друга в одной плоскости.
- 12) Угол дифракции при прохождении света через дифракционную решетку зависит:
- а) от периода дифракционной решетки;
 б) от длины волны света;
 в) от расстояния решетки до экрана.
- 13) Какой луч отклоняется больше при прохождении белого света через дифракционную решетку?
- а) красный;
 б) фиолетовый;
 в) одинаково отклоняются все лучи.
- 14) При прохождении белого света через дифракционную решетку в центре дифракционной картины на экране наблюдается полоса:
- а) красная; б) фиолетовая; в) белая.
- 15) В чем заключается явление двойного лучепреломления?
- а) при падении луча на оптически анизотропный кристалл отраженный луч раздваивается;
 б) при падении луча на оптически анизотропный кристалл преломленный луч раздваивается;
 в) при падении двух лучей на оптически анизотропный кристалл в одну точку получается один преломленный луч.
- 16) Какая из формул выражает закон Малюса?
- а) $I = I_0 \cos^2 \alpha$; б) $I = I_0 \cos \alpha$; в) $I = I_0 \sin^2 \alpha$.

17) Чему равна интенсивность света, прошедшего через поляризатор, если на поляризатор падает свет интенсивности I_0 ?

- а) $I = I_0$; б) $I = 0$; в) $I = \frac{I_0}{2}$.

18) Угол между плоскостью колебаний поляризованного света интенсивности I_0 и плоскостью анализатора равен 90° . Чему равна интенсивность света, прошедшего через анализатор?

- а) $I = 0$; б) $I = I_0$; в) $I = 2I_0$.

19) Как называется зависимость показателя преломления света от длины волны $n = f(\lambda)$?

- а) интерференция; б) дисперсия; в) поляризация.

20) Какие лучи при прохождении через призму испытывают наименьшее преломление?

- а) красный;
б) фиолетовый;
в) одинаково отклоняются все лучи.

Квантовая оптика

1) Каково классическое представление об электромагнитном излучении?

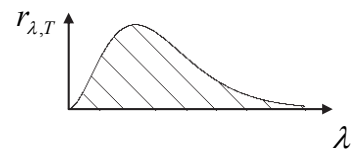
- а) электромагнитное излучение имеет волновую природу;
б) электромагнитное излучение распространяется отдельными порциями энергии – квантами;
в) электромагнитное излучение подчиняется закону Стефана-Больцмана.

2) Закон Кирхгофа для теплового излучения имеет вид:

- а) $\lambda_{\max} = \frac{c}{T}$; б) $R = \sigma T^4$; в) $\frac{R_{V,T}}{A_{V,T}} = r_{V,T}$.

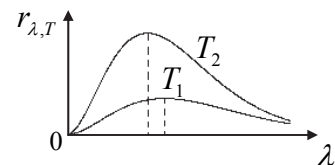
3) Площадь, ограниченная графиком зависимости функции Кирхгофа от длины волны, равна:

- а) спектральной плоскости энергетической светимости черного тела;
б) энергетической светимости черного тела;
в) функции Кирхгофа.



4) На рисунке изображены два графика зависимости функции Кирхгофа от длины волны при температурах T_1 и T_2 . Какое из утверждений верно?

- а) $T_1 = T_2$; б) $T_1 > T_2$; в) $T_2 > T_1$.



5) Почему закон Вина назван законом смещения?

- а) потому что λ_{\max} при увеличении температуры смещается в область более коротких волн;

б) потому что λ_{\max} при увеличении температуры смещается в область более длинных волн;

в) потому что λ_{\max} не изменяется.

6) Закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела:

а) $\lambda_{\max} = \frac{c}{T}$; б) $R_e = \sigma \cdot T^4$; в) $a_{\lambda, T} = \frac{W_n}{W_{\text{пол}}}$.

7) Гипотеза Планка утверждает, что

а) электромагнитное излучение имеет волновую природу;

б) электромагнитное излучение имеет квантовую природу;

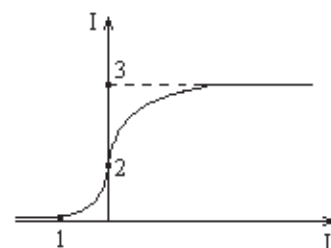
в) электромагнитное излучение подчиняется закону Стефана-Больцмана.

8) Внешний фотоэффект описывается уравнением Эйнштейна:

а) $\varepsilon = h\nu$; б) $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$; в) $h\nu = A$.

9) Какая точка на графике соответствует току насыщения?

а) 1; б) 2; в) 3.



10) С увеличением освещенности катода фототок насыщения

а) уменьшается; б) не изменяется; в) возрастает.

11) Задерживающее напряжение при внешнем фотоэффекте определяет:

а) работу выхода;

б) максимальное значение кинетической энергии выбитых электронов;

в) красную границу фотоэффекта.

12) При внешнем фотоэффекте скорость выбитого электрона зависит:

а) от частоты падающего света;

б) от освещенности;

в) от задерживающего напряжения.

13) От чего зависит энергия фотона?

а) от мощности источника света;

б) от расстояния до источника света;

в) от частоты света.

14) При фотоэффекте работа выхода зависит: от

а) длины волны фотона; б) частоты фотона; в) материала катода.

15) Красная граница фотоэффекта определяется:

а) частотой падающего света;

б) освещенностью фотокатода;

в) материалом фотокатода.

16) Чему равен импульс фотона?

а) $p = \frac{h\nu}{c^2}$; б) $p = \frac{h\nu}{c}$; в) $p = \frac{E}{c}(1 + \rho)$.

17) Чему равна масса фотона?

а) $m = \frac{h\nu}{c^2}$; б) $m = \frac{h\nu}{c}$; в) $m = \frac{h\lambda}{c}$.

18) Формула Комптона имеет вид:

а) $\lambda_c = \frac{2\pi\hbar}{mc}$; б) $\Delta\lambda = \frac{2\pi\hbar}{mc}(1 - \cos\theta)$; в) $h\nu = A + \frac{mV^2}{2}$.

19) Длина волны Комптона равна:

а) $\lambda_c = \frac{2\pi\hbar}{mc}$; б) $\lambda_c = \frac{2\pi c}{\omega}$; в) $\lambda_c = \frac{2\pi\hbar c}{A}$.

20) Давление, производимое светом при нормальном падении, равно:

а) $p = gqh$; б) $p = \frac{\nu RT}{V}$; в) $p = \frac{E_c}{c}(1 + \rho)$.

Квантовая механика. Атомная физика

1) Квантовая механика утверждает:

- а) электрону присущи только корпускулярные свойства;
- б) электрону присущи только волновые свойства;
- в) электрон имеет корпускулярно-волновую природу.

2) Какое из утверждений соответствует боровской теории атома?

- а) при движении по стационарным орбитам электрон не излучает электромагнитные волны;
- б) при движении по стационарным орбитам электрон излучает электромагнитные волны;
- в) атом излучает энергию, когда электрон переходит с удаленной орбиты на более близкую.

3) Какое из утверждений верно?

- а) момент импульса электрона, движущегося по стационарной орбите, должен иметь квантованные значения момента импульса $mvr = nh$;
- б) момент импульса электрона, движущегося по стационарной орбите, имеет любые значения $L = mvr$;
- в) электрон, двигаясь по стационарной орбите, не имеет момента импульса: $L = 0$.

4) Какая сила удерживает электрон в атоме?

- а) гравитационная;
- б) кулоновская;
- в) сила тяжести.

5) Что произойдет, если электрон, находившийся на орбите атома, поглотит квант энергии $h\nu = E_m - E_n$?

- а) перейдет на орбиту ближе к ядру;
- б) перейдет на орбиту дальше от ядра;
- в) ничего не произойдет.

6) Что происходит, если электрон, находившийся на орбите атома, испустит квант энергии?

- а) переходит на орбиту ближе к ядру;
- б) переходит на орбиту дальше от ядра;
- в) ничего не происходит.

7) Длина волны де Бройля определяется формулой:

- а) $\lambda = \frac{c}{\nu}$;
- б) $\lambda = \frac{ch}{\varepsilon}$;
- в) $\lambda = \frac{h}{m_c v}$.

8) Соотношение неопределенностей Гейзенберга имеет вид:

- а) $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$;
- б) $\lambda = \frac{h}{p}$;
- в) $\Delta E = c^2 \Delta m$.

9) Состояние электрона в атоме описывается законами:

- а) классической механики;
- б) квантовой механики;
- в) классической и квантовой механики.

10) Состояние электрона в электронно-лучевой трубке описывается законами:

- а) классической механики;
- б) квантовой механики;
- в) классической и квантовой механики.

11) В опыте Резерфорда α -частицы рассеиваются:

- а) электрическим полем ядра атома;
- б) электрической оболочкой атомов;
- в) гравитационным полем ядра атома.

12) Электронная оболочка в нейтральном атоме фосфора ${}_{15}^{31}P$ содержит электронов

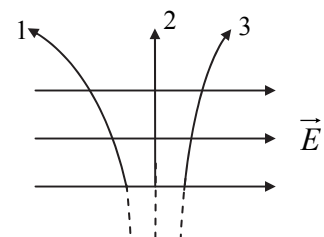
- а) 15;
- б) 31;
- в) 16.

13) Ядро атома фосфора ${}_{15}^{31}P$ содержит протонов

- а) 15;
- б) 31;
- в) 16.

14) α -, β - и γ -излучения попадают в электрическое поле. Определить вид излучений.

- а) 1 – α , 2 – γ , 3 – β ;
- б) 1 – β , 2 – γ , 3 – α ;
- в) 1 – γ , 2 – β , 3 – α .



15) Какой вид излучения имеет наиболее разрушительное биологическое действие?

- а) α ; б) β ; в) γ .

16) Закон радиоактивного распада имеет вид:

- а) $dN = -\lambda N dt$; б) $N = N_0 e^{-\lambda t}$; в) $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

17) Период полураспада – это:

- а) время, за которое число нераспавшихся ядер уменьшается в два раза;
б) время, за которое число нераспавшихся ядер уменьшается в «е» раз;
в) половина среднего времени жизни радиоактивного ядра.

18) Какие силы удерживают нуклоны в ядре?

- а) гравитационные;
б) кулоновские;
в) ядерные (сильное взаимодействие).

19) От каких величин зависит энергия связи ядра?

- а) от количества протонов;
б) от количества нейтронов;
в) от дефекта массы.

20) Термоядерной реакцией называется:

- а) синтез легких ядер;
б) распад тяжелых ядер под действием нейтронов;
в) любая ядерная реакция.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанное авторами пособие может быть использовано студентами технических специальностей всех форм обучения для самостоятельной работы при изучении дисциплины «Физика».

Пособие является оптимальным вариантом для выдачи контрольных заданий в виде контрольных работ (РГЗ) и тестов по физике студентам, обучающимся по программе с сокращенным курсом часов по физике.

В пособии даны общие методические указания, основные физические формулы, рассмотрены примеры решения задач. Приведены варианты тестов для самоконтроля. Работа с тестами позволяет студентам глубже изучить учебный материал и подготовиться к экзамену или зачету.

В пособии учтены особенности учебного плана и времени, отводимого на изучение курса физики, что учтено в вариантах контрольных работ и количестве заданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова, Т. И. Курс общей физики / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 1994. – 542 с.
2. Яворский, Б. М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. – М. : Наука, 1979. – 944 с.
3. Дмитриева, В. Ф. Основы физики : учеб. пособие для студентов вузов / В. Ф. Дмитриева, В. Л. Прокопьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 527 с.
4. Чертов, А. Г. Задачник по физике учеб. пособие для студентов вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Интеграл-Пресс, 1997. – 544 с.
5. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики : учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова. – 2-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 1996. – 303 с.

Учебное издание

Титоренко Елена Ивановна
Ткачева Юлия Ильинична
Комина Людмила Петровна

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ФИЗИКЕ
Основные физические формулы. Контрольные работы
и расчетно-графические задания. Тесты

Учебное пособие

2-е издание, исправленное и дополненное

Научный редактор – кандидат технических наук, профессор М. С. Гринкруг

Редактор Е. О. Колесникова

Подписано в печать 06.03.2014.

Формат 60 × 84 1/16. Бумага писчая. Ризограф FR3950EP-α.
Усл. печ. л. 11,6. Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 500 экз. Заказ 26131.

Редакционно-издательский отдел
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.