

## Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

### Физика, 2,3,4,5 семестр

Код, направление подготовки	s04.05.01
Направленность (профиль)	Аналитическая химия
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	Экспериментальной физики
Выпускающая кафедра	Химии

### МЕХАНИКА, 2 семестр

Типовые варианты заданий для контрольной работы:

#### 1 вариант

1. Вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0=20$  м/с брошен камень. Через  $\tau=1$  с после этого брошен вертикально вверх другой камень с такой же скоростью. На какой высоте  $h$  встретятся камни?
2. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $M=15$  т. Орудие стреляет вверх под углом  $\varphi=60^\circ$  к горизонту в направлении пути. С какой скоростью  $v_1$  покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда  $m=20$  кг и он вылетает со скоростью  $v_2=600$  м/с?
3. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом  $R=5$  см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой  $m=0,4$  кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь  $s=1,8$  м за время  $t=3$  с. Определить момент инерции  $J$  маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.

#### 2 вариант

1. Снаряд, выпущенный из орудия под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту, дважды был на одной и той же высоте  $h$ : спустя время  $t_1=10$  с и  $t_2=50$  с после выстрела. Определить начальную скорость  $v_0$  и высоту  $h$ .
2. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R=2$  м, стоит человек массой  $m_1=80$  кг. Масса  $m_2$  платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью  $\omega$  будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью  $v=2$  м/с относительно платформы.

3. Ближайший спутник Марса находится на расстоянии  $r=9,4$  Мм от центра планеты и движется вокруг нее со скоростью  $v=2,1$  км/с. Определить массу  $M$  Марса.

### 3 вариант

1. Пуля пущена с начальной скоростью  $v_0=200$  м/с под углом  $\alpha=60^\circ$  к горизонту. Определить максимальную высоту  $H$  подъема, дальность  $s$  полета и радиус  $R$  кривизны траектории пули в ее наивысшей точке. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Снаряд массой  $m=10$  кг обладал скоростью  $v=200$  м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой  $m_1=3$  кг получила скорость  $u_1=400$  м/с в прежнем направлении. Найти скорость  $u_2$  второй, большей части после разрыва.

3. Тонкий однородный стержень длиной  $l=50$  см и массой  $m=400$  г вращается с угловым ускорением  $\varepsilon=3$  рад/с<sup>2</sup> около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определить вращающий момент  $M$ .

### 4 вариант

1. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью  $v_0=30$  м/с. Определить скорость  $v$ , тангенциальное  $a_t$  и нормальное  $a_n$  ускорения камня в конце второй секунды после начала движения.

2. Конькобежец, стоя на льду, бросил вперед гирию массой  $m_1=5$  кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью  $v_2=1$  м/с. Масса конькобежца  $m_2=60$  кг. Определить работу  $A$ , совершенную конькобежцем при бросании гири.

3. Вал массой  $m=100$  кг и радиусом  $R=5$  см вращался с частотой  $n=8$  с<sup>-1</sup>. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой  $F=40$  Н, под действием которой вал остановился через  $t=10$  с. Определить коэффициент трения  $\mu$ .

### Типовой перечень вопросов к защите лабораторных работ

**«Измерение линейных объемов величин и объемов тел правильной геометрической формы»:**

- Какие измерения являются прямыми, косвенными?
- Что такое абсолютная и относительная погрешности?
- Чем вызвано появление погрешностей измерения?
- Что такое случайная погрешность, систематическая погрешность?
- Что называется доверительной вероятностью, доверительным интервалом?
- Как находятся результаты прямых и косвенных измерений величин?
- Как производится оценка погрешностей прямых и косвенных измерений?
- Как записывается окончательный результат?
- Запишите формулу для вычисления абсолютной погрешности для следующих функций:

$$f = \sqrt{a^7 b^5}; f = \ln(a - b); f = \frac{7a}{9b^5}; f = \sqrt{a - b^9}.$$

**«Изучение законов сохранения импульса и энергии при столкновении шаров»**

- Какие столкновения называются упругими, а какие неупругими?
- Запишите закон сохранения импульса для системы двух сталкивающихся тел.
- Сформулируйте и запишите закон сохранения механической энергии.
- Объясните физический смысл коэффициента восстановления скорости.
- Как определяется средняя сила взаимодействия при столкновении тел с массами  $m_1$  и  $m_2$ ?
- Какими свойствами должны обладать тела в случае полностью неупругого столкновения?
- Как в этом случае записывается закон сохранения импульса?

**«Изучение плоского движения твердого тела»:**

- Что такое плоское движение твердого тела?
- Какова роль сил трения при качении цилиндра?
- Что такое гармонические колебания?
- Какова связь между частотой, периодом колебаний и циклической частотой?
- Сформулировать теорему Штейнера.

**«Изучение основного уравнения динамики вращательного движения на маятнике Обербека»:**

- Сформулируйте основное уравнение динамики вращательного движения и дайте определение всем величинам, входящим в уравнение.
- Выведите рабочую формулу данной работы.
- Укажите основные источники погрешностей измерений. Запишите формулу для расчета погрешности  $J$ .
- Какую роль играет момент инерции при вращательном движении? Объясните физический смысл момента инерции.

**«Определение коэффициентов трения качения и трения скольжения методом наклонного маятника»:**

- Сформулировать понятие сил трения покоя, скольжения и качения.
- Сформулировать закон Амонтона–Кулона и дать определение параметров, входящих в уравнение для силы трения скольжения.
- Вывести рабочую формулу для коэффициента трения качения.
- Как зависит коэффициент трения качения от упругих свойств материала?

**«Определение момента инерции маятника Максвелла»:**

- Что называется плоскопараллельным движением тела?
- Из каких двух движений складывается сложное движение маятника?
- Дайте определение момента инерции.

- Сформулируйте закон сохранения механической энергии. Запишите его в применении к маятнику Максвелла.
- Выведите рабочую формулу для момента инерции маятника Максвелла.
- Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения.

**«Математический и физический маятники»:**

- Что называется математическим и физическим маятниками?
- При каких условиях колебания этих маятников являются гармоническими?
- Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний математического маятника.
- Получите дифференциальные уравнения затухающих и незатухающих колебаний физического маятника.
- Напишите решение дифференциального уравнения затухающих колебаний и представьте его графически.
- Что такое приведенная длина физического маятника?
- Как определяется графически  $g$  и  $\Delta g$  для математического и физического маятников?

**«Исследование прямолинейного поступательного движения в поле сил тяжести на машине Атвуда»**

- Какое движение тела называется поступательным?
- Опишите виды поступательного движения.
- Определите кинетические параметры поступательного движения ( $a$ ,  $v$ ,  $S$ ) и объясните их физический смысл.
- Как определить скорость и ускорение поступательного движения, если задан закон движения?
- Сформулируйте законы Ньютона, запишите их в векторной и в скалярной формах.
- Объясните методику проверки второго закона Ньютона.

**«Определение скорости пули с помощью крутильного баллистического маятника»:**

- Что называется импульсом тела, моментом импульса тела?
- Какая механическая система называется замкнутой или изолированной?
- Какой удар (соударение) тел называется неупругим?
- Сформулируйте устно и выведите основной закон динамики вращательного движения.
- Сформулируйте устно и выведите закон сохранения момента импульса.
- Как определяется период колебаний крутильного маятника?
- Объясните методику определения скорости пули с использованием крутильного баллистического маятника.

*Примерные вопросы к экзамену:*

<b>Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»</b>	<b>Вид задания</b>
<b>I. Основные понятия механики: система отсчета, материальная</b>	теоретический

<p>точка (частица), система частиц, абсолютно твердое тело, сплошная среда.</p> <p>2. Кинематика точки. Векторный способ описания движения точки. Координатный способ описания движения точки.</p> <p>3. Кинематика точки. «Естественный» способ описания движения точки.</p> <p>4. Кинематика твердого тела. Поступательное движение. Вращение вокруг неподвижной оси. Связь между линейными и угловыми величинами.</p> <p>5. Преобразование скорости и ускорения при переходе к другой системе отсчета.</p> <p>6. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея.</p> <p>7. Основные законы ньютоновской динамики. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.</p> <p>8. Силы. Сила гравитационного притяжения. Кулоновская сила. Однородная сила тяжести. Упругая сила. Сила трения скольжения.</p> <p>9. Основное уравнение динамики. Основное уравнение динамики в неинерциальной системе.</p> <p>10. Силы инерции. Особенности сил инерции.</p> <p>11. Импульс частицы. Импульс системы. Закон сохранения импульса.</p> <p>12. Центр масс. Уравнение движения центра масс. Ц-система. Движение тела переменной массы.</p> <p>13. Работа. Работа упругой силы. Работа гравитационной (или кулоновской) силы. Работа однородной силы тяжести. Мощность.</p> <p>14. Консервативные силы. Поле центральных сил.</p> <p>15. Потенциальная энергия частицы в поле.</p> <p>16. Потенциальная энергия и сила поля.</p> <p>17. Напряженность поля. Потенциал поля.</p> <p>18. Кинетическая энергия. Полная механическая энергия частицы.</p> <p>19. Собственная потенциальная энергия системы. «Внешняя» потенциальная энергия системы.</p> <p>20. Диссипативные силы. Работа диссипативных сил.</p> <p>21. Кинетическая энергия системы. Собственная механическая энергия системы.</p> <p>22. Закон сохранения механической энергии системы.</p> <p>23. Полная механическая энергия системы в поле. Связь между энергиями в К- и Ц-системах отсчета.</p> <p>24. Столкновения двух частиц. Абсолютно неупругое столкновение. Абсолютно упругое столкновение. Лобовое столкновение.</p> <p>25. Абсолютно упругое столкновение. Нелобовое столкновение.</p>	
--	--

Неупругое столкновение.

26. Механика несжимаемой жидкости. Линии и трубки тока. Уравнение неразрывности струи.

27. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Вязкость. Течение жидкости в трубе круглого сечения.

28. Момент импульса частицы. Момент Силы. Уравнение моментов.

29. Момент импульса и момент силы относительно оси. Уравнение моментов в проекциях на ось.

30. Закон сохранения момента импульса. Суммарный момент внешних сил в Ц-системе. Собственный момент импульса в Ц-системе.

31. Связь между моментами импульса в К- и Ц-системах. Уравнение моментов в К-системе.

32. Динамика твердого тела. Равнодействующая сила. Условия равновесия твердого тела.

33. Динамика твердого тела. Вращение вокруг неподвижной оси. Теорема Штейнера. Уравнение динамики вращения твердого тела.

34. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела. Работа внешних сил при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.

35. Плоское движение твердого тела. Кинетическая энергия при плоском движении.

36. Свободные оси. Главные оси тела. Гироскопы.

37. Кинематика гармонических колебаний. Дифференциальное уравнение гармонического осциллятора.

38. Динамика гармонических колебаний. Математический маятник. Физический маятник.

39. Энергия гармонического осциллятора. Сложение колебаний одного направления. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.

40. Затухающие колебания. Уравнение затухающих колебаний. Характеристики затухания.

41. Вынужденных колебания. Уравнение вынужденных колебаний.

42. Резонанс. Энергия вынужденных колебаний.

43. Кинематика специальной теории относительности. Основные представления дорелятивистской физики.

44. Трудности дорелятивистской физики. Опыт Майкельсона.

45. Постулаты Эйнштейна. Следствия из постулатов Эйнштейна: замедление времени.

46. Постулаты Эйнштейна. Следствия из постулатов Эйнштейна: равенство поперечных размеров тел, лоренцево сокращение. Преобразования Лоренца.

47. Следствия из преобразований Лоренца. Понятие

<p>одновременности. Лоренцево сокращение. Длительность процессов. Интервал. Преобразование скорости.</p> <p>48. Релятивистская динамика. Релятивистский импульс. Основное уравнение релятивистской динамики.</p> <p>49. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Закон взаимосвязи массы и энергии.</p> <p>50. Связь между энергией и импульсом частицы.</p>	
--	--

<p align="center"><i>Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет», «Владеет»</i></p>	<p align="center"><i>Вид задания</i></p>
<p><b>Вариант 1.</b>  <b>Задача.</b> На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом <math>R=2</math> м, стоит человек массой <math>m_1=80</math> кг. Масса <math>m_2</math> платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью <math>\omega</math> будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью <math>v=2</math> м/с относительно платформы.</p> <p><b>Вариант 2.</b>  <b>Задача.</b> На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом <math>R=5</math> см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой <math>m=0,4</math> кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь <math>s=1,8</math> м за время <math>t=3</math> с. Определить момент инерции <math>J</math> маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.</p> <p><b>Вариант 3.</b>  <b>Задача.</b> Вертикально вверх с начальной скоростью <math>v_0=20</math> м/с брошен камень. Через <math>\tau=1</math> с после этого брошен вертикально вверх другой камень с такой же скоростью. На какой высоте <math>h</math> встретятся камни?</p> <p><b>Вариант 4.</b>  <b>Задача.</b> Тело брошено под углом к горизонту. Оказалось, что максимальная высота подъема <math>h_{\max}=\frac{1}{4} S</math> (где <math>S</math> – дальность полета). Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите угол броска к горизонту.</p> <p><b>Вариант 5.</b>  <b>Задача.</b> Вал начинает вращение из состояния покоя и за первые 10 секунд совершает <math>N=50</math> оборотов. Считая вращение вала равноускоренным, определить угловое ускорение.</p> <p><b>Вариант 6.</b>  <b>Задача.</b> Найти радиус <math>R</math> вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость <math>v_1</math> точки, лежащей на ободе, в 2,5 раза больше линейной скорости <math>v_2</math> точки, лежащей на расстоянии <math>r=5</math> см ближе к оси колеса.</p>	<p align="center">практический</p>

**Вариант 7.**

**Задача.** Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением  $a_{\tau}=0,5 \text{ м/с}^2$ . Определить полное ускорение  $a$  точки на участке кривой с радиусом кривизны  $R=3 \text{ м}$ , если точка движется на этом участке со скоростью  $v=2 \text{ м/с}$ .

**Вариант 8.**

**а. Задача.** Гиря массой  $m=10 \text{ кг}$  падает с высоты  $h=0,5 \text{ м}$  на подставку, скрепленную с пружиной жесткостью  $k=30 \text{ Н/см}$ . Определите при этом смещение пружины  $x$ .

**Вариант 9.**

**Задача.** К телу массой  $2 \text{ кг}$ , находящемуся на горизонтальной поверхности, приложена сила  $20 \text{ Н}$ , направленная вниз под углом  $30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения  $0,1$ . Определите ускорение тела. Чему будет равно ускорение тела, если коэффициент трения станет равным  $0,6$ ?

**Вариант 10.**

**Задача.** Конькобежец массой  $60 \text{ кг}$ , стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $2 \text{ кг}$  со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . На какое расстояние откатится при этом конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед  $0,02$ ?

**Вариант 11.**

**Задача.** Пуля массой  $m=15 \text{ г}$ , летящая с горизонтальной скоростью  $v=0,5 \text{ км/с}$ , попадает в баллистический маятник массой  $M=6 \text{ кг}$  и застревает в нем. Определите высоту  $h$ , на которую поднимется маятник, откачнувшись после удара.

**Вариант 12.**

**Задача.** Человек, стоящий на скамье Жуковского, держит в руках стержень длиной  $l=2,5 \text{ м}$  и массой  $m=8 \text{ кг}$ , расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки. Эта система (скамья и человек) обладает моментом инерции  $J=10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  и вращается с частотой  $\nu_1=12 \text{ мин}^{-1}$ . Определите частоту  $\nu_2$  вращения системы, если стержень повернуть в горизонтальное положение.

**Вариант 13.**

**Задача.** К ободу однородного диска радиусом  $R=0,2 \text{ м}$  приложена постоянная тангенциальная сила  $F=100 \text{ Н}$ . При вращении на диск действует сила трения, момент которой  $M_{\text{тр}}=5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Определите массу диска, если известно, что он вращается с постоянным угловым ускорением  $\varepsilon=100 \text{ с}^{-2}$ .

**Вариант 14.**

**Задача.** Тело массой  $m_1=5 \text{ кг}$  ударяется о неподвижное тело массой  $m_2=2,5 \text{ кг}$ , которое после удара начинает двигаться и приобретает кинетическую энергию  $5 \text{ Дж}$ . Считая удар центральным и упругим,



найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

**Вариант 15.**

**Задача.** Пренебрегая трением, определите наименьшую высоту  $h$ , с которой должна скатываться тележка с человеком по желобу, переходящему в петлю радиусом  $R=6$  м, и не оторваться от него в верхней точке петли.

**Вариант 16.**

**Задача.** Тело переместилось из точки А с координатами  $x_1=-1$ ;  $y_1=2$  в точку с координатами  $x_2=5$ ;  $y_2=3$ . Сделайте чертеж, найдите перемещение тела и его проекции на оси координат.

**Вариант 17.**

**Задача.** Какая мощность необходима для сжатия пружины на 4 см в течение 5 с, если для сжатия её на 1 см требуется сила  $2,5 \cdot 10^4$  Н?

**Вариант 18.**

**Задача.** Тело, двигаясь без начальной скорости, прошло за первую секунду 1 м, за вторую - 2м, за третью - 3м, за четвертую - 4м и т. д. Можно ли считать такое движение равноускоренным?

**Вариант 19.**

**Задача.** Мяч свободно падает с высоты 270м. Разделить эту высоту на три части  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  так, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

**Вариант 20.**

**Задача.** Проволока выдерживает груз массы  $m_{max}=450$  кг. С каким максимальным ускорением можно поднимать груз массы  $m=400$  кг, подвешенный на одной проволоке, чтобы она не оборвалась?

**Вариант 21.**

**Задача.** По наклонной плоскости длиной 25 м и высотой 10 м поднимается тело с ускорением  $25$  см/с<sup>2</sup>. Какова в этом случае сила тяги, если коэффициент сопротивления движению составляет 0,2?

**Вариант 22.**

**Задача.** Поезд массой 2000 т идет по горизонтальному участку пути с постоянной скоростью 10 м/с. Коэффициент трения равен 0,05. Какую мощность развивает тепловоз на этом участке?

**Вариант 23.**

**Задача.** Поезд проходит мост длиной 450 м за 45 с, а мимо будки стрелочника - за 15 с. Вычислите длину поезда и его скорость.

**Вариант 24.**

**Задача.** На вал намотана нить, к концу которой подвешена гирька. При равномерном движении гирьки за 10с с вала смоталось 12 м нити. Каков радиус вала, если он делал 60 об/мин?

**Вариант 25.**

**Задача.** Сила гравитационного взаимодействия между двумя

шарами, находящимися на расстоянии 1 м, равна 9 Н. Чему будет равна сила взаимодействия между этими шарами, если расстояние между ними увеличить до 3 м?

**Вариант 26.**

**Задача.** С какой силой будет давить на дно шахматной клетки груз массы  $m=100\text{кг}$ , если клетка поднимается с ускорением  $a=24,5\text{ см/с}^2$ .

**Вариант 27.**

**Задача.** С каким ускорением скользит брусок по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  при коэффициенте трения, равном 0,2?

**Вариант 28.**

**Задача.** Если длину математического маятника уменьшить, когда он проходит положение равновесия, и увеличить в те моменты, когда его отклонение максимально, то амплитуда колебаний маятника начнёт возрастать. Почему?

**Вариант 29.**

**Задача.** На какой высоте должен находиться искусственный спутник Земли, чтобы его период обращения был равен 24 ч?

**Вариант 30.**

**Задача.** При взвешивании на неравноплечных рычажных весах масса тела на одной чашке получилась 0,3 кг, на другой 0,34 кг. Определить истинную массу тела.

**Вариант 31.**

**Задача.** Фотонная ракета движется относительно Земли со скоростью 0,6 с. Во сколько раз замедлится ход времени в ракете с точки зрения земного наблюдателя?

**Вариант 32.**

**Задача.** Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его предельные размеры уменьшились в 2 раза?

**Вариант 33.**

**Задача.** Длина минутной стрелки башенных часов Московского университета 4,5 м. С какой линейной скоростью перемещается конец стрелки?

**Вариант 34.**

**Задача.** Ускорение свободного падения у поверхности Луны в 6 раз меньше ускорения свободного падения у поверхности Земли. Во сколько раз выше и дальше может прыгнуть человек на Луне, чем на Земле?

**Вариант 35.**

**Задача.** На одном конце нити, перекинутой через блок, подвешен груз массы  $m=500\text{ г}$ . Известно, что нить не обрывается, если на другом ее конце закрепить груз массы  $M=2m$  и осторожно отпустить

его. Какую силу натяжения  $T$  выдерживает в этом случае нить?

**Вариант 36.**

**Задача.** Почему нагруженный автомобиль при той же мощности двигателя имеет меньшую скорость, чем ненагруженный?

**Вариант 37.**

**Задача.** Тело массой 20 кг поднимают по наклонной плоскости на высоту 6 м, причем вдоль плоскости оно прошло 10 м. Найдите работу силы трения, если сила тяги параллельна плоскости, а коэффициент трения 0,2.

**Вариант 38.**

**Задача.** Какую скорость должен иметь искусственный спутник Земли, чтобы обращаться по круговой орбите на высоте 600 км над поверхностью Земли? Каков период его обращения?

**Вариант 39.**

**Задача.** Груз массой 0,1 кг, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания. Во сколько раз увеличится период колебаний, если к нему прикрепить груз массой 300 г?

**Вариант 40.**

**Задача.** Найдите период малых колебаний жидкости в сообщающихся сосудах разного сечения. Высота столба жидкости в состоянии равновесия равна  $H$  (сечением трубки их соединяющей пренебречь).

**Вариант 41.**

**Задача.** Математический и пружинный маятники совершают колебание с одинаковым периодом. Определить массу груза пружинного маятника, если коэффициент жесткости пружины 20 Н/м. Длина нити маятника 0,4 м.

**Вариант 42.**

**Задача.** Два события в некоторой инерциальной системе отсчета происходят в одной точке одновременно. Будут ли эти события одновременными в другой ИСО?

**Вариант 43.**

**Задача.** Буксир толкает по реке баржу. Относительно каких тел отсчета баржа движется? Относительно какого тела она покоится?

**Вариант 44.**

**Задача.** Тело падает с высоты 1960 м. Какой путь оно проходит в последнюю секунду падения?

**Вариант 45.**

**Задача.** Радиус рабочего колеса гидротурбины в 8 раз больше, а частота вращения – в 40 раз меньше, чем у паровой турбины. Сравнить линейные скорости и ускорения точек обода колес турбин.

**Вариант 46.**

**Задача.** Какую силу надо приложить для подъема вагонетки массой

<p>600 кг по эстакаде с углом наклона <math>30^{\circ}</math>, если коэффициент сопротивления движению равен 0,05?</p> <p><b>Вариант 47.</b></p> <p><b>Задача.</b> Акробат массой 80 кг, прыгнул с высоты 10 м без начальной скорости, прогнул страховочную сетку на расстояние 40 см. Какова максимальная упругая сила, возникшая в сетке при таком прогибе?</p> <p><b>Вариант 48.</b></p> <p><b>Задача.</b> Молот массой 1000 кг падает с высоты 1,8 м на наковальню. Длительность удара 0,1 с. Удар неупругий. Определите среднее значение силы взаимодействия молота и наковальни.</p> <p><b>Вариант 49.</b></p> <p><b>Задача.</b> Луна, как известно, является естественным спутником Земли. Можно ли считать среднюю скорость движения Луны по её орбите первой космической скоростью для Земли на расстоянии, равном расстоянию от Земли до Луны? Вычислите среднюю скорость движения Луны.</p> <p><b>Вариант 50.</b></p> <p><b>Задача.</b> Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один из них совершает 10, а другой 30 колебаний?</p>	
--	--

### ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ. 3 семестр

*Типовой перечень вопросов к защите лабораторных работ:*

«Изучение электроизмерительных приборов»:

- Дайте определение: меры, измерительных преобразователей, электроизмерительных приборов.
- Какие приборы называются цифровыми, какие аналоговыми?
- Что такое цена деления?
- Чем характеризуются электроизмерительные приборы и как они классифицируются?
- Что называется погрешностью измерения, относительной погрешностью, дополнительной погрешностью?
- Что такое шунт, для чего он служит? Как рассчитать сопротивление шунта?
- Что такое добавочное сопротивление? Как рассчитать добавочное сопротивление?
- Сформулируйте первое и второе правила Кирхгофа.
- Как произвести градуировку шкалы амперметра?
- Как произвести градуировку шкалы вольтметра?

«Изучение принципа работы электронно-лучевого осциллографа»:

- Назначение и принцип работы электронно - лучевого осциллографа.
- Назовите основные элементы электронно-лучевой трубки.
- Что такое осциллограмма?
- Объясните работу осциллографа.
- Каким образом проводят измерения в режиме непрерывной развертки? (Используйте блок - схему прибора).

- В чем заключается роль схемы синхронизации?
- Что такое режим ждущей развертки с синхронизацией исследуемым сигналом?
- Что такое режим ждущей развертки с синхронизацией внешним сигналом?
- Каким образом в режиме ждущей развертки с синхронизацией внешним сигналом можно измерить сдвиг фаз двух напряжений?
- Каким образом получаются фигуры Лиссажу?
- Каким образом практически можно получить фигуры Лиссажу на экране осциллографа?
- Зарисуйте фигуры Лиссажу различных порядков.
- Каким образом измерить амплитуду, частоту и период сигнала на экране осциллографа?

«Определение удельного заряда электрона с помощью вакуумного диода»:

- Что называется электровакуумными приборами? Типы электровакуумных приборов.
- В чем заключается явление термоэлектронной эмиссии? Как определяется работа выхода электрона из металла?
- Электровакуумный диод - схема, устройство и принцип работы («выпрямление» переменного тока).
- Роль объемного пространственного заряда в работе диода.
- Вольт – амперная характеристика вакуумного диода.
- Режим насыщения анодного тока (когда достигается)?
- Вывод формулы Богуславского - Ленгмюра.
- Как можно определить удельный заряд электрона (методика определения).
- Принцип работы транзистора Т в схеме эксперимента.
- Объяснить принцип работы экспериментальной схемы.
- Как измеряется анодный ток ( $I_a$ )?
- Как измеряется анодное напряжение ( $U_a$ )?
- Методика расчета ошибки вычисления удельного заряда.
- На каком участке вольт - амперной кривой можно использовать формулу Богуславского - Ленгмюра? Почему?

«Изучение релаксационных процессов в RC-цепи»:

- Что такое RC-цепи? (нарисовать)
- Что такое релаксационный процесс в электрических цепях?
- Работа RC-цепи (установление тока) в режиме замыкания и размыкания.
- График зависимости силы тока и напряжения от времени при релаксационных процессах.
- Что такое постоянная времени RC-цепи? Нарисовать графики зависимостей  $I=I(t)$  и  $U=U(t)$  для различных  $\tau$ .
- Законы Кирхгофа.
- Какая цепь называется переходной? При каких условиях?
- Какая цепь называется дифференцирующей (интегрирующей) и почему? Нарисовать и объяснить графики процессов.
- Объяснить работу экспериментальной установки.
- Что такое герконы?
- Рассказать о методике определения постоянной релаксации времени.
- Методика оценки погрешности полученных результатов.
- Зависимость напряжения на емкости и сопротивления для времени переключения  $\tau > T$  и  $\tau < T$ .

«Определение относительной диэлектрической проницаемости материалов»

- Физический смысл диэлектрической проницаемости среды.
- Вывод формулы для емкости плоского конденсатора. Как емкость зависит от диэлектрической проницаемости среды?
- Как зависит емкость от площади диэлектрической прослойки?

- Объяснить методику определения неизвестной емкости, которая используется в данной работе.
- Что такое паразитная емкость схемы? Как определяется ее величина?
- Что такое входное сопротивление? Почему его величиной пренебрегают при выполнении данной работы?
- Какие вещества обладают наибольшей диэлектрической проницаемостью и почему?

«Определение постоянной времени RL-цепи»:

- В чем заключается явление самоиндукции?
- Что такое индуктивность?
- Запишите выражение для ЭДС самоиндукции.
- Запишите выражение для изменения тока при замыкании цепи, содержащей индуктивность. Изобразите зависимость графически.
- Запишите выражение для изменения тока при размыкании цепи, содержащей индуктивность. Изобразите зависимость графически.
- Что такое постоянная времени RL-цепи?
- Расскажите о методике определения постоянной времени RL-цепи в данной работе.

«Изучение цепи переменного тока»:

- Записать закон Ома для цепи переменного тока.
- Записать выражение для полного индуктивного тока.
- Записать выражение для емкостного сопротивления.
- Записать выражение для полного сопротивления цепи переменного тока.
- Чем определяется сдвиг фаз между силой тока и напряжением.

«Изучение магнитного поля соленоида»:

- Что такое поле? Назовите характеристики поля.
- Дайте определение вектора магнитной индукции магнитного поля. Укажите единицы измерения индукции магнитного поля.
- Изобразите силовые линии магнитного поля соленоида.
- Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа. Расскажите о его применении.
- Расскажите о силе Ампера и силе Лоренца.
- Запишите формулу для расчета магнитного поля на оси соленоида конечной длины и бесконечно длинного соленоида.
- Объясните характер распределения магнитного поля вдоль оси соленоида, полученный в работе.

«Изучение вынужденных колебаний в колебательном контуре»:

- Какие колебания называются вынужденными?
- Из каких элементов состоит электрический колебательный контур? Опишите физические процессы, происходящие в контуре.
- Запишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний.
- Как частота сигнала генератора влияет на величину: а) активного сопротивления; б) емкостного сопротивления; в) индуктивного сопротивления; г) импеданса последовательного колебательного контура вблизи резонанса?
- Для каких целей используется колебательный контур? Где он применяется?

«Определение емкости конденсатора с помощью вольтметра»:

- Дайте определения: проводник, уединенный проводник. Как распределен заряд проводника, потенциал электрического поля заряженного проводника?
- Докажите, что потенциал уединенного проводника пропорционален его заряду. Чему равна электроёмкость уединённого проводника?
- От чего зависит электроёмкость проводника и от чего не зависит? С какой механической величиной аналогична электроёмкость? Назовите единицу измерения электроёмкости в системе СИ.

- Выведите формулу емкости проводящего шара.
- Выведите формулу емкости плоского, сферического или цилиндрического конденсатора (по указанию преподавателя).
- Расскажите о параллельном и последовательном соединении конденсаторов. Выведите формулы емкостей для этих случаев.
- Опишите метод определения ёмкости конденсатора с помощью вольтметра, нарисуйте электрическую схему установки.
- Нарисуйте электрическую схему установки для наблюдения разрядки конденсатора.
- 9. Выведите формулу изменения заряда на обкладках конденсатора при его разрядке.
- Как меняется сила тока в цепи при разряде конденсатора? Дайте определения времени релаксации  $\tau$  и времени  $\theta$ .
- Как определить заряд конденсатора геометрически?

*Типовые варианты заданий для контрольной работы:*

1 вариант

1. Расстояние между двумя точечными зарядами  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=-Q_1$  равно 10 см. Определить силу  $F$ , действующую на точечный заряд  $Q=0,1$  мкКл, удаленный на расстоянии  $r_1=6$  см от первого и на  $r_2=8$  см от второго зарядов.
2. Емкость  $C$  плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние  $d$  между пластинами 5 мм. Какова будет емкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d_1=3$  мм?
3. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи  $I=1$  мА. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

2 вариант

1. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1=40$  нКл и  $Q_2=-10$  нКл, находящимися на расстоянии  $d=10$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1=12$  см и от второго на  $r_2=6$  см.
2. ЭДС батареи аккумуляторов 12 В, сила тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?
3. По двум бесконечно длинным параллельным проводам текут токи  $I_1=20$  А и  $I_2=30$  А в одном направлении. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $r=10$  см.

3 вариант

1. Бесконечная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине нити заряд с плотностью  $\tau=1$  нКл/м. Каков градиент потенциала в точке, удаленной на расстояние  $r=10$  см от нити? Указать направление градиента потенциала.
2. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС  $E$  каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление  $r=0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R=1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.
3. Прямой провод длиной  $l=40$  см движется в однородном магнитном поле со скоростью  $v=5$  м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов  $U$  между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию  $B$  магнитного поля.

4 вариант

1. Тонкая нить длиной  $l=20$  см равномерно заряжена с линейной плотностью  $\tau=10$  нКл/м. На расстоянии,  $a=10$  см от нити, против ее середины, находится точечный заряд  $Q=1$  нКл. Вычислить силу  $F$ , действующую на этот заряд со стороны заряженной нити.
2. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС каждого элемента равна  $1,2$  В, внутреннее сопротивление  $r=0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R=1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.
3. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=9$  мТл по винтовой линии, радиус  $R$  которой равен  $1$  см и шаг  $h=7,8$  см. Определить период  $T$  обращения электрона и его скорость  $v$ .

Типовые вопросы к экзамену:

Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»	Вид задания
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электрический заряд. Электрическое поле. Поле точечного заряда. Геометрическое описание электрического поля.</li> <li>2. Поток вектора <math>E</math>. Теорема Гаусса. Теорема Гаусса в дифференциальной форме.</li> <li>3. Теорема о циркуляции вектора <math>E</math>. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Потенциал поля системы зарядов.</li> <li>4. Связь между потенциалом и вектором <math>E</math>. Эквипотенциальные поверхности.</li> <li>5. Электрический диполь. Поле диполя. Сила действующая на диполь.</li> <li>6. Момент сил, действующих на диполь. Энергия диполя в поле.</li> <li>7. Влияние вещества на поле. Поле внутри проводника. Поле у поверхности проводника.</li> <li>8. Силы, действующие на поверхность проводника.</li> <li>9. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Емкость сферического конденсатора. Емкость цилиндрического конденсатора.</li> <li>10. Диэлектрики. Поляризация. Объемные и поверхностные связанные заряды.</li> <li>11. Поле в диэлектрике. Поляризованность <math>P</math>. Связь между <math>P</math> и <math>E</math>.</li> <li>12. Теорема Гаусса для поля вектора <math>P</math>. Теорема Гаусса для поля вектора <math>P</math> в дифференциальной форме.</li> <li>13. Граничные условия для вектора <math>P</math>.</li> <li>14. Теорема Гаусса для поля вектора <math>D</math>. Теорема Гаусса для поля вектора <math>D</math> в дифференциальной форме. Связь между векторами <math>D</math> и <math>E</math>.</li> <li>15. Граничные условия для векторов <math>E</math> и <math>D</math>.</li> <li>16. Поле в однородном диэлектрике.</li> <li>17. Электрическая энергия системы зарядов. Энергия взаимодействия. Полная энергия взаимодействия.</li> <li>18. Энергия уединенного проводника. Энергия конденсатора.</li> <li>19. Энергия электрического поля.</li> <li>20. Работа поля при поляризации диэлектрика.</li> <li>21. Силы при наличии диэлектрика. Энергетический метод определения сил.</li> <li>22. Электрический ток. Плотность тока. Уравнение непрерывности.</li> <li>23. Закон Ома для однородного проводника. Закон Ома в дифференциальной форме.</li> <li>24. Сторонние силы. Обобщенный закон Ома. Закон Ома для неоднородного участка цепи.</li> <li>25. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.</li> </ol>	<p>теоретический</p>



<p>26. Закон Джоуля-Ленца. Закон Джоуля-Ленца в локальной форме.  27. Переходные процессы в цепи с конденсатором.  28. Сила Лоренца.  29. Магнитное поле движущегося заряда.  30. Принцип суперпозиции. Закон Био-Савара.  31. Теорема Гаусса для поля В. Теорема о циркуляции вектора В.  Дивергенция поля В. Ротор поля В.  32. Закон Ампера.  33. Сила, действующая на контур с током. Момент сил, действующих на контур с током.  34. Работа при перемещении контура с током.  35. Полк в магнетике. Механизм намагничивания. Намагниченность. Токи намагничивания.  36. Циркуляция вектора J. Циркуляция вектора J в дифференциальной форме.  37. Теорема о циркуляции вектора Н. Теорема о циркуляции вектора Н в дифференциальной форме. Связь между J и Н. Связь между В и Н.  38. Граничные условия для В и Н. Преломление линий В.  39. Поле в однородном магнетике.  40. Ферромагнетизм. Основная кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Теория ферромагнетизма.  41. Правило Ленца. Закон электромагнитной индукции. Природа электромагнитной индукции.  42. Явление самоиндукции. Индуктивность. Переходные процессы в RL-цепи.  43. Магнитная энергия тока. Энергия магнитного поля.  44. Магнитная энергия двух контуров с током. Собственная и взаимная энергии. Полевая трактовка энергии.  45. Энергия и силы в магнитном поле.  46. Ток смещения.  47. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Граничные условия. Материальные уравнения.  48. Колебательный контур. Уравнение колебательного контура. Свободные незатухающие колебания.  49. Свободные затухающие колебания. Величины, характеризующие затухание.  50. Вынужденные электрические колебания. Резонансные кривые. Добротность.  51. Переменный ток. Полное сопротивление. Мощность, выделяющаяся в цепи переменного тока.  52. Относительность электрического и магнитного полей. Законы преобразования полей E и B.</p>	
--	--

Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет», «Владеет»	Вид задания
<p>1. Два конденсатора с воздушным зазором, емкостью <math>C=100</math> пФ каждый, соединены последовательно и подключены к источнику, э.д.с. которого <math>E=10</math> В. Чему равно изменение заряда конденсаторов, если один из них погрузить в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon=2</math>?</p> <p>2. В плоский конденсатор длиной <math>l=5</math> см влетает электрон под углом <math>\alpha=15^\circ</math> к пластинам. Энергия электрона <math>W=1500</math> эВ. Расстояние между пластинами <math>d=1</math> см. Определить величину напряжения на</p>	практический

конденсаторе  $U$ , при котором электрон при выходе из пластин будет двигаться параллельно им.

3. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону  $I=I_0e^{-\alpha t}$ , где  $I_0=20$  А,  $\alpha=10^2$  с<sup>-1</sup>. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за время  $t=10^{-2}$  с, если сопротивление проводника  $R=5$  Ом.

4. Определить емкость конденсатора колебательного контура, если известно, что при индуктивности  $L=50$  мкГн контур настроен в резонанс на электромагнитные колебания с длиной волны  $\lambda=300$  м.

5. В скрещенные под прямым углом однородные магнитное ( $H=1$  МА/м) и электрическое ( $E=50$  кВ/м) поля влетел ион. При какой скорости  $v$  иона (по модулю и направлению) он будет двигаться в скрещенных полях прямолинейно.

6. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $R=10$  Ом и индуктивностью  $L=0,2$  Гн. Через какое время сила тока в цепи достигнет 50 % от максимального значения.

7. Расстояние между двумя точечными зарядами  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=-Q_1$  равно 10 см. Определить силу  $F$ , действующую на точечный заряд  $Q=0,1$  мкКл, удаленный на расстоянии  $r_1=6$  см от первого и на  $r_2=8$  см от второго зарядов.

8. Бесконечная тонкая прямая нить несет равномерно распределенный по длине нити заряд с плотностью  $\tau=1$  нКл/м. Каков градиент потенциала в точке, удаленной на расстояние  $r=10$  см от нити? Указать направление градиента потенциала.

9. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $Q_1=40$  нКл и  $Q_2=-10$  нКл, находящимися на расстоянии  $d=10$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1=12$  см и от второго на  $r_2=6$  см.

10. Емкость  $C$  плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние  $d$  между пластинами 5 мм. Какова будет емкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d_1=3$  мм?

11. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС  $E$  каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление  $r=0,2$  Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление  $R=1,5$  Ом. Найти силу тока  $I$  во внешней цепи.

12. По двум бесконечно длинным параллельным проводам текут токи  $I_1=20$  А и  $I_2=30$  А в одном направлении. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $r=10$  см.

13. ЭДС батареи аккумуляторов 12 В, сила тока  $I$  короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность  $P_{\max}$  можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

13. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи  $I=1$  кА. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

15. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=9$  мТл по винтовой линии, радиус  $R$  которой равен 1 см и шаг  $h=7,8$  см. Определить период  $T$  обращения электрона и его скорость  $v$ .

16. Прямой провод длиной  $l=40$  см движется в однородном магнитном поле со скоростью  $v=5$  м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов  $U$  между концами провода равна 0,6 В.

**ОПТИКА. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. 4 семестр**

*Типовые варианты заданий для контрольной работы:*

**Раздел «Оптика»:****1 вариант**

1. Два взаимно перпендикулярных луча падают на поверхность воды. Показатель преломления воды 1,33. Угол падения одного из лучей  $30^\circ$ . Каким будет угол между лучами в воде?
2. Определите, во сколько раз изменится ширина интерференционных полос на экране в опыте с зеркалами Френеля, если фиолетовый светофильтр ( $\lambda=0,4$  мкм) заменить красным ( $\lambda=0,7$  мкм).
3. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу  $\varphi=30^\circ$  соответствует максимум четвертого порядка для монохроматического света с длиной волны  $\lambda=0,5$  мкм.

**2 вариант**

1. Луч падает на границу раздела двух сред под углом  $30^\circ$ . Показатель преломления первой среды 2,4. Определите показатель преломления второй среды, если преломленный и отраженный лучи перпендикулярны друг другу.
2. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda=0,6$  мкм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы  $R=4$  м. Определите показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца  $r=1,8$  мм.
3. На щель шириной  $a=0,1$  мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda=0,6$  мкм. Экран, на котором наблюдается дифракционная картина, расположен параллельно щели на расстоянии  $l=1$  м. Определите расстояние  $b$  между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны центрального фраунгоферова максимума.

**3 вариант**

1. Тело в форме конуса с углом между его осью и образующей равным  $60^\circ$ , погрузили целиком в прозрачную жидкость вершиной вниз. При этом боковую поверхность нельзя видеть ни из одной точки пространства над поверхностью жидкости. Каков показатель преломления жидкости?
2. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы темных колец в отраженном свете уменьшились в 1,21 раза. Определите показатель преломления жидкости.
3. На дифракционную решетку длиной  $l=15$  мм, содержащую  $N=3000$  штрихов, падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda=550$  нм. Определите число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решетки.

**4 вариант**

1. Какова должна быть минимальная длина стороны квадратного плота, чтобы с него не был виден камень, находящийся под серединой плота? Глубина водоема 1,5 м, показатель преломления воды 1,3.
2. Для измерения показателя преломления аммиака в одно из плеч интерферометра Майкельсона помещена закрытая с обеих сторон откаченная до высокого вакуума стеклянная трубка длиной 15 см. При заполнении трубки аммиаком интерференционная картина для длины волны  $\lambda=589$  нм сместилась на 192 полосы. Определите показатель преломления аммиака.
3. На щель шириной  $a=0,1$  мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda=0,5$  мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели.

Определите расстояние  $l$  от щели до экрана, если ширина центрального дифракционного максимума  $b=1$  см.

### Раздел «Квантовая физика»

#### 1 вариант

1. Мощность излучения абсолютно черного тела  $N=34$  кВт. Найти температуру этого тела, если известно, что его поверхность  $S=0,6$  м<sup>2</sup>.
2. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0=275$  нм. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла, максимальную скорость  $v_{\max}$  электронов, вырываемых из металла светом с длиной волны  $\lambda=180$  нм, и максимальную кинетическую энергию  $W_{\max}$  электронов.
3. Определить энергию связи ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ . Масса нейтрального атома гелия равна  $6,6467 \cdot 10^{-27}$  кг.

#### 2 вариант

1. Найти температуру  $T$  печи, если известно, что излучение из отверстия в ней площадью  $S=6,1$  м<sup>2</sup> имеет мощность  $N=34,6$  Вт. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.
2. Найти частоту  $\nu$  света, вырывающего из металла электроны, которые полностью задерживаются разностью потенциалов  $U=3$  В. Фотоэффект начинается при частоте света  $\nu_0=6 \cdot 10^{14}$  Гц. Найти работу выхода  $A$  электрона из металла.
3. Определить массу изотопа  ${}^{15}_7\text{N}$ , если изменение массы при образовании  ${}^{15}_7\text{N}$  ядра составляет  $0,2508 \cdot 10^{-27}$  кг.

#### 3 вариант

1. Какую мощность излучения  $N$  имеет Солнце? Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела. Температура поверхности Солнца  $T=5800$  К.
2. Найти задерживающую разность потенциалов  $U$  для электронов, вырываемых при освещении калия светом с длиной волны  $\lambda=330$  нм.
3. При отрыве нейтрона от ядра гелия  ${}^4_2\text{He}$  образуется ядро  ${}^3_2\text{He}$ . Определить энергию связи, которую необходимо для этого затратить. Массы нейтральных атомов  ${}^4_2\text{He}$  и  ${}^3_2\text{He}$  соответственно равны  $6,6467 \cdot 10^{-27}$  кг и  $5,0084 \cdot 10^{-27}$  кг.

#### 4 вариант

1. Какую энергетическую светимость  $R$ , имеет абсолютно черное тело, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину волны  $\lambda=484$  нм?
2. Фотоны с энергией  $\epsilon=4,9$  эВ вырывают электроны из металла с работой выхода  $A=4,5$  эВ. Найти максимальный импульс  $p_{\max}$ , передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.
3. Энергия связи  $E_{\text{св}}$  ядра, состоящего из трех протонов и четырех нейтронов, равна  $39,3$  МэВ. Определить массу  $m$  нейтрального атома, обладающего этим ядром.

Типовые вопросы к экзамену:

Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»	Вид задания
Раздел «Оптика» 1. Уравнение волны. Уравнение плоской, сферической и цилиндрической волн. 2. Линейное волновое уравнение. Общее волновое уравнение. 3. Волновое уравнение электромагнитной волны. Плоская	теоретический

электромагнитная волна. Связь мгновенных значений  $E$  и  $H$ .

4. Энергия электромагнитной волны. Импульс электромагнитной волны.
5. Эффект Доплера для электромагнитных волн.
6. Шкала электромагнитных волн. Кривая видимости. Показатель преломления. Интенсивность волны. Виды световых волн.
7. Электромагнитная волна на границе раздела. Соотношения между амплитудами и фазами. Коэффициенты отражения и пропускания.
8. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Свойства тонкой линзы.
9. Основной принцип интерференционных схем. Условие максимума и минимума при интерференции. Ширина интерференционной полосы.
10. Когерентность. Длина когерентности. Время когерентности. Ширина когерентности.
11. Интерференционные схемы. Бипризма Френеля. Бизеркала Френеля. Билинза Бийе.
12. Интерференция света при отражении от плоских пластинок. Плоскопараллельные пластинки. Клиновидные пластинки. Кольца Ньютона. Просветление оптики.
13. Интерферометр Майкельсона.
14. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
15. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зоны Френеля. Спираль Френеля. Пятно Пуассона. Зонная пластинка.
16. Дифракция Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии. Дифракция от множества отверстий.
17. Дифракция Фраунгофера на щели. Условие минимумов. Распределение интенсивности.
18. Дифракционная решетка. Главные максимумы. Интерференционные минимумы. Интенсивность главных максимумов.
19. Дифракционная расходимость пучка. Разрешающая способность объектива. Дифракционная решетка как спектральный прибор.
20. Дифракция на пространственной решетке. Условия Лауэ. Формула Брэгга-Вульфа.
21. Поляризация света. Виды поляризации. Естественный свет. Поляризаторы. Степень поляризации. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении.
22. Двойное лучепреломление. Одноосные кристаллы. Дихроизм. Поверхности лучевых скоростей.
23. Суперпозиция поляризованных волн. Двупреломляющая пластинка. Анализ поляризованного света.
24. Интерференция поляризованных волн.
25. Искусственное двойное лучепреломления. Анизотропия при деформациях Анизотропия в электрическом поле. Вращение направления линейной поляризации.

26. Дисперсия света. Классическая теория дисперсии.
27. Волновой пакет. Групповая скорость.
28. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея. Поляризация рассеянного света. Молекулярное рассеяние.
29. Излучение Вавилова-Черенкова.

Раздел «Квантовая физика»

1. Тепловое излучение. Проблема теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
2. Фотоэффект. Световые кванты. Основные закономерности фотоэффекта. Формула Эйнштейна.
3. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм.
4. Эффект Комптона. Теория эффекта Комптона.
5. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда. Проверка формулы Резерфорда.
6. Спектральные закономерности. Постулаты Бора. Опыты Франка-Герца.
7. Боровская модель атома водорода. Спектральные линии водородоподобных систем. Магнитный момент атома водорода. Недостатки теории Бора.
8. Волновые свойства частиц. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные подтверждения гипотезы де-Бройля.
9. Принцип неопределенности. Соотношения неопределенностей. Опыт со щелью. Размер атома водорода.
10. Состояние частицы в квантовой теории. Принцип суперпозиции. Уравнение Шрёдингера. Стационарные состояния. Квантование.
11. Частица в прямоугольной яме. Квантовый гармонический осциллятор.
12. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект.
13. Операторы физических величин. Средние значения физических величин. Основные постулаты квантовой теории. Собственные состояния.
14. Квантование момента импульса. Момент импульса. Модуль момента импульса. Проекция момента импульса.
15. Квантование атома водорода. Кратность вырождения. Символы состояния. Распределение плотности вероятности.
16. Уровни и спектры щелочных металлов. Правила отбора.
17. Спин электрона. Полный момент импульса электрона. Тонкая структура спектральных линий.
18. Механический момент многоэлектронного атома. Сложение угловых моментов. Типы связи. Правила отбора.
19. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева. Правило Хунда.
20. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли. Особенности спектра поглощения. Тонкая

<p>структура рентгеновских спектров.</p> <p>21. Магнитный момент атома. Орбитальный магнитный момент. Опыты Штерна и Герлаха. Спиновый магнитный момент. Полный магнитный момент.</p> <p>22. Эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Электронный парамагнитный резонанс.</p> <p>23. Состав ядра. Характеристики атомного ядра. Размеры ядер.</p> <p>24. Масса и энергия связи ядра. Удельная энергия связи.</p> <p>25. Особенности ядерных сил. Механизм взаимодействия нуклонов. Модели ядер.</p> <p>26. Радиоактивность. Основной закон радиоактивного распада. Основные типы радиоактивности.</p> <p>27. Эффект Мессбауэра.</p> <p>28. Ядерные реакции. Энергия реакции. Энергетическая схема ядерной реакции. Порог реакции.</p> <p>29. Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия.</p> <p>30. Систематика элементарных частиц. Бозоны и фермионы. Время жизни. Переносчики взаимодействия. Лептоны. Адроны. Мезоны.</p> <p>31. Частицы и античастицы. Аннигиляция и рождение пар.</p> <p>32. Законы сохранения. Барийонный заряд. Лептонные заряды. Странность <math>S</math>. Шарм (очарование) <math>C</math> и красота (прелесть) <math>b</math>.</p> <p>33. Кварковая модель адронов.</p>	
--	--

Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет»	Вид задания
<p>Раздел «Оптика»</p> <p>«Изучение явления интерференции света с помощью бипризмы Френеля»</p> <p>«Изучение дифракции Фраунгофера от одной щели»</p> <p>«Изучение явления поляризации света»</p> <p>«Изучение свойств лазерного излучения»</p> <p>Раздел «Квантовая физика»</p> <p>«Изучение законов излучения абсолютно черного тела»</p> <p>«Изучение законов внешнего фотоэффекта»</p> <p>«Определение потенциала возбуждения криптона методом Франка и Герца»</p> <p>«Соотношение неопределенностей для фотонов»</p> <p>«Изучение поглощения гамма-излучения в веществе»</p>	<p>практический</p>

Задание для показателя оценивания дескриптора «Владеет»	Вид задания
<p>Раздел «Оптика»</p> <p>1. Расстояние <math>d</math> между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние <math>l</math> от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны <math>\lambda</math>, испускаемой источником монохроматического света, если ширина <math>b</math> полос интерференции на экране равна 1,5 мм.</p> <p>2. На мыльную пленку (<math>n=1,3</math>), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине <math>d</math> пленки отраженный свет с длиной</p>	<p>практический</p>

волны  $\lambda=0,55$  мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

3. На щель шириной  $a=0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Определить угол  $\alpha$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

4. Угол Брюстера  $\alpha_B$  при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

5. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол  $\alpha=30^\circ$ , если в каждом из николей в отдельности теряется 10 % интенсивности падающего на него света?

6. На щель шириной  $a=0,05$  мм падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Определить угол  $\varphi$  между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

7. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda=0,6$  мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол  $\varphi=18^\circ$ ?

8. Дифракционная решетка содержит  $n=200$  штрихов на 1 мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda=0,6$  мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

9. Какой наименьшей разрешающей силой  $R$  должна обладать дифракционная решетка, чтобы с ее помощью можно было разрешить две спектральные линии калия ( $\lambda_1=578$  нм и  $\lambda_2=580$  нм)? Какое наименьшее число  $N$  штрихов должна иметь эта решетка, чтобы разрешение было возможно в спектре второго порядка?

10. Сколько длин волн монохроматического света с частотой колебаний  $\nu=5 \cdot 10^{14}$  Гц уложится на пути длиной  $l=1,2$  мм: 1) в вакууме; 2) в стекле?

11. Определить длину  $l_1$  отрезка, на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке  $l_2=3$  мм в воде.

12. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной  $h=1$  мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку: 1) нормально; 2) под углом  $\epsilon=30^\circ$ ?

13. Волна распространяется в упругой среде со скоростью  $v=100$  м/с. Наименьшее расстояние  $\Delta x$  между точками среды, фазы колебаний которых противоположны, равно 1 м. Определить частоту  $\nu$  колебаний.

#### Раздел «Квантовая физика»

1. Мощность излучения абсолютно черного тела  $N=34$  кВт. Найти температуру  $T$  этого тела, если известно, что его



поверхность  $S=0,6 \text{ м}^2$ .

2. Какую энергетическую светимость  $R_\varepsilon$  имеет абсолютно черное тело, если максимум спектральной плотности его энергетической светимости приходится на длину  $\lambda=484 \text{ нм}$ ?

3. На какую длину волны  $\lambda$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре  $t=37^\circ\text{C}$  человеческого тела, т.е.  $T=310 \text{ К}$ ?

4. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла  $\lambda_0=275 \text{ нм}$ . Найти минимальную энергию  $\varepsilon$  фотона, вызывающего фотоэффект.

5. Фотоны с энергией  $\varepsilon=4,9 \text{ эВ}$  вырывают электроны из металла с работой выхода  $A=4,5 \text{ эВ}$ . Найти максимальный импульс  $p_{\text{max}}$ , передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

6. Пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda=663 \text{ нм}$  падает нормально на зеркальную плоскую поверхность. Поток энергии  $\Phi_\varepsilon=0,6 \text{ Вт}$ . Определить силу  $F$  давления, испытываемую этой поверхностью.

7. Какова была длина волны  $\lambda_0$  рентгеновского излучения, если при комптоновском рассеянии этого излучения графитом под углом  $\alpha=60^\circ$  длина волны рассеянного излучения оказалась равной  $\lambda=25,4 \text{ пм}$ ?

8. Найти длину волны де Бройля  $\lambda$  для электрона, имеющего кинетическую энергию: а)  $W_1 = 10 \text{ кэВ}$ ; б)  $W_2 = 1 \text{ МэВ}$ .

9. На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны  $\lambda = 486 \text{ нм}$ ?

10. Найти радиус  $r_1$  первой боровской электронной орбиты для однократно ионизованного гелия и скорость  $v_1$  электрона на ней.

11. Найти энергию связи  $W$  ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ .

$$\psi(x) = \sqrt{2/\ell} \sin \frac{\pi}{\ell} x$$

12. Волновая функция описывает основное состояние частицы в бесконечно глубоком прямоугольном ящике шириной  $\ell$ . Вычислить вероятность нахождения частицы в малом интервале  $0 \leq x \leq \Delta\ell$ , где  $\Delta\ell = 0,01 \ell$ .

13. Определить начальную активность  $A_0$  радиоактивного препарата магния  ${}^{27}\text{Mg}$  массой  $m = 0,2 \text{ мкг}$ , а также его активность  $A$  через время  $t = 6 \text{ ч}$ . Период полураспада магния  $T_{1/2} = 10 \text{ мин}$ .

### Термодинамика и статистическая физика, 5 семестр

*Типовые задания для контрольной работы:*

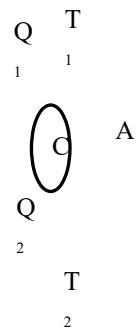
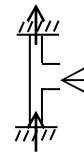
1. Пользуясь уравнением состояния для газа Ван-дер-Ваальса, определить зависимость внутренней энергии от объёма (т.е. найти  $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ ), основываясь на общих термодинамических соотношениях. Сделать вывод о физическом смысле полученного результата.

2. Свободная энергия газа из «твёрдых сфер» (с объёмом  $v_0$  каждая) описывается формулой Карнахана-Старлинга:  $F = Nk_B T (4bV - 3b^2)/(V - b)^2$ ,  $b = v_0 N$ . Показать, что в этой системе возможно состояние, в котором изотермическая сжимаемость газа обращается в ноль. На что указывает этот факт? Возможно ли в этой системе состояние, в котором эта сжимаемость равна бесконечности?

3. Найти уравнение спинодали в переменных  $(T, V)$  для газа Ван-дер-Ваальса. (Спинодаль – это множество состояний, в которых сжимаемость газа обращается в бесконечность). Построить график спинодали на плоскости  $(T, V)$ , т.е. график зависимости  $T(V)$ . Учесть, что  $V \geq b$ .

4. Вычислить изотермическую сжимаемость и изобарический коэффициент температурного расширения газа, уравнение состояния которого совпадает с уравнением Клаузиуса  $\left(p + \frac{a}{T(V+c)^2}\right)(V-b) = RT$ ,  $a, b, c$  – постоянные.

5. Тепловая машина Карно используется в качестве холодильной машины (т.е. цикл Карно совершается в обратном направлении) для поддержания температуры некоторого резервуара при температуре  $t_2 = -3^\circ\text{C}$ . Температура окружающего воздуха  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Какая механическая работа требуется для выполнения одного цикла машины, если от оболочки резервуара отводится количество тепла  $Q_2 = 900$  кал?

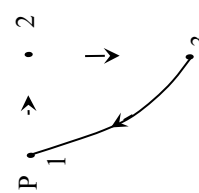


6. Вычислить коэффициент Джоуля-Томсона для газа Ван-дер-Ваальса и для газа Берглю.

7. Пусть на диаграмме состояний в координатах  $(p, V)$  две адиабаты некоторой термодинамической системы пересекаются в одной точке. Показать, что такое предположение противоречит второму началу термодинамики.

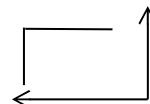
8. Найти калорическое уравнение состояния и выражение для энтропии фотонного газа, у которого термическое уравнение состояния имеет вид:  $p = \frac{1}{3} \sigma_{SB} T^4$ , где  $\sigma_{SB}$  – постоянная Стефана-Больцмана. Принять, что внутренняя энергия фотонного газа обращается в нуль при  $V=0$ .

9. Определить КПД цикла, совершаемого тепловой машиной с фотонным газом в качестве рабочего тела, цикл состоит из изобары 12, изохоры 23 и адиабаты 31. нится ли ответ, если звено 12 цикла заменить изотермическим процессом? Ответ выразить через температуры  $T_1$  и  $T_3$



если  
Изме-  
ским  
[Уравне-

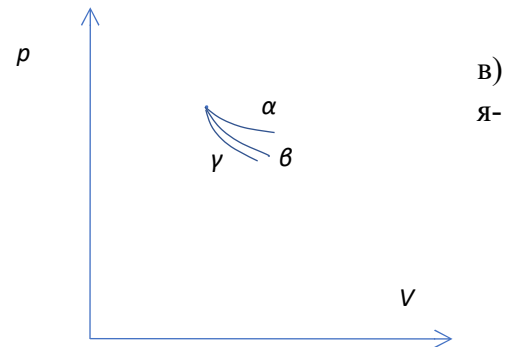
ния состояния фотонного газа имеют вид:  $p = \frac{1}{3} \sigma T^4$ ;  $U = 3PV$  ].



10. Указать условия, при которых протекание неравновесного процесса подчинено требованию минимальности свободной энергии.
11. Указать условия, при которых протекание неравновесного процесса подчинено требованию минимальности термодинамического потенциала Гиббса.
12. Пусть имеется смесь нескольких идеальных газов, у которых молекулярные числа степеней свободы могут различаться (то есть  $i_1 \neq i_2 \neq i_3 \neq i_1$ ). Найти показатель адиабаты смеси, выразив его через показатели адиабат и через парциальные давления компонентов смеси.

13. Предполагая, что удельный объем в газообразной фазе  $\tilde{V}_g \gg \tilde{V}_l$  ( $\tilde{V}_l$  - удельный объем жидкости), а так же, что для газообразной фазы справедливо уравнение состояния идеального газа, найти вид зависимости давления насыщенного пара от температуры. Скрытую теплоту парообразования считать постоянной, не зависящей от температуры.

14. Экспериментатор проделал три опыта с реальным газом: из одного и того же начального состояния он произвёл небольшое расширение при условиях постоянства а) температуры; б) энтропии; внутренней энергии, – получив на диаграмме состояний  $(p, V)$  три (почти прямолинейных) отрезка с разными коэффициентами наклона. Определить, какому типу процесса соответствовал каждый отрезок.



15. Найти выражение для работы, совершаемой фотонным газом при адиабатическом расширении.
16. Используя метод якобианов, доказать следующие термодинамические соотношения:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_S = \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T - \frac{T}{C_V} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V^2; \quad \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \frac{T}{C_p} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

17. Доказать, что адиабатическая  $\gamma_S$  и изотермическая  $\gamma_T$  сжимаемости любой (однородной и изотропной) термодинамической системы связаны соотношением:  $\gamma_S = \gamma_T C_V / C_p \equiv \gamma_T / \gamma$ .

18. Доказать, что термическим уравнением состояния газа, термодинамический потенциал которого имеет вид  $G = RT \ln(p/p_0) - TS_0 + \alpha T(1 - \ln T/T_0)$ , является уравнение Клапейрона – Менделеева. ( $T_0, \alpha, S_0, p_0$  – постоянные). При каком значении  $\alpha$  теплоёмкость этого газа совпадает с теплоёмкостью идеального газа, молекулы которого имеют  $i$  степеней свободы?

19. Нагревается или охлаждается идеальный газ, если он расширяется по закону  $PV^2 = const$ ?

20. Свободная энергия газа «твёрдых сфер» даётся формулой Карнахана – Старлинга:

$$F = Nk_B T (4bV - 3b^2) / (V - b)^2, b = v_0 N. \quad \text{Найти уравнение состояния газа, т.е. уравнение вида } f(P, T, V, N) = 0, \text{ и выяснить, существует ли в этой системе критическая точка.}$$

21. Цикл состоит из двух изотерм с температурами  $T_1$  и  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) и двух изохор. На изотерме с температурой  $T_1$  рабочим телом получено тепло  $Q_1$ . Считая, что теплоёмкость  $C_V$

рабочего тела зависит только от температуры, найти работу, совершаемую тепловой машиной за цикл.

22. Используя первое и второе начала термодинамики, найти зависимость энтропии идеального газа от  $T, V$  и  $N$ :  $S = S(T, V, N)$ .

23. Доказать общее термодинамическое соотношение  $\left(\frac{\partial W}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ , где  $W$  - энтальпия. Найти общий вид термического уравнения состояния тела, у которого теплоёмкость  $C_p$  не зависит от давления.

24. Два тела с температурами  $T_1$  и  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) имеют постоянные теплоёмкости  $C_1$  и  $C_2$ . Определить максимальную работу, которую можно получить в такой системе, если использовать эти тела в качестве нагревателя и холодильника.

25. Большая масса воды имеет температуру  $t = 25^\circ\text{C}$  и переносится океанским течением на глубину  $1\text{ км}$ . Определить изменение температуры, если для воды изобарический коэффициент температурного расширения  $\beta_p = 0,00013^\circ\text{K}^{-1}$ .

26. Показать, что цикл Карно с водой в качестве рабочего тела невозможен, если температура нагревателя  $t_1 = 6^\circ\text{C}$ , а холодильника  $t_2 = 2^\circ\text{C}$ . Указание: необходимо учесть, что для воды изобарический коэффициент температурного расширения отрицателен при температурах ниже  $4^\circ\text{C}$ , и показать, что в этих условиях рабочее тело будет получать тепло как от нагревателя, так и от холодильника. Какому утверждению противоречит такой сценарий?

27. Уравнение состояния реального газа позволяет определить (с помощью правила площадей) множество таких точек, координаты  $(p, V)$  которых соответствуют двухфазным состояниям. Верхняя точка кривой, ограничивающей эту область, лежит на критической изотерме, а сама кривая называется *бинодалью*. Чему равна теплоёмкость  $C_p$  такого вещества в точках, охватываемых бинодалью?

28. Пользуясь любым из уравнений состояния реального газа, показать, что правило площадей Максвелла в точности выражает условие равновесия двух открытых систем – жидкости и насыщенного пара.

*Типовые вопросы к экзамену:*

1. Основные понятия термодинамики (термодинамические параметры и их классификация, состояние, уравнения состояния, равновесные и неравновесные процессы, примеры). Термодинамические коэффициенты и связи между ними.
2. Изотермическая и адиабатическая недостижимость по Каратеодори. Эмпирические энтропия и температура. Основное термодинамическое тождество и абсолютная шкала температуры.
3. Первое начало термодинамики; теплоёмкость. Политропический процесс. Уравнение политропы в случае идеального газа. Примеры политропических процессов.

4. Метод якобианов. Получение общих термодинамических соотношений для  $C_p - C_v$  и

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T.$$

5. Второе начало термодинамики. Циклические процессы. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теорема Карно и её следствия.
6. Теорема Клаузиуса. Термодинамическое определение энтропии. Температура как интегрирующий множитель.
7. Термодинамические потенциалы и их свойства. Зависимость термодинамических потенциалов от числа частиц (числа молей). Химический потенциал.
8. Типы контактов термодинамических систем. Экстремальные свойства термодинамических потенциалов. Второе начало термодинамики и процессы выравнивания. Условия равновесия.
9. Процесс Джоуля – Томсона. Коэффициент Джоуля – Томсона и его вычисление для газа Ван-дер-Ваальса. Температура инверсии.
10. Понятие о фазах и фазовых переходах. Условие равновесия фаз. Классификация фазовых переходов по П. Эренфесту. Уравнение Клапейрона –Клаузиуса и его получение методом термодинамических потенциалов и методом бесконечно малых циклов.
11. Модель Ван-дер-Ваальса фазовых переходов первого рода. Правило площадей Максвелла и его физический смысл. Критическая температура и критическое состояние.
12. Зависимость энтропии идеального газа от числа частиц. Процессы смешивания для идеальных газов. Парадокс Гиббса.
13. Реакция 2-х фазной системы на внешнее возмущение. Анализ устойчивости равновесного состояния в 2-х фазной системе. Принцип Ле-Шателье.
14. Равновесие фаз в многокомпонентных системах. Правило фаз Гиббса. Тройная точка. Примеры.
15. Общее определение устойчивости термодинамического состояния. Критерии устойчивости. Метастабильные состояния в теории Ван-дер-Ваальса.
16. Третье начало термодинамики. Термодинамические коэффициенты при низких температурах.
17. Процессы вторжения. Образование и условия устойчивости зародыша новой фазы при фазовых переходах первого рода.