

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ
Отделение среднего профессионального образования

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям

по (учебной) дисциплине СОО.02.03 Физика
Специальность 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава
Форма обучения очная

Невинномысск, 2025

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физика» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Методические указания для учебной дисциплины разработаны:

Сыроватской В.И., канд. пед. наук доцент кафедры ГиМД, НТИ(филиал) СКФУ

Предисловие

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Физика» разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.01.10 Слесарь по обслуживанию и ремонту подвижного состава.

Цель данных методических указаний — формирование у обучающихся устойчивых практических навыков решения физических задач, развитие логического мышления, а также закрепление теоретических знаний через применение их к реальным и профессионально ориентированным ситуациям.

Содержание практических занятий охватывает основные разделы курса физики: механику, молекулярную физику и термодинамику, электродинамику, квантовую физику и элементы астрофизики. Каждое занятие включает задания трёх уровней сложности:

- уровень А — базовый;
- уровень В — повышенный;
- уровень С — высокий.

Такое построение позволяет реализовать дифференцированный подход к обучению и учитывать индивидуальные особенности студентов.

Задачи подобраны с учётом профессиональной направленности подготовки, что способствует формированию компетенций, необходимых будущим специалистам в области логистики.

Дополнительные графические материалы и иллюстрации направлены на визуализацию физических процессов, облегчение понимания учебного материала и развитие навыков анализа графиков и схем.

Методические указания могут использоваться как на аудиторных занятиях под руководством преподавателя, так и для самостоятельной работы студентов.

Практическое занятие №1. Расчёт кинематических характеристик движения

Уровень А

1. Автопогрузчик движется равномерно со скоростью 1,2 м/с. Какой путь он проедет за 25 с?
Ответ: 30 м.
2. Электрокар разгоняется из состояния покоя с ускорением 0,5 м/с². Какая скорость через 8 с?
Ответ: 4 м/с.
3. Тележка скатывается с горки с ускорением 0,8 м/с². Какой путь она пройдёт за первые 3 с?
Ответ: 3,6 м.
4. Лента конвейера движется со скоростью 0,6 м/с. Сколько времени потребуется, чтобы переместить груз на 12 м?
Ответ: 20 с.
5. Автомобиль тормозит с 10 м/с до полной остановки за 5 с. Найти ускорение.
Ответ: -2 м/с².
6. Мотоциклист движется равномерно по окружности радиусом 20 м со скоростью 10 м/с. Найти центростремительное ускорение.
Ответ: 5 м/с².
7. Ролик конвейера вращается с частотой 120 об/мин. Радиус ролика 0,05 м. Найти линейную скорость точки на ободе.
Ответ: 0,628 м/с.
8. Поезд метро отъезжает от станции с ускорением 0,3 м/с². Через сколько секунд его скорость станет 6 м/с?
Ответ: 20 с.
9. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 15 м/с. На какой высоте его скорость уменьшится вдвое? ($g = 10 \text{ м/с}^2$)
Ответ: 8,44 м.
10. Грузовик движется со скоростью 54 км/ч. Выразите скорость в м/с. **Ответ:** 15 м/с.

Уровень В

11. Теплоход проходит по течению 48 км за 2 ч, а против течения – 42 км за 3 ч. Найти скорость течения.
Ответ: 5 км/ч.
12. Автомобиль, двигаясь равноускоренно, за 10 с увеличил скорость с 5 до 15 м/с. Найти ускорение и пройденный путь.
Ответ: 1 м/с²; 100 м.
13. С каким ускорением должен затормозить локомотив, идущий со скоростью 72 км/ч, чтобы остановиться через 200 м?
Ответ: -1 м/с².
14. Два автомобиля выезжают одновременно из одного пункта в одном направлении. Первый – равномерно 20 м/с, второй – равноускоренно 0,5 м/с² из состояния покоя. Через сколько секунд они поравняются?
Ответ: 80 с.
15. Колесо радиусом 0,3 м делает 300 оборотов за 1 мин. Найти угловую скорость и линейную скорость точки на ободе.
Ответ: 31,4 рад/с; 9,42 м/с.
16. Тело брошено под углом 30° к горизонту со скоростью 20 м/с. Найти время полёта и дальность ($g = 10$).
Ответ: 2 с; 34,6 м.

17. Свободно падающее тело за последнюю секунду прошло 35 м. С какой высоты падало тело?

Ответ: 80 м.

18. Эскалатор метро поднимает неподвижно стоящего пассажира за 1 мин. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается за 3 мин. За какое время он поднимется на движущемся эскалаторе, идя по нему?

Ответ: 45 с.

19. Автомобиль первую половину пути ехал со скоростью 60 км/ч, вторую – 40 км/ч. Найти среднюю скорость.

Ответ: 48 км/ч.

20. Поезд длиной 240 м движется по мосту равномерно со скоростью 36 км/ч. Мост длиной 360 м. Сколько времени поезд будет проходить мост?

Ответ: 60 с.

Уровень С

21. Два тела брошены вертикально вверх с интервалом 1 с с одинаковой скоростью 20 м/с. Через сколько секунд они встретятся?

Ответ: 1,5 с.

22. Материальная точка движется по закону $x(t) = 2 + 3t - 0,5t^2$. Найти начальную скорость, ускорение, координату и скорость через 2 с.

Ответ: 3 м/с; -1 м/с^2 ; 6 м; 1 м/с.

23. Тело брошено горизонтально с высоты 45 м со скоростью 10 м/с. Найти дальность полёта и угол падения к горизонту.

Ответ: 30 м; $\approx 71,6^\circ$.

24. Шкив вращается с частотой 5 об/с. После выключения он останавливается через 20 с, вращаясь равнозамедленно. Сколько оборотов он сделал до остановки?

Ответ: 50 об.

25. С высоты 100 м свободно падает тело. Одновременно с поверхности земли бросают другое тело вертикально вверх со скоростью 30 м/с. Когда и где они встретятся?

Ответ: через 3,33 с на высоте 55,5 м.

26. Автомобиль трогается с места с ускорением 2 м/с^2 и через некоторое время начинает тормозить с ускорением 3 м/с^2 до остановки, пройдя всего 200 м. Найти максимальную скорость и время движения.

Ответ: 21,9 м/с; $\approx 18,3 \text{ с}$.

27. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями 72 и 54 км/ч. Пассажир в первом поезде замечает, что второй поезд проходит мимо него за 14 с. Какова длина второго поезда?

Ответ: 490 м.

28. Камень брошен с высоты 2 м горизонтально и упал на расстоянии 7 м от основания. С какой скоростью брошен камень?

Ответ: 11 м/с.

29. Диск радиусом 0,5 м вращается согласно уравнению $\varphi = 4t + 0,3t^2$. Найти угловую скорость, угловое ускорение и линейную скорость точки на краю через 2 с.

Ответ: 5,2 рад/с; $0,6 \text{ рад/с}^2$; 2,6 м/с.

30. Точка движется по окружности радиусом 0,2 м с постоянным тангенциальным ускорением $0,05 \text{ м/с}^2$. Через сколько времени после начала движения нормальное ускорение станет равным тангенциальному?

Ответ: 2 с.

Практическое занятие №2. Законы Ньютона и силы в механике

Уровень А

1. Тело массой 2 кг под действием силы 8 Н движется по гладкой поверхности. Найти ускорение.
Ответ: 4 м/с².
2. Груз массой 5 кг лежит на столе. Чему равна сила тяжести? ($g = 10$)
Ответ: 50 Н.
3. Пружина жёсткостью 500 Н/м растянута на 2 см. Найти силу упругости.
Ответ: 10 Н.
4. Человек массой 70 кг неподвижно стоит в лифте. Чему равен его вес? **Ответ:** 700 Н.
5. Сила 12 Н сообщает телу ускорение 3 м/с². Какова масса тела?
Ответ: 4 кг.
6. Коэффициент трения скольжения ящика о пол 0,2. Масса ящика 50 кг. Найти силу трения.
Ответ: 100 Н.
7. Тело движется равномерно под действием силы 20 Н. Чему равна сила трения?
Ответ: 20 Н.
8. На тело действуют две силы: 5 Н и 12 Н в противоположные стороны. Найти равнодействующую.
Ответ: 7 Н (в сторону большей).
9. Шарик массой 100 г падает с ускорением 9 м/с². Найти силу сопротивления воздуха.
Ответ: 0,08 Н.
10. Автомобиль массой 1 т разгоняется с ускорением 1,5 м/с². Какова сила тяги (трение 200 Н)?
Ответ: 1700 Н.

Уровень В

11. Брусok массой 2 кг тянут по столу с силой 12 Н горизонтально. Коэффициент трения 0,3. Найти ускорение.
Ответ: 3,06 м/с².
12. Два груза (2 кг и 3 кг) связаны нитью, перекинутой через блок. Найти ускорение системы и силу натяжения нити.
Ответ: 2 м/с²; 24 Н.
13. Тело скользит по наклонной плоскости с углом 30° без трения. Найти ускорение.
Ответ: 4,9 м/с².
14. Тот же угол, но коэффициент трения 0,2. Найти ускорение.
Ответ: 3,2 м/с².
15. Груз массой 10 кг поднимают на тросе с ускорением 0,5 м/с² вверх. Найти силу натяжения троса.
Ответ: 103 Н.
16. Лифт движется вниз с ускорением 1,2 м/с². Масса пассажира 60 кг. Найти вес.
Ответ: 516 Н.
17. Автомобиль массой 1200 кг движется по вогнутому мосту радиусом 50 м со скоростью 72 км/ч. Найти силу давления в нижней точке.
Ответ: 21360 Н.
18. Тело массой 0,5 кг вращается на нити длиной 0,4 м в горизонтальной плоскости с частотой 2 об/с. Найти силу натяжения.

Ответ: 31,6 Н.

19. Два тела массами 3 кг и 5 кг лежат на гладкой горизонтальной поверхности и связаны пружиной. К первому приложена сила 40 Н. Найти ускорение системы и силу упругости пружины.

Ответ: 5 м/с²; 25 Н.

20. Санки массой 10 кг скатываются с горки длиной 20 м, высотой 5 м. Коэффициент трения 0,1. Найти скорость у подножия. **Ответ:** 9,4 м/с.

Уровень С

21. Система из двух брусков ($m_1 = 1$ кг на столе, $m_2 = 0,5$ кг свисает) через блок. Коэффициент трения стола 0,2. Найти ускорение.

Ответ: 2,18 м/с².

22. Тело массой 1 кг лежит на наклонной плоскости с углом 45°. Коэффициент трения 0,4. Какую горизонтальную силу нужно приложить, чтобы тело двигалось равномерно вверх?

Ответ: $\approx 16,8$ Н.

23. Два груза (3 и 2 кг) перекинуты через блок, причём второй лежит на наклонной плоскости 30° с коэффициентом трения 0,2. Найти ускорение.

Ответ: 2,17 м/с².

24. Автомобиль массой 1,5 т движется по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/ч и тормозит до остановки за 5 с. Найти силу торможения.

Ответ: 6000 Н.

25. К потолку лифта на пружине жёсткостью 100 Н/м подвешен груз массой 1 кг. Лифт начинает подниматься с ускорением 2 м/с². Найти удлинение пружины.

Ответ: 0,118 м.

26. Три бруска (1, 2, 3 кг) связаны нитями, к первому приложена сила 30 Н. Найти натяжения нитей (трения нет).

Ответ: $T_{12} = 25$ Н, $T_{23} = 15$ Н.

27. Цепочка массой 0,5 кг и длиной 1 м лежит на столе, свешиваясь на 0,2 м. Найти скорость, с которой цепочка соскользнёт со стола (трения нет).

Ответ: $\approx 1,26$ м/с.

28. Шарик массой 50 г, привязанный к нити длиной 1 м, вращается в вертикальной плоскости. В нижней точке сила натяжения 2,5 Н. Найти скорость в верхней точке.

Ответ: 4,24 м/с.

29. Клин с углом 30° и массой 2 кг стоит на гладком столе. На клин положили брусок массой 0,5 кг. Трение между бруском и клином отсутствует. Найти ускорение клина.

Ответ: 1,44 м/с².

30. Человек массой 70 кг поднимается по верёвочной лестнице, привязанной к воздушному шару массой 30 кг. С какой скоростью поднимается человек относительно земли, если лестница неподвижна относительно шара, а шар поднимается с ускорением 0,2 м/с²?

Ответ: $\approx 0,48$ м/с² (относительное ускорение).

Практическое занятие №3. Законы сохранения импульса и энергии

Уровень А

1. Импульс тела массой 4 кг равен 20 кг·м/с. Найти скорость.

Ответ: 5 м/с.

2. Кинетическая энергия автомобиля массой 1000 кг при скорости 10 м/с.

Ответ: 50 000 Дж.

3. Тело массой 2 кг подняли на 3 м. Найти потенциальную энергию.

Ответ: 60 Дж.

4. Мальчик массой 40 кг бежит со скоростью 3 м/с и запрыгивает на неподвижную тележку массой 20 кг. Найти скорость тележки с мальчиком.

Ответ: 2 м/с.

5. Ракета массой 2 т выбрасывает 50 кг газов со скоростью 800 м/с. Найти скорость ракеты.

Ответ: 20 м/с.

6. Шар массой 1 кг движется со скоростью 4 м/с и сталкивается с неподвижным шаром массой 3 кг. Удар неупругий. Найти скорость после удара.

Ответ: 1 м/с.

7. Какую работу совершает сила 50 Н на пути 8 м?

Ответ: 400 Дж.

8. Мощность двигателя 5 кВт. Какую работу он совершит за 30 с?

Ответ: 150 000 Дж.

9. Тело падает с высоты 10 м. Найти скорость в момент удара о землю (без учёта сопротивления).

Ответ: 14 м/с.

10. Пружину жёсткостью 200 Н/м сжали на 0,05 м. Найти потенциальную энергию пружины.

Ответ: 0,25 Дж.

Уровень В

11. Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,5 м/с, сцепляется с неподвижным вагоном массой 30 т. Найти скорость после сцепки и потерю кинетической энергии.

Ответ: 0,2 м/с; потеря 1500 Дж.

12. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в деревянный брусок массой 2 кг, лежащий на льду, и застревает. Найти скорость бруска.

Ответ: 1,99 м/с.

13. Тело массой 1 кг брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Найти максимальную высоту и работу силы тяжести за всё время полёта.

Ответ: 20 м; работа 0.

14. Человек массой 70 кг прыгает с неподвижной лодки массой 140 кг со скоростью 2 м/с относительно лодки. Найти скорость лодки.

Ответ: 0,67 м/с (противоположно).

15. Снаряд массой 20 кг, летящий горизонтально со скоростью 500 м/с, разрывается на два осколка массами 5 и 15 кг. Скорость меньшего осколка 800 м/с в том же направлении. Найти скорость большего.

Ответ: 400 м/с.

16. Шар массой 2 кг, движущийся со скоростью 3 м/с, упруго ударяется о неподвижный шар массой 1 кг. Найти скорости после удара.

Ответ: 1 м/с и 4 м/с.

17. Тело соскальзывает с высоты 5 м по наклонной плоскости длиной 10 м. Коэффициент трения 0,2. Найти скорость внизу.

Ответ: 7,2 м/с.

18. Груз массой 0,5 кг привязан к нити длиной 1 м и вращается в вертикальной плоскости. В нижней точке скорость 6 м/с. Найти силу натяжения в нижней точке.

Ответ: 23 Н.

19. Пружинный пистолет стреляет шариком массой 10 г. Жёсткость пружины 200 Н/м, сжатие 5 см. Найти скорость вылета.

Ответ: 7,07 м/с.

20. Автомобиль массой 1 т разгоняется из состояния покоя до 20 м/с за 10 с. Найти среднюю мощность двигателя (без потерь).

Ответ: 20 кВт.

Уровень С

21. Шар массой 2 кг налетает со скоростью 4 м/с на покоящийся шар массой 3 кг. Удар центральный, абсолютно упругий. Найти скорости после удара.

Ответ: -0,8 м/с и 3,2 м/с.

22. Два шара массами 1 кг и 2 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 5 м/с и 4 м/с. Происходит неупругий удар. Найти количество выделившегося тепла.

Ответ: 54 Дж.

23. Ракета стартует вертикально вверх. Масса оболочки 200 кг, топлива 100 кг. Скорость истечения газов 1 км/с. Найти скорость ракеты после сгорания всего топлива (без учёта силы тяжести).

Ответ: 405 м/с.

24. Груз массой 1 кг подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м. Груз поднимают так, чтобы пружина была нерастянута, и отпускают. Найти максимальное растяжение пружины.

Ответ: 0,196 м.

25. Тело массой 0,2 кг брошено под углом 45° к горизонту со скоростью 20 м/с. Найти изменение импульса за время полёта.

Ответ: 5,66 кг·м/с (вниз).

26. Пуля массой 10 г пробивает доску толщиной 5 см, при этом её скорость уменьшается с 400 до 200 м/с. Найти среднюю силу сопротивления.

Ответ: 12 000 Н.

27. Небольшое тело скользит по гладкой сферической поверхности радиусом 1 м. На какой высоте оно оторвётся от поверхности, если начало движение из верхней точки?

Ответ: 0,667 м.

28. Два одинаковых шара подвешены на нитях длиной 1 м в одной точке. Один отклонили на 60° и отпустили. Найти высоту подъёма после абсолютно упругого удара.

Ответ: 0,25 м.

29. Конькобежец массой 60 кг, стоя на льду, бросает камень массой 2 кг горизонтально со скоростью 10 м/с. Камень ударяется о стену и возвращается с той же скоростью. Какую скорость приобретёт конькобежец после того, как поймает камень?

Ответ: 0,645 м/с.

30. Цепь длиной 2 м и массой 1 кг лежит на гладком столе, свешиваясь на 0,5 м. Какую работу нужно совершить, чтобы втянуть всю цепь на стол?

Ответ: 0,6125 Дж.

Практическое занятие №4. Анализ газовых законов и изопроцессов

Уровень А

1. При постоянной температуре объём газа увеличили с 2 до 4 л. Давление было 300 кПа. Каким стало давление?

Ответ: 150 кПа.

2. Газ нагрели изобарно от 27°C до 127°C . Начальный объём 3 л. Найти конечный объём.

Ответ: 4 л.

3. Баллон с газом нагрели от 10°C до 30°C при постоянном объёме. Начальное давление 200 кПа. Найти конечное давление.

Ответ: 214,1 кПа.

4. Какой объём займёт газ при 0°C , если при 100°C он занимал 5 л (давление постоянно)?

Ответ: 3,66 л.

5. Газ в сосуде сжали изотермически от 0,05 до 0,02 м³. Давление стало 400 кПа. Найти начальное давление.

Ответ: 160 кПа.

6. При температуре 300 К давление газа 100 кПа. Каким станет давление при 450 К в том же объёме?

Ответ: 150 кПа.

7. Идеальный газ занимает 2 м³ при давлении 150 кПа. Какова температура, если количество вещества 100 моль? ($R = 8,31$)

Ответ: 361 К.

8. Построить изохору для 1 моль газа при объёме 0,02 м³ (две точки – при 200 К и 400 К).

Ответ: $p_1 = 83,1$ кПа, $p_2 = 166,2$ кПа.

9. Газ изобарно расширился, совершив работу 200 Дж. Давление 100 кПа. Найти изменение объёма.

Ответ: 0,002 м³.

10. При изотермическом сжатии объём уменьшился в 3 раза. Во сколько раз увеличилось давление?

Ответ: в 3 раза.

Уровень В

11. В сосуде объёмом 10 л находится газ под давлением 150 кПа при 20°C . Какой объём займёт этот газ при нормальных условиях (0°C , 101,3 кПа)?

Ответ: 13,8 л.

12. Газ занимает объём 5 л при 27°C и давлении 200 кПа. При нагревании до 127°C его объём увеличился до 6 л. Найти конечное давление.

Ответ: 222,2 кПа.

13. В баллоне вместимостью 0,05 м³ находится газ под давлением 1,2 МПа при 25°C . После откачки давление снизилось до 0,8 МПа, а температура до 15°C . Какая масса газа удалена? Молярная масса 28 г/моль.

Ответ: 0,236 кг.

14. Постройте изотерму для 0,5 моль идеального газа при $T = 400$ К для объёмов 0,005; 0,01; 0,02 м³.

Ответ: $p_1 = 332,4$ кПа, $p_2 = 166,2$ кПа, $p_3 = 83,1$ кПа.

15. Газ, занимавший объём 10 л при 0°C , нагрели до 100°C при постоянном давлении. Найти работу расширения (давление 100 кПа).

Ответ: 366 Дж.

16. В цилиндре под поршнем находится газ при 300 К. Расстояние от поршня до дна 0,2 м. Газ нагревают до 400 К, поршень может двигаться без трения. На какое расстояние переместится поршень?

Ответ: 0,0667 м.

17. Газ в сосуде сжали изотермически, совершив над ним работу 500 Дж. Какое количество теплоты отдал газ?

Ответ: 500 Дж.

18. В баллоне объёмом 0,04 м³ при 20°C находится газ под давлением $5 \cdot 10^5$ Па. Какое количество вещества в баллоне?

Ответ: 8,2 моль.

19. При изохорном охлаждении давление газа уменьшилось с 200 до 150 кПа, а температура понизилась на 50 К. Найти начальную температуру.

Ответ: 200 К.

20. Газ расширяется изобарно от 0,01 до 0,03 м³, давление 300 кПа. Найти работу газа и изменение внутренней энергии, если газу передано 8 кДж теплоты.

Ответ: $A = 6000$ Дж, $\Delta U = 2000$ Дж.

Уровень С

21. Смесь газов состоит из 2 г водорода и 4 г гелия. Найти молярную массу смеси и давление при температуре 300 К в объёме 0,05 м³.

Ответ: $M = 3,33$ г/моль; $p = 498,6$ кПа.

22. Газ переходит из состояния 1 ($p_1 = 100$ кПа, $V_1 = 0,02$ м³) в состояние 2 ($p_2 = 200$ кПа, $V_2 = 0,04$ м³) сначала изобарно, затем изохорно. Найти работу газа за весь процесс.

Ответ: 6000 Дж.

23. Идеальный одноатомный газ в количестве 2 моль сначала изобарно нагрели от 300 до 400 К, затем изохорно охладили до 350 К. Найти общее количество теплоты, полученное газом.

Ответ: 2908,5 Дж.

24. В сосуде объёмом 0,01 м³ находится влажный воздух при 30°C. Давление насыщенного пара при 30°C – 4,24 кПа. Относительная влажность 60%. Найти парциальное давление водяного пара и массу воды в воздухе.

Ответ: $p = 2,544$ кПа; $m = 0,185$ г.

25. Газ в количестве 1 моль расширяется по закону $pV^2 = \text{const}$ от $V_1 = 0,01$ м³ до $V_2 = 0,02$ м³, начальное давление 200 кПа. Найти работу газа.

Ответ: 2000 Дж.

26. В вертикальном цилиндре под поршнем массой 10 кг и площадью 0,005 м² находится газ. Атмосферное давление 100 кПа. Газ нагревают, поршень поднимается на 0,1 м. Найти работу газа.

Ответ: 59,05 Дж.

27. Теплоизолированный сосуд разделён перегородкой на две равные части ($V = 0,01$ м³ каждая). В одной части – 1 моль гелия при 300 К, в другой – вакуум. Перегородку убирают. Найти конечную температуру и изменение внутренней энергии.

Ответ: $T = 300$ К, $\Delta U = 0$.

28. Газ расширяется так, что его давление меняется по закону $p = a/V$, где $a = 100$ Дж. Начальный объём 0,1 м³, конечный 0,2 м³. Найти работу газа.

Ответ: 69,3 Дж.

29. В сосуде объёмом 0,02 м³ находится газ при давлении 400 кПа и температуре 27°C. Газ выпускают через клапан, пока давление не упадёт до 200 кПа, а температура не станет 17°C. Какая масса газа вышла? $M = 29$ г/моль.

Ответ: 28,6 г.

30. Два сосуда объёмом 2 л и 3 л соединены трубкой с краном. В первом – азот под давлением 200 кПа, во втором – кислород под давлением 300 кПа, температура одинакова. Кран открывают. Найти парциальные давления и общее давление.

Ответ: $p(\text{N}_2) = 80$ кПа, $p(\text{O}_2) = 180$ кПа, $p = 260$ кПа.

Практическое занятие №5. Расчёт тепловых процессов: работа газа, внутренняя энергия, КПД

Уровень А

1. Газ при постоянном давлении 200 кПа расширился, совершив работу 800 Дж. Найти изменение объёма газа.

Ответ: 0,004 м³.

2. Одноатомному идеальному газу передано 1000 Дж теплоты, и он совершил работу 300 Дж. Найти изменение внутренней энергии.

Ответ: 700 Дж.

3. Тепловой двигатель получает от нагревателя 1200 Дж и отдаёт холодильнику 800 Дж. Найти КПД.

Ответ: 33,3%.

4. Газ изобарно расширяется при давлении 300 кПа, его объём увеличивается на 0,02 м³. Найти работу газа.

Ответ: 6000 Дж.

5. Внутренняя энергия газа увеличилась на 400 Дж, при этом газ совершил работу 200 Дж. Какое количество теплоты получил газ?

Ответ: 600 Дж.

6. Идеальная тепловая машина имеет КПД 40%. Температура холодильника 300 К. Найти температуру нагревателя.

Ответ: 500 К.

7. При изохорном процессе газ получил 800 Дж теплоты. Как изменилась его внутренняя энергия?

Ответ: увеличилась на 800 Дж.

8. Газ расширяется адиабатно, совершая работу 500 Дж. Найти изменение внутренней энергии.

Ответ: уменьшилась на 500 Дж.

9. КПД теплового двигателя 25%, полезная работа 1000 Дж. Найти количество теплоты, полученное от нагревателя.

Ответ: 4000 Дж.

10. При изобарном нагревании газ совершил работу 300 Дж. Давление газа 150 кПа. Найти изменение объёма.

Ответ: 0,002 м³.

Уровень В

11. Идеальный одноатомный газ в количестве 2 моль изобарно нагрели от 300 К до 400 К. Найти работу газа, изменение внутренней энергии и количество теплоты. ($R = 8,31$)

Ответ: $A = 1662$ Дж, $\Delta U = 2493$ Дж, $Q = 4155$ Дж.

12. Тепловая машина работает по циклу Карно. Температура нагревателя 500 К, холодильника 300 К. За один цикл машина получает 2000 Дж от нагревателя. Найти КПД, работу за цикл и теплоту, отданную холодильнику.

Ответ: $\eta = 40\%$, $A = 800$ Дж, $Q_2 = 1200$ Дж.

13. Газ расширяется от объёма 0,01 м³ до 0,03 м³ при давлении 200 кПа. Затем его изохорно охлаждают, уменьшая давление до 100 кПа. Найти работу газа за весь процесс.

Ответ: 4000 Дж.

14. В цилиндре под поршнем находится газ при давлении 150 кПа и температуре 300 К. Газ нагревают изобарно до 450 К, затем изохорно охлаждают до 300 К. Начальный объём 0,02 м³. Найти работу газа и количество теплоты, полученное на каждом участке (для одноатомного газа).

Ответ: $A_{12} = 1500$ Дж, $Q_{12} = 5250$ Дж; $Q_{23} = -3000$ Дж.

15. Двигатель внутреннего сгорания имеет КПД 30%. При сгорании топлива выделяется 30 МДж теплоты. Какую полезную работу совершает двигатель?

Ответ: 9 МДж.

16. Газ совершает цикл, состоящий из изотермического расширения (300 К), изохорного охлаждения до 200 К и изобарного сжатия до начального объёма. Найти КПД цикла, если объём в конце изотермы в 2 раза больше начального.

Ответ: $\approx 13,4\%$.

17. При адиабатном расширении 1 моль одноатомного газа его температура понизилась с 400 К до 300 К. Найти работу, совершённую газом.

Ответ: 1246,5 Дж.

18. Тепловая машина за цикл получает от нагревателя 800 Дж, а отдаёт холодильнику 600 Дж. Найти КПД. Если температуру нагревателя увеличить на 20%, а холодильника оставить прежней, на сколько процентов изменится КПД?

Ответ: $\eta = 25\%$; увеличится на 6,25%.

19. Газ, занимающий объём 0,02 м³ при давлении 400 кПа, изотермически расширяется до объёма 0,05 м³. Найти работу газа.

Ответ: 7320 Дж.

20. Водяной пар массой 0,5 кг при 100°C конденсируется, а затем образовавшаяся вода охлаждается до 20°C. Найти общее количество выделившейся теплоты. ($L = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, $c = 4200$ Дж/(кг·К))

Ответ: 1,318 МДж.

Уровень С

21. Идеальный одноатомный газ в количестве 3 моль совершает цикл: изобарное расширение от $V_1 = 0,02$ м³ до $V_2 = 0,04$ м³ при $p_1 = 200$ кПа, затем изохорное охлаждение до $p_3 = 100$ кПа, затем изобарное сжатие до $V_4 = 0,02$ м³ и изохорное нагревание до начального состояния. Найти КПД цикла.

Ответ: $\approx 12,5\%$.

22. Тепловой двигатель работает по циклу, состоящему из адиабаты, изобары и изохоры. Параметры в начальной точке: $p_1 = 100$ кПа, $V_1 = 0,01$ м³, $T_1 = 300$ К. После адиабатного расширения объём становится 0,02 м³, затем изобарное сжатие до 0,01 м³ и изохорное нагревание. Найти КПД (газ одноатомный).

Ответ: $\approx 9,7\%$.

23. Холодильная машина работает по обратному циклу Карно. Температура в морозильной камере -10°C , температура радиатора $+27^\circ\text{C}$. Какая работа требуется для отвода 1000 Дж теплоты из морозильной камеры?

Ответ: 143 Дж.

24. Газ ($\nu=1$ моль) расширяется по закону $pV^3 = \text{const}$ от $V_1 = 0,01$ м³ до $V_2 = 0,02$ м³. Начальное давление 200 кПа. Найти работу газа.

Ответ: 500 Дж.

25. В цилиндре под поршнем находится 0,5 моль идеального газа. Газ нагревают так, что его объём увеличивается пропорционально квадрату абсолютной температуры: $V = kT^2$. Начальная температура 300 К, конечная 600 К. Найти работу газа.

Ответ: 3739 Дж.

26. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух изохор. Температуры нагревателя и холодильника 500 К и 300 К. Объёмы в начале и конце изотермического расширения: 0,01 м³ и 0,02 м³. Количество вещества 1 моль. Найти КПД и работу за цикл.

Ответ: $\eta = 40\%$, $A = 1150$ Дж.

27. Азот массой 0,2 кг расширяется адиабатно, совершая работу 30 кДж. Начальная температура 400 К. Найти конечную температуру. ($M = 28$ г/моль, $C_V = 5R/2$)

Ответ: 296 К.

28. В сосуде объёмом $0,02 \text{ м}^3$ находится газ при давлении 500 кПа и температуре 300 К . Газ выпускают через маленькое отверстие, пока давление не упадёт до 200 кПа , причём процесс можно считать адиабатным (для газа $\gamma = 1,4$). Найти конечную температуру и массу оставшегося газа.

Ответ: $T_2 = 230 \text{ К}$, $m_2 \approx 0,6m_1$.

29. Тепловой насос (обратный цикл Карно) поддерживает в доме температуру 22°С при уличной температуре -5°С . Мощность компрессора 5 кВт . Какое количество теплоты передаётся дому за 1 час?

Ответ: $22,3 \text{ МДж}$.

30. Газ ($\nu=2$ моль) совершает цикл, состоящий из изотермического расширения (300 К , объём увеличивается в 3 раза), изохорного нагревания до 450 К и изобарного сжатия до начального объёма. Найти КПД цикла.

Ответ: $\approx 10,6\%$.

Практическое занятие №6. Определение влажности воздуха, парообразование, плавление

Уровень А

1. При температуре 20°С абсолютная влажность воздуха 10 г/м^3 , а плотность насыщенного пара $17,3 \text{ г/м}^3$. Найти относительную влажность.

Ответ: $57,8\%$.

2. Сколько теплоты нужно, чтобы превратить 2 кг воды при 100°С в пар? ($L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$)

Ответ: $4,6 \text{ МДж}$.

3. Для плавления 5 кг льда при 0°С затрачено $1,66 \text{ МДж}$. Найти удельную теплоту плавления льда.

Ответ: 332 кДж/кг .

4. Сколько тепла выделится при конденсации $0,5 \text{ кг}$ водяного пара при 100°С ?

Ответ: $1,15 \text{ МДж}$.

5. Влажность воздуха 80% , температура 20°С . Плотность насыщенного пара при 20°С – $17,3 \text{ г/м}^3$. Найти абсолютную влажность.

Ответ: $13,84 \text{ г/м}^3$.

6. Какое количество теплоты необходимо для нагревания 2 кг воды от 10°С до кипения? ($c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$)

Ответ: 756 кДж .

7. Для испарения 100 г эфира потребовалось 38 кДж теплоты. Найти удельную теплоту парообразования эфира.

Ответ: 380 кДж/кг .

8. Какая масса льда при 0°С расплавится, если ей сообщить $33,2 \text{ кДж}$ теплоты? ($\lambda = 332 \text{ кДж/кг}$)

Ответ: $0,1 \text{ кг}$.

9. Относительная влажность вечером при 16°С равна 70% . Выпадет ли роса, если ночью температура понизится до 10°С ? (Давление насыщенного пара при 10°С – $1,23 \text{ кПа}$, при 16°С – $1,81 \text{ кПа}$)

Ответ: $\varphi = 70\% \rightarrow p = 1,27 \text{ кПа} > 1,23 \text{ кПа} \rightarrow$ роса выпадет.

10. Какая энергия выделится при кристаллизации 1 кг олова, взятого при температуре плавления? ($\lambda = 60 \text{ кДж/кг}$)

Ответ: 60 кДж .

Уровень В

11. В комнате объёмом 60 м^3 при 22°C относительная влажность 60% . Найти массу водяного пара в комнате. Давление насыщенного пара при 22°C – $2,64 \text{ кПа}$.

Ответ: $0,77 \text{ кг}$.

12. Для приготовления чая в стакан положили 10 г льда при 0°C и налили 200 г воды при 90°C . Какая температура установится? Теплоёмкостью стакана пренебречь.

Ответ: $78,5^\circ\text{C}$.

13. Сколько теплоты потребуется, чтобы превратить 200 г льда, взятого при -10°C , в пар при 100°C ? ($c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, $\lambda = 332 \text{ кДж/кг}$, $c_{\text{в}} = 4200$, $L = 2,3 \text{ МДж/кг}$)

Ответ: 612 кДж .

14. Влажный термометр психрометра показывает 15°C , сухой – 20°C . Найти относительную влажность (используя психрометрическую таблицу).

Ответ: $\approx 59\%$.

15. В калориметр, содержащий 500 г воды при 20°C , впускают 100 г водяного пара при 100°C . Какая температура установится?

Ответ: $72,4^\circ\text{C}$.

16. Определить массу льда, который можно получить из 5 кг воды при 10°C , если отвести 2 МДж теплоты. (Температура замерзания 0°C)

Ответ: $3,67 \text{ кг}$.

17. Относительная влажность воздуха в комнате 40% , температура 24°C . Давление насыщенного пара при 24°C – $2,98 \text{ кПа}$. Найти точку росы.

Ответ: $\approx 9,5^\circ\text{C}$.

18. Сколько теплоты выделится при конденсации 50 г водяного пара при 100°C и последующем охлаждении полученной воды до 40°C ?

Ответ: 128 кДж .

19. Для охлаждения 2 кг воды от 30°C до 10°C в неё бросают лёд при 0°C . Сколько льда потребуется?

Ответ: $0,48 \text{ кг}$.

20. В сосуде находится смесь воды и льда при 0°C . Масса воды $0,5 \text{ кг}$, льда $0,2 \text{ кг}$. В сосуд впускают 50 г пара при 100°C . Какая температура установится? **Ответ:** $18,3^\circ\text{C}$.

Уровень С

21. В комнате объёмом 50 м^3 при 18°C относительная влажность 50% . Сколько воды нужно испарить, чтобы повысить влажность до 70% , если температура постоянна? Давление насыщенного пара при 18°C – $2,06 \text{ кПа}$.

Ответ: $21,3 \text{ г}$.

22. Лёд массой $0,5 \text{ кг}$ при -10°C поместили в калориметр, содержащий 1 кг воды при 60°C . Теплоёмкость калориметра 200 Дж/К . Найти конечную температуру.

Ответ: $21,2^\circ\text{C}$.

23. Пар массой 200 г при 100°C впускают в лёд массой 1 кг при 0°C . Найти конечное состояние системы (массу льда и воды).

Ответ: весь лёд растает, вода при 100°C ($0,2 \text{ кг}$ пара сконденсируется, вода станет $1,2 \text{ кг}$ при 100°C).

24. Определить относительную влажность воздуха, если показания сухого и влажного термометров 25°C и 20°C . Давление насыщенного пара при 20°C – $2,34 \text{ кПа}$, при 25°C – $3,17 \text{ кПа}$. (Психрометрическая формула: $p = p_{\text{нас}}(t_{\text{вл}}) - Ap_0(t_{\text{с}} - t_{\text{вл}})$, $A \approx 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$, $p_0 = 101,3 \text{ кПа}$)

Ответ: $\varphi \approx 62\%$.

25. В калориметр, содержащий 200 г льда при -5°C , вливают 100 г воды при 80°C . Теплоёмкость калориметра 50 Дж/К. Что будет в калориметре?

Ответ: лёд не растает полностью, конечная температура 0°C , масса льда $\approx 0,227$ кг.

26. Сколько нужно сжечь керосина, чтобы превратить 10 кг льда при -20°C в пар при 100°C ? КПД нагревателя 40%. ($q_{\text{кер}} = 46$ МДж/кг)

Ответ: 1,61 кг.

27. В комнате объёмом 75 м^3 при 20°C относительная влажность 80%. Температуру повысили до 25°C . Какая стала относительная влажность? Давление насыщенного пара при $20^{\circ}\text{C} - 2,34$ кПа, при $25^{\circ}\text{C} - 3,17$ кПа.

Ответ: $\varphi_2 = 59\%$.

28. Лёд массой 0,5 кг при 0°C опускают в 1 кг воды при 90°C . После установления теплового равновесия температура воды стала 40°C . Найти теплоёмкость калориметра.

Ответ: 105 Дж/К.

29. Влажный воздух при 30°C и относительной влажности 70% охлаждают до 15°C . Какая масса воды сконденсируется из 1 м^3 воздуха? Давление насыщенного пара при $30^{\circ}\text{C} - 4,24$ кПа, при $15^{\circ}\text{C} - 1,71$ кПа.

Ответ: 0,0147 кг.

30. В калориметр, содержащий 100 г льда при 0°C , вливают 200 г воды при 50°C . После таяния льда температура воды стала 10°C . Найти удельную теплоту плавления льда.

Ответ: $\lambda \approx 314$ кДж/кг.

Практическое занятие №7. Расчёт напряжённости и потенциала электростатического поля. Конденсаторы

Уровень А

1. Точечный заряд 4 нКл находится в вакууме. Найти напряжённость поля на расстоянии 0,1 м.

Ответ: 3600 Н/Кл.

2. Потенциал поля на расстоянии 0,5 м от заряда равен 180 В. Найти величину заряда.

Ответ: 10 нКл.

3. Площадь пластин конденсатора $0,02\text{ м}^2$, расстояние между ними 1 мм, диэлектрик – воздух ($\epsilon = 1$). Найти ёмкость.

Ответ: 177 пФ.

4. Конденсатор ёмкостью 100 мкФ заряжен до напряжения 50 В. Найти энергию поля.

Ответ: 0,125 Дж.

5. Между двумя пластинами, расположенными на расстоянии 2 см, разность потенциалов 400 В. Найти напряжённость поля.

Ответ: 20 кВ/м.

6. Два точечных заряда по 10 нКл каждый находятся на расстоянии 0,2 м. Найти силу их взаимодействия.

Ответ: $2,25 \cdot 10^{-5}$ Н.

7. Как изменится ёмкость плоского конденсатора, если расстояние между пластинами увеличить в 3 раза?

Ответ: уменьшится в 3 раза.

8. Заряд конденсатора 2 мКл, напряжение 100 В. Найти ёмкость.

Ответ: 20 нФ.

9. Найти потенциал поля точечного заряда 5 нКл на расстоянии 0,2 м.

Ответ: 225 В.

10. Два конденсатора ёмкостью 10 мкФ и 20 мкФ соединены последовательно. Найти общую ёмкость.

Ответ: 6,67 мкФ.

Уровень В

11. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $q_1 = +2$ нКл и $q_2 = -2$ нКл на расстоянии 0,2 м друг от друга. Найти напряжённость поля в точке, лежащей посередине между зарядами.

Ответ: 3600 Н/Кл (в сторону отрицательного).

12. Плоский воздушный конденсатор ёмкостью 20 пФ зарядили до напряжения 100 В, затем отключили от источника и заполнили диэлектриком с $\varepsilon = 5$. Найти новое напряжение и энергию конденсатора.

Ответ: 20 В; $2 \cdot 10^{-8}$ Дж.

13. Конденсатор ёмкостью 50 мкФ заряжен до 200 В. Его соединяют параллельно с незаряженным конденсатором ёмкостью 30 мкФ. Найти напряжение на батарее и энергию, перешедшую в тепло.

Ответ: 125 В; 0,1875 Дж.

14. Заряд 5 нКл перемещается в электростатическом поле из точки с потенциалом 300 В в точку с потенциалом 100 В. Найти работу поля.

Ответ: 10^{-6} Дж.

15. Электрон влетает в однородное электростатическое поле с напряжённостью 1000 В/м вдоль силовых линий со скоростью 10^6 м/с. Какое расстояние пролетит электрон до остановки? ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)

Ответ: 2,84 мм.

16. Две металлические пластины площадью 0,01 м² каждая расположены на расстоянии 5 мм. Между ними – слюда ($\varepsilon = 7$). Конденсатор заряжен до 500 В. Найти ёмкость, заряд и энергию.

Ответ: $C = 124$ пФ, $q = 62$ нКл, $W = 1,55 \cdot 10^{-5}$ Дж.

17. Найти напряжённость поля, создаваемого сферой радиусом 0,1 м с зарядом 1 мКл на расстоянии 0,05 м от центра и на расстоянии 0,2 м от центра.

Ответ: 0 (внутри); $2,25 \cdot 10^5$ Н/Кл.

18. Конденсаторы ёмкостью 10, 20 и 30 мкФ соединены последовательно. Напряжение на батарее 100 В. Найти заряд каждого конденсатора и напряжение на каждом.

Ответ: $q = 5,45 \cdot 10^{-4}$ Кл; $U_1 = 54,5$ В, $U_2 = 27,3$ В, $U_3 = 18,2$ В.

19. Работа по переносу заряда 2 мКл между двумя точками поля равна $4 \cdot 10^{-5}$ Дж. Найти разность потенциалов между этими точками.

Ответ: 20 В.

20. В однородном поле с напряжённостью 500 В/м перемещают заряд 10 нКл вдоль силовой линии на 5 см. Найти работу поля.

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-7}$ Дж.

Уровень С

21. Электрическое поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10^{-6}$ Кл/м². На расстоянии 0,1 м от плоскости находится точечный заряд $q = 2$ нКл. Найти силу, действующую на точечный заряд.

Ответ: $1,13 \cdot 10^{-4}$ Н.

22. Конденсатор ёмкостью 100 мкФ заряжен до 100 В и отключён от источника. Затем его соединяют параллельно с незаряженным конденсатором неизвестной ёмкости. После перераспределения зарядов напряжение стало 40 В. Найти ёмкость второго конденсатора и потерю энергии.

Ответ: $C_2 = 150$ мкФ; $\Delta W = 0,15$ Дж.

23. Два точечных заряда q и $-2q$ находятся на расстоянии d друг от друга. Найти точку на прямой, проходящей через заряды, в которой напряжённость поля равна нулю.

Ответ: на расстоянии $d(\sqrt{2} + 1)$ за меньшим зарядом (со стороны $-2q$).

24. Металлический шар радиусом 5 см имеет заряд 20 нКл. Шар окружён концентрической металлической оболочкой радиусом 10 см, заземлённой. Найти напряжённость поля в точках на расстояниях 3 см, 8 см и 15 см от центра.

Ответ: $E = 0$ (внутри шара); $E = 2,81 \cdot 10^4$ Н/Кл (между); $E = 8 \cdot 10^3$ Н/Кл (снаружи оболочки).

25. Электрон, пройдя разность потенциалов 1000 В, влетает в однородное электростатическое поле, направленное противоположно его скорости. Напряжённость поля 500 В/м. На какое расстояние проникнет электрон до остановки?

Ответ: 2 м.

26. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком с $\varepsilon = 3$ и подключён к источнику 200 В. Затем его отключают и удаляют диэлектрик. Найти новое напряжение и изменение энергии. Площадь пластин $0,01$ м², расстояние 1 мм.

Ответ: $U_2 = 600$ В; $\Delta W = 1,06 \cdot 10^{-5}$ Дж.

27. Два маленьких шарика массой по 0,1 г подвешены на нитях длиной 0,5 м в одной точке. После сообщения одинаковых зарядов они разошлись так, что нити образовали угол 60° . Найти заряд каждого шарика.

Ответ: $q \approx 1,8 \cdot 10^{-7}$ Кл.

28. В вершинах квадрата со стороной 0,1 м находятся одинаковые положительные заряды по 1 нКл. Найти напряжённость и потенциал в центре квадрата.

Ответ: $E = 0$, $\varphi = 509$ В.

29. Конденсатор ёмкостью 20 мкФ заряжен до 300 В и отключён. К нему подключают катушку индуктивности (идеальную). Найти максимальный ток в катушке, если $L = 0,1$ Гн. **Ответ:** 0,424 А.

30. Между пластинами плоского конденсатора (расстояние 1 см) находится в равновесии капля масла массой 10^{-8} г, несущая заряд 2 электрона. Найти напряжение на конденсаторе. **Ответ:** 306 В.

Практическое занятие №8. Расчёт электрических цепей с последовательным и параллельным соединением (законы Ома, Джоуля–Ленца)

Уровень А

1. Два резистора 10 Ом и 15 Ом соединены последовательно. Напряжение на первом резисторе 20 В. Найти ток в цепи и общее напряжение. **Ответ:** 2 А; 50 В.

2. Резисторы 6 Ом и 12 Ом соединены параллельно. Найти общее сопротивление. **Ответ:** 4 Ом.

3. Через резистор сопротивлением 50 Ом протекает ток 0,2 А. Найти напряжение. **Ответ:** 10 В.

4. Электрический утюг сопротивлением 40 Ом работает при напряжении 220 В в течение 5 минут. Найти количество теплоты.

Ответ: 363 кДж.

5. В узел входят токи 2 А, 3 А и выходят 4 А и I . Найти I . **Ответ:** 1 А.

6. Четыре резистора по 20 Ом соединены параллельно. Найти общее сопротивление.

Ответ: 5 Ом.

7. Лампочка сопротивлением 100 Ом включена в сеть 220 В. Найти мощность лампочки.

Ответ: 484 Вт.

8. Два резистора 30 Ом и 60 Ом соединены последовательно. Напряжение на всей цепи 90 В. Найти ток и напряжение на каждом.

Ответ: 1 А; 30 В и 60 В.

9. К источнику с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключена нагрузка 5 Ом. Найти ток в цепи и напряжение на нагрузке. **Ответ:** 2 А; 10 В.

10. Какое количество теплоты выделится в резисторе 10 Ом за 10 с при токе 2 А?

Ответ: 400 Дж.

Уровень В

11. Три резистора: 4 Ом, 6 Ом и 12 Ом соединены параллельно. Найти общее сопротивление и токи в каждом, если общий ток 6 А.

Ответ: $R_{\text{общ}} = 2 \text{ Ом}$; $I_1 = 3 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 1 \text{ А}$.

12. Цепь состоит из источника с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 2 Ом и двух параллельных резисторов 10 Ом и 15 Ом. Найти ток в цепи и напряжение на резисторах.

Ответ: $I_{\text{общ}} = 2 \text{ А}$; $U = 20 \text{ В}$; $I_{10} = 2 \text{ А}$, $I_{15} = 1,33 \text{ А}$.

13. Определить показания амперметра и вольтметра в схеме: источник 12 В, $r = 1 \text{ Ом}$, последовательно с ним резистор 5 Ом, и параллельно этой ветви – резистор 20 Ом.

Ответ: ток через источник 1,71 А, напряжение на параллельном участке 8,55 В.

14. Найти мощность, выделяемую в каждом из резисторов: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 3 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, все соединены параллельно, общее напряжение 12 В.

Ответ: $P_1 = 72 \text{ Вт}$, $P_2 = 48 \text{ Вт}$, $P_3 = 24 \text{ Вт}$.

15. Две лампы мощностью 60 Вт и 100 Вт рассчитаны на напряжение 220 В. Их соединили последовательно и включили в сеть 220 В. Какая лампа будет гореть ярче? Найти фактические мощности.

Ответ: ярче 60 Вт; $P_{60} = 37,5 \text{ Вт}$, $P_{100} = 22,5 \text{ Вт}$.

16. Аккумулятор с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом заряжается от источника с напряжением 15 В через резистор 1 Ом. Найти ток зарядки и мощность, расходуемую на нагрев аккумулятора.

Ответ: 2,5 А; 1,25 Вт.

17. В цепи: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$, соединены последовательно. Напряжение на R_2 равно 40 В. Найти общее напряжение и ток.

Ответ: $I = 2 \text{ А}$; $U_{\text{общ}} = 120 \text{ В}$.

18. К источнику с ЭДС 20 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подключены параллельно два резистора 4 Ом и 6 Ом. Найти ток в каждом резисторе и КПД источника.

Ответ: $I_4 = 3,64 \text{ А}$, $I_6 = 2,42 \text{ А}$; $\eta = 86,7\%$.

19. Электродвигатель питается от сети 220 В, потребляет ток 5 А, его КПД 80%. Найти механическую мощность на валу и сопротивление обмотки.

Ответ: $P_{\text{мех}} = 880 \text{ Вт}$; $R = 8,8 \text{ Ом}$.

20. Две батареи с ЭДС 6 В и 4 В и внутренними сопротивлениями 0,5 Ом и 0,3 Ом соединены параллельно одноимёнными полюсами. Найти ток через каждую батарею и через нагрузку 2 Ом.

Ответ: $I_1 = 0,77 \text{ А}$, $I_2 = -0,38 \text{ А}$ (заряжается), $I_R = 0,385 \text{ А}$.

Уровень С

21. В цепи: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$. R_1 и R_2 последовательно, эта ветвь параллельна R_3 , и всё это последовательно с R_4 . Напряжение на R_4 равно 12 В. Найти общее напряжение и токи.

Ответ: $U_{\text{общ}} = 20 \text{ В}$; $I_4 = 4 \text{ А}$, $I_1 = I_2 = 2,4 \text{ А}$, $I_3 = 1,6 \text{ А}$.

22. Два источника: $E_1 = 10$ В, $r_1 = 1$ Ом; $E_2 = 8$ В, $r_2 = 2$ Ом. Соединены последовательно согласно и нагружены на резистор 5 Ом. Найти ток, напряжение на каждом источнике и мощность, отдаваемую каждым.

Ответ: $I = 2$ А; $U_1 = 8$ В (отдаёт 16 Вт), $U_2 = 4$ В (отдаёт 8 Вт).

23. В схеме: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом, $R_4 = 40$ Ом. R_1 и R_2 параллельно, к ним последовательно R_3 , и вся цепь параллельна R_4 . Общее напряжение 100 В. Найти ток через R_3 и R_4 .

Ответ: $I_3 = 1,5$ А, $I_4 = 2,5$ А.

24. Мостовая схема: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом, $R_4 = 15$ Ом. Между точками подключения источника (между R_1 - R_3 и R_2 - R_4) подано напряжение 50 В. Найти ток через диагональ моста (между R_1 - R_2 и R_3 - R_4).

Ответ: мост сбалансирован ($R_1/R_2 = R_3/R_4$), ток = 0.

25. Три резистора $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 15$ Ом, $R_3 = 30$ Ом соединены: R_1 параллельно R_2 , и эта группа последовательно с R_3 . Напряжение на R_3 равно 60 В. Найти мощность, выделяемую на R_2 .

Ответ: $P_2 = 40$ Вт.

26. Источник с ЭДС 24 В и $r = 2$ Ом нагружен на резистор R . При каком R мощность на нагрузке максимальна? Найти эту мощность и КПД в этом режиме.

Ответ: $R = 2$ Ом; $P_{max} = 72$ Вт; $\eta = 50\%$.

27. В цепи: $E_1 = 12$ В, $r_1 = 1$ Ом; $E_2 = 9$ В, $r_2 = 2$ Ом; $R = 5$ Ом. Источники соединены параллельно разноимёнными полюсами. Найти ток через каждый источник и через нагрузку.

Ответ: $I_1 = 1,8$ А, $I_2 = 0,3$ А, $I_R = 1,5$ А.

28. Найти сопротивление между точками А и В бесконечной цепочки, состоящей из одинаковых резисторов $R_0 = 10$ Ом, включённых в виде лестницы (каждое звено: горизонтальный R_0 и вертикальный R_0).

Ответ: $R_{AB} = R_0(1 + \sqrt{3}) \approx 27,3$ Ом.

29. Электрическая цепь: $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $R_4 = 8$ Ом. R_1 и R_2 параллельно, к ним последовательно R_3 , и всё это параллельно R_4 . Напряжение на R_4 24 В. Найти ток через R_2 и общую мощность.

Ответ: $I_2 = 2$ А; $P_{общ} = 144$ Вт.

30. Два аккумулятора: $E_1 = 6$ В, $r_1 = 0,2$ Ом; $E_2 = 4$ В, $r_2 = 0,3$ Ом. Соединены последовательно встречно и нагружены на резистор 1 Ом. Найти ток и напряжение на зажимах каждого аккумулятора.

Ответ: $I = 1,33$ А; $U_1 = 5,73$ В, $U_2 = 4,4$ В (второй заряжается).

Практическое занятие № 9. Решение задач на электролиз, газовый разряд, полупроводниковые приборы

Уровень А

1. При электролизе медного купороса за 20 минут на катоде выделилось 1,5 г меди. Электрохимический эквивалент меди $k = 3,29 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Найти силу тока.

Ответ: 3,8 А.

2. Напряжение зажигания неоновой лампы 80 В, ток 0,5 мА. Найти мощность разряда.

Ответ: 0,04 Вт.

3. Кремниевый диод имеет прямое падение напряжения 0,7 В при токе 10 мА. Найти сопротивление диода в прямом направлении.

Ответ: 70 Ом.

4. Катод лампы нагрет до 2000 К, работа выхода электрона 2,5 эВ. Определить максимальную кинетическую энергию вылетевших электронов (качественно).

Ответ: $E_k = h\nu - A_{\text{вых}}$ (для данной температуры).

5. При обратном напряжении 10 В через диод протекает обратный ток 1 мкА. Найти обратное сопротивление.

Ответ: 10 МОм.

6. Сколько серебра выделится на катоде за 1 час при токе 2 А? $k_{Ag} = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Ответ: 8,05 г.

7. Для получения 1 кг алюминия электролизом требуется 12 часов при токе 5000 А. Найти электрохимический эквивалент алюминия.

Ответ: $4,63 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

8. Газовый разряд в трубке происходит при напряжении 200 В и токе 0,1 А. Какое количество тепла выделится за 5 минут?

Ответ: 6000 Дж.

9. В собственном полупроводнике концентрация электронов $n_i = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, подвижность электронов $\mu_n = 0,4 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Найти удельную проводимость при $T = 300 \text{ К}$.

Ответ: 1,6 См/м.

10. Вольт-амперная характеристика диода: при прямом напряжении 0,6 В ток 5 мА. Найти дифференциальное сопротивление в этой точке.

Ответ: 120 Ом.

Уровень В

11. Через раствор медного купороса пропускают ток 4 А в течение 30 минут. Найти массу выделившейся меди. ($k_{Cu} = 3,29 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл)

Ответ: 2,37 г.

12. При электролизе воды ($k_H = 1,04 \cdot 10^{-8}$ кг/Кл, $k_O = 8,29 \cdot 10^{-8}$ кг/Кл) за 20 минут выделилось 0,5 г водорода. Найти ток и массу выделившегося кислорода.

Ответ: $I = 40 \text{ А}$; $m_O = 4 \text{ г}$.

13. Туннельный диод имеет участок отрицательного сопротивления. При $U_1 = 0,1 \text{ В}$ $I_1 = 5 \text{ мА}$, при $U_2 = 0,15 \text{ В}$ $I_2 = 2 \text{ мА}$. Найти дифференциальное сопротивление на этом участке.

Ответ: $-16,7 \text{ Ом}$.

14. Для полупроводника n-типа концентрация доноров $N_d = 10^{22} \text{ м}^{-3}$, подвижность электронов $\mu_n = 0,3 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Найти удельную проводимость.

Ответ: 480 См/м.

15. В газоразрядной трубке с плоскими электродами (расстояние 1 см) зажигание происходит при напряжении 300 В. Найти напряжённость поля пробоя.

Ответ: 30 кВ/м.

16. Электролитическая ванна для никелирования работает при токе 5 А. Сколько времени потребуется для покрытия детали слоем никеля массой 2 г? $k_{Ni} = 3,04 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

Ответ: $1316 \text{ с} \approx 22 \text{ мин}$.

17. В цепи с кремниевым диодом (падение 0,7 В) последовательно включён резистор 100 Ом и источник 5 В. Найти ток в цепи.

Ответ: 43 мА.

18. В полупроводнике p-типа концентрация акцепторов $N_a = 5 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, подвижность дырок $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Найти удельную проводимость.

Ответ: 40 См/м.

19. Электролизом получено 0,5 кг алюминия. Ток 2000 А. Найти время электролиза. ($k_{Al} = 9,32 \cdot 10^{-8}$ кг/Кл)

Ответ: 2,68 часа.

20. В газовом разряде при давлении 0,1 мм рт. ст. длина свободного пробега электронов 1 см. Найти напряжённость поля, при которой электрон приобретает энергию ионизации (15 эВ) на длине пробега.

Ответ: 1500 В/м.

Уровень С

21. Электролиз раствора AgNO_3 проводился при токе 2 А в течение 1 часа. Катодом служит платина массой 10 г. После электролиза катод высушили и взвесили: масса 17,8 г. Найти электрохимический эквивалент серебра.

Ответ: $1,12 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

22. В трубке с неоном при давлении 1 Торр длина свободного пробега электрона 0,5 см. Энергия ионизации неона 21,6 эВ. Какое напряжение нужно приложить к электродам, находящимся на расстоянии 10 см, чтобы начался самостоятельный разряд?

Ответ: ≈ 4320 В.

23. Диод имеет обратный ток насыщения $I_0 = 1$ мкА при 300 К. Найти прямой ток при напряжении 0,5 В. ($\varphi_T = 26$ мВ)

Ответ: $I = I_0(e^{U/\varphi_T} - 1) \approx 2,4$ А.

24. В схеме с двумя диодами (мостик) и нагрузкой 100 Ом, входное переменное напряжение 10 В (амплитудное). Найти среднее значение выпрямленного тока и обратное напряжение на диодах.

Ответ: $I_{\text{ср}} = 63,7$ мА; $U_{\text{обр}} = 10$ В.

25. Полупроводниковый фотодиод облучается светом мощностью 1 мкВт. Квантовая эффективность 0,5, длина волны 500 нм. Найти фототок.

Ответ: 0,2 мкА.

26. Электролизом покрывают деталь никелем толщиной 0,05 мм. Площадь детали 0,02 м², плотность никеля 8900 кг/м³, ток 10 А. Найти время.

Ответ: 4,38 часа.

27. В биполярном транзисторе ток эмиттера 5 мА, коэффициент передачи тока базы $\beta = 100$. Найти ток коллектора и ток базы.

Ответ: $I_K = 4,95$ мА, $I_B = 0,05$ мА.

28. В полупроводнике ширина запрещённой зоны 1,1 эВ. При температуре 300 К собственная концентрация $n_i = 1,5 \cdot 10^{16}$ м⁻³. Найти собственную концентрацию при 400 К (коэффициент B считать постоянным).

Ответ: $n_i(400) \approx 1,4 \cdot 10^{19}$ м⁻³.

29. Электролитическая ванна с двумя последовательно соединёнными электролизёрами: первый с CuSO_4 , второй с AgNO_3 . За некоторое время в первом выделилось 1 г меди. Сколько серебра выделится во втором? $k_{\text{Cu}} = 3,29 \cdot 10^{-7}$, $k_{\text{Ag}} = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Ответ: 3,4 г.

30. Стабилитрон имеет напряжение стабилизации 10 В при токе 20 мА. Дифференциальное сопротивление 5 Ом. Найти изменение напряжения при увеличении тока до 30 мА.

Ответ: 0,05 В.

Практическое занятие №10. Расчёт силы Ампера, силы Лоренца и магнитного потока

Уровень А

1. Прямолинейный проводник длиной 0,2 м с током 5 А находится в магнитном поле с индукцией 0,4 Тл перпендикулярно линиям. Найти силу Ампера.

Ответ: 0,4 Н.

2. Протон влетает в магнитное поле индукцией 0,1 Тл со скоростью 10^6 м/с перпендикулярно линиям. Заряд протона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Найти силу Лоренца.

Ответ: $1,6 \cdot 10^{-14}$ Н.

3. Катушка площадью 0,05 м² помещена в однородное поле с индукцией 0,2 Тл. Вектор индукции перпендикулярен плоскости витка. Найти магнитный поток.

Ответ: 0,01 Вб.

4. Ток течёт в проводнике слева направо, магнитное поле направлено от нас. Куда направлена сила Ампера?

Ответ: вниз.

5. Проводник длиной 0,3 м с током 2 А перемещается в магнитном поле индукцией 0,5 Тл на 0,1 м перпендикулярно полю и току. Найти работу.

Ответ: 0,03 Дж.

6. Магнитный поток через контур изменился на 0,02 Вб за 0,01 с. Найти ЭДС индукции.

Ответ: 2 В.

7. Электрон движется в магнитном поле по окружности радиусом 0,05 м при скорости 10^6 м/с. Найти индукцию поля.

Ответ: $1,14 \cdot 10^{-4}$ Тл.

8. Найти силу Ампера, действующую на проводник длиной 0,1 м с током 10 А в поле 0,2 Тл под углом 30° к линиям.

Ответ: 0,1 Н.

9. Частица с зарядом $2e$ влетает в магнитное поле со скоростью $5 \cdot 10^5$ м/с перпендикулярно, сила Лоренца $3,2 \cdot 10^{-14}$ Н. Найти индукцию.

Ответ: 0,2 Тл.

10. Магнитный поток через контур 0,005 Вб, индукция 0,1 Тл. Найти площадь контура, если он расположен перпендикулярно полю.

Ответ: 0,05 м².

Уровень В

11. Два параллельных проводника длиной 1 м с токами 10 А и 20 А находятся на расстоянии 0,1 м друг от друга. Найти силу взаимодействия.

Ответ: $4 \cdot 10^{-4}$ Н (притяжение).

12. Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 10^7 м/с под углом 30° к линиям индукции ($B = 0,1$ Тл). Найти шаг винтовой траектории.

Ответ: 3,4 мм.

13. Прямоугольная рамка со сторонами 0,1 м и 0,2 м, содержащая 50 витков, помещена в поле 0,5 Тл. Плоскость рамки составляет угол 60° с направлением поля. Найти магнитный поток.

Ответ: 0,25 Вб.

14. Проводник массой 10 г и длиной 0,2 м подвешен горизонтально на двух лёгких нитях в магнитном поле индукцией 0,5 Тл, направленном горизонтально перпендикулярно проводнику. Какой ток нужно пропустить, чтобы сила натяжения нитей стала равной нулю?

Ответ: 1 А.

15. Альфа-частица ($q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m = 6,64 \cdot 10^{-27}$ кг) влетает в магнитное поле индукцией 1 Тл перпендикулярно со скоростью 10^5 м/с. Найти радиус окружности.

Ответ: 2,075 мм.

16. В магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится проводник длиной 0,5 м с током 4 А. Какую работу совершит сила Ампера при перемещении проводника на 0,2 м в направлении действия силы, если угол между проводником и полем 90°?

Ответ: 0,08 Дж.

17. Контур площадью $0,02 \text{ м}^2$ расположен под углом 30° к линиям поля. Магнитный поток через контур $0,005 \text{ Вб}$. Найти индукцию поля.

Ответ: $0,289 \text{ Тл}$.

18. Электрон движется по окружности радиусом $0,1 \text{ м}$ в магнитном поле индукцией $0,01 \text{ Тл}$. Найти скорость и период обращения.

Ответ: $1,76 \cdot 10^8 \text{ м/с}$; $3,57 \cdot 10^{-8} \text{ с}$.

19. Два длинных прямых проводника с токами 5 А и 8 А скрещены под прямым углом, расстояние между ними в месте скрещивания $0,1 \text{ м}$. Найти магнитную индукцию в точке, лежащей посередине между проводниками на биссектрисе угла.

Ответ: $1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$.

20. Рамка с током 2 А имеет площадь $0,01 \text{ м}^2$ и 100 витков. Она помещена в поле $0,5 \text{ Тл}$. Найти максимальный вращающий момент.

Ответ: $1 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Уровень С

21. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям с одинаковой кинетической энергией. Найти отношение радиусов их траекторий.

Ответ: $R_p/R_\alpha = 1$.

22. Проводник в виде полуокружности радиусом $0,2 \text{ м}$ с током 3 А находится в поле $0,4 \text{ Тл}$, перпендикулярном плоскости полуокружности. Найти силу Ампера, действующую на проводник.

Ответ: $0,48 \text{ Н}$.

23. Электрон влетает в скрещенные электрическое (1000 В/м) и магнитное ($0,01 \text{ Тл}$) поля, перпендикулярные друг другу и скорости электрона. При какой скорости электрон не отклоняется?

Ответ: 10^5 м/с .

24. Квадратная рамка со стороной $0,1 \text{ м}$ с током 5 А свободно вращается в поле $0,2 \text{ Тл}$. Плоскость рамки сначала параллельна полю. Найти работу поля при повороте рамки на 90° .

Ответ: $0,002 \text{ Дж}$.

25. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности радиусом $0,1 \text{ м}$, совершая 10^7 оборотов в секунду. Найти отношение заряда к массе.

Ответ: $6,28 \cdot 10^8 \text{ Кл/кг}$.

26. Прямой проводник с током 10 А расположен перпендикулярно плоскости чертежа. На расстоянии $0,05 \text{ м}$ от него находится электрон, движущийся со скоростью 10^6 м/с параллельно проводнику. Найти силу Лоренца, действующую на электрон.

Ответ: $6,4 \cdot 10^{-18} \text{ Н}$.

27. В магнитном поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ вращается рамка из 100 витков площадью $0,01 \text{ м}^2$ с частотой 50 Гц . Ось вращения перпендикулярна полю. Найти максимальную ЭДС.

Ответ: $6,28 \text{ В}$.

28. Проводящий стержень длиной $0,3 \text{ м}$ вращается в горизонтальной плоскости с угловой скоростью 100 рад/с в вертикальном магнитном поле $0,1 \text{ Тл}$. Ось вращения проходит через конец стержня. Найти ЭДС между концами.

Ответ: $0,45 \text{ В}$.

29. Два параллельных проводника с одинаковыми токами 20 А расположены на расстоянии $0,2 \text{ м}$. Найти индукцию магнитного поля в точке, удалённой от каждого проводника на $0,2 \text{ м}$ и лежащей в плоскости проводников.

Ответ: $2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$.

30. В однородном магнитном поле 0,5 Тл движется протон по спирали радиусом 0,05 м и шагом 0,1 м. Найти скорость протона и угол влёта.

Ответ: $v = 2,4 \cdot 10^6$ м/с, $\alpha \approx 30^\circ$.

Практическое занятие №11. Применение закона электромагнитной индукции и правила Ленца. Энергия магнитного поля

Уровень А

1. Магнитный поток через контур равномерно изменяется с 0,1 Вб до 0,3 Вб за 0,02 с. Найти ЭДС индукции.

Ответ: 10 В.

2. В катушке при изменении тока на 10 А за 0,1 с возникает ЭДС самоиндукции 200 В. Найти индуктивность.

Ответ: 2 Гн.

3. Катушка индуктивностью 0,5 Гн имеет ток 4 А. Найти энергию магнитного поля.

Ответ: 4 Дж.

4. В однородном магнитном поле ($B = 0,2$ Тл) движется проводник длиной 0,5 м со скоростью 10 м/с перпендикулярно полю и самому себе. Найти ЭДС на концах.

Ответ: 1 В.

5. Магнит вдвигают в катушку южным полюсом. Определить направление индукционного тока (по правилу Ленца).

Ответ: ток создаёт поле, препятствующее движению $\rightarrow$ северный полюс со стороны магнита.

6. Индуктивность катушки 0,2 Гн. При каком токе энергия поля равна 0,4 Дж?

Ответ: 2 А.

7. ЭДС индукции в контуре 5 В, скорость изменения магнитного потока?

Ответ: 5 Вб/с.

8. За 0,05 с магнитный поток уменьшился с 0,02 до 0,01 Вб. Найти ЭДС.

Ответ: 0,2 В.

9. Проводник движется в поле со скоростью 20 м/с, длина 0,2 м, ЭДС 4 В. Найти индукцию.

Ответ: 1 Тл.

10. Энергия магнитного поля катушки с током 3 А равна 0,9 Дж. Найти индуктивность.

Ответ: 0,2 Гн.

Уровень В

11. Кольцо радиусом 0,1 м из медной проволоки (сечение 1 мм²) находится в переменном магнитном поле, изменяющемся со скоростью 10 Тл/с. Найти ЭДС индукции и ток в кольце. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Ответ: $\mathcal{E} = 0,314$ В; $I = 0,185$ А.

12. Соленоид длиной 0,5 м, диаметром 0,05 м, содержит 1000 витков. По нему течёт ток 2 А. Найти индуктивность и энергию поля.

Ответ: $L = 0,00493$ Гн; $W = 0,00986$ Дж.

13. В катушке индуктивностью 0,1 Гн ток равномерно увеличивается с 0 до 5 А за 0,2 с. Найти ЭДС самоиндукции и заряд, прошедший через катушку.

Ответ: $\mathcal{E}_s = 2,5$ В; $q = 5$ Кл? (нет, заряд не так – уточнить: $q = \int I dt = 2,5$ Кл, но это неверно, правильно: $q = \frac{\Delta\Phi}{R}$, но R не дано. Лучше: ЭДС = 2,5 В, а заряд – неопределён).

14. Прямоугольная рамка со сторонами 0,2 м и 0,3 м вращается с частотой 10 об/с в поле 0,5 Тл. Ось перпендикулярна полю. Найти амплитуду ЭДС.

Ответ: 1,884 В.

15. Две катушки индуктивностью $L_1 = 0,2$ Гн и $L_2 = 0,3$ Гн соединены последовательно. Коэффициент взаимной индукции $M = 0,1$ Гн. Найти общую индуктивность при согласном и встречном включении.

Ответ: $L_{\text{согл}} = 0,7$ Гн; $L_{\text{встр}} = 0,3$ Гн.

16. Металлический стержень длиной 0,4 м скользит по параллельным рельсам со скоростью 5 м/с в однородном поле 0,2 Тл, перпендикулярном плоскости рельсов. Рельсы замкнуты на резистор 2 Ом. Найти силу индукционного тока и мощность, выделяемую на резисторе.

Ответ: $\mathcal{E} = 0,4$ В; $I = 0,2$ А; $P = 0,08$ Вт.

17. Трансформатор имеет первичную обмотку 200 витков, вторичную 600 витков. Напряжение на первичной 220 В. Найти напряжение на вторичной, если потери нет.

Ответ: 660 В.

18. Катушка индуктивностью 0,5 Гн подключена к источнику 12 В через ключ. После замыкания ключа ток достигает 0,63 от установившегося за время 0,1 с. Найти сопротивление катушки.

Ответ: $R = L/\tau = 5$ Ом (постоянная времени $\tau = 0,1$ с).

19. В однородном магнитном поле 0,1 Тл находится квадратная рамка со стороной 0,2 м. Рамку поворачивают на 180° за 0,05 с. Найти среднюю ЭДС индукции.

Ответ: 0,16 В.

20. Соленоид длиной 0,2 м, диаметром 0,04 м, число витков 500. По нему течёт ток 3 А. Найти энергию поля внутри соленоида.

Ответ: $W = 0,0444$ Дж.

Уровень С

21. В однородном магнитном поле 0,2 Тл вращается рамка из 50 витков площадью $0,01$ м² с частотой 50 Гц. Ось вращения перпендикулярна полю. Найти зависимость ЭДС от времени и максимальное значение.

Ответ: $\mathcal{E}(t) = 3,14\sin(314t)$ В.

22. Два соленоида одинаковой длины и сечения вставлены друг в друга. Индуктивность первого 0,1 Гн, второго 0,2 Гн, взаимная индуктивность 0,05 Гн. Найти энергию магнитного поля при токах $I_1 = 2$ А, $I_2 = 3$ А для согласного и встречного направлений.

Ответ: $W_{\text{согл}} = 1,15$ Дж; $W_{\text{встр}} = 0,55$ Дж.

23. Проводящий диск радиусом 0,1 м вращается с угловой скоростью 100 рад/с в поле 0,5 Тл, направленном перпендикулярно диску. Найти ЭДС между центром и краем диска.

Ответ: 0,25 В.

24. В цепи, содержащей катушку $L = 0,2$ Гн и резистор $R = 10$ Ом, ключ замыкают на источник $E = 20$ В. Найти ток через 0,01 с после замыкания.

Ответ: $I(t) = 2(1 - e^{-50t})$, при $t = 0,01$ с $I = 1,27$ А.

25. Квадратная рамка со стороной 0,1 м с сопротивлением 0,5 Ом вдвигается в область однородного поля 0,4 Тл со скоростью 2 м/с. Ширина поля 0,2 м. Найти ток индукции и силу, необходимую для движения.

Ответ: $I = 0,16$ А; $F = 0,0064$ Н.

26. Катушка с индуктивностью 0,4 Гн и сопротивлением 2 Ом подключается к источнику 10 В. Через какое время энергия магнитного поля достигнет 90% от максимальной?

Ответ: $t = -\tau \ln(1 - 0,9) \approx 0,46$ с.

27. Трансформатор повышает напряжение с 220 В до 1100 В. Вторичная обмотка имеет 1000 витков. Потери отсутствуют. Найти число витков первичной обмотки и ток в первичной, если во вторичной 0,5 А.

Ответ: $N_1 = 200$; $I_1 = 2,5$ А.

28. Виток радиусом 0,05 м расположен в однородном поле 0,1 Тл перпендикулярно полю. Виток деформируют в квадрат той же площади за 0,1 с. Найти среднюю ЭДС индукции.

Ответ: 0,004 В.

29. Рамка площадью 0,02 м², имеющая 100 витков, вращается в поле 0,3 Тл. При какой частоте вращения амплитуда ЭДС достигнет 10 В?

Ответ: $f = 2,65$ Гц.

30. Длинный соленоид (1000 витков/м) с током 2 А имеет сечение 0,01 м². Внутри соленоида расположена катушка из 100 витков, намотанная на тот же сердечник. Найти ЭДС в катушке, если ток в соленоиде выключается за 0,01 с.

Ответ: $\mathcal{E} = 2,51$ В.

Дополнительные задачи по разделу 7 “Квантовая физика” (30 задач, для самостоятельной работы)

Уровень А

1. Энергия фотона $3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Найти частоту.

Ответ: $4,53 \cdot 10^{14}$ Гц.

2. Длина волны красного света 700 нм. Найти энергию фотона.

Ответ: $2,84 \cdot 10^{-19}$ Дж.

3. Работа выхода для цезия 1,9 эВ. Найти красную границу фотоэффекта.

Ответ: 654 нм.

4. Импульс фотона $1,33 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с. Найти длину волны.

Ответ: 500 нм.

5. При фотоэффекте запирающее напряжение 2 В. Найти максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов.

Ответ: 2 эВ.

6. Длина волны де Бройля для электрона с импульсом 10^{-24} кг·м/с.

Ответ: 0,662 нм.

7. Мощность лазера 5 мВт, длина волны 633 нм. Сколько фотонов испускается за 1 с?

Ответ: $1,6 \cdot 10^{16}$.

8. Постоянная Планка $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Найти энергию фотона с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц.

Ответ: $3,315 \cdot 10^{-19}$ Дж.

9. Работа выхода для натрия 2,3 эВ. Будет ли наблюдаться фотоэффект при облучении светом 500 нм?

Ответ: $E_{\phi} = 2,48$ эВ $> 2,3 \rightarrow$ да.

10. Энергия фотона 4 эВ. Найти длину волны.

Ответ: 310 нм.

Уровень В

11. Найти максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цезия ($A = 1,9$ эВ) светом с длиной волны 400 нм.

Ответ: $6,2 \cdot 10^5$ м/с.

12. Электрон разгоняется разностью потенциалов 100 В. Найти длину волны де Бройля.

Ответ: 0,122 нм.

13. При облучении металла светом 200 нм задерживающее напряжение 4 В. Найти работу выхода.

Ответ: 2,2 эВ.

14. Фотон с длиной волны 0,1 нм (рентген) рассеивается на свободном электроны под углом 90° . Найти изменение длины волны (комптоновское смещение).

Ответ: 0,00243 нм.

15. Давление света на зеркальную поверхность, если интенсивность 1000 Вт/м^2 .

Ответ: $6,67 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$.

16. Определить энергию, массу и импульс фотона с частотой 10^{15} Гц .

Ответ: $E = 6,63 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$; $m = 7,37 \cdot 10^{-36} \text{ кг}$; $p = 2,21 \cdot 10^{-27} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$.

17. Фотоэффект у некоторого металла начинается при частоте $6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$. Найти работу выхода.

Ответ: 2,48 эВ.

18. Электрон и протон имеют одинаковую кинетическую энергию 100 эВ. Найти отношение длин волн де Бройля.

Ответ: $\lambda_e/\lambda_p = \sqrt{m_p/m_e} \approx 42,8$.

19. При фотоэффекте с платины ($A = 5,3 \text{ эВ}$) максимальная скорость электронов 10^6 м/с . Найти длину волны падающего света.

Ответ: 110 нм.

20. Лазер мощностью 10 Вт излучает импульсы длительностью 10 нс с энергией 0,1 Дж. Сколько фотонов в одном импульсе? ($\lambda = 532 \text{ нм}$)

Ответ: $2,68 \cdot 10^{17}$.

Уровень С

21. Рентгеновское излучение с длиной волны 0,05 нм рассеивается под углом 60° . Найти энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

Ответ: $E' = 23,7 \text{ кэВ}$; $E_e = 1,06 \text{ кэВ}$.

22. Свет с длиной волны 400 нм падает на металлическую пластину, работа выхода 2 эВ. Найти максимальную скорость фотоэлектронов и задерживающее напряжение.

Ответ: $v = 6,3 \cdot 10^5 \text{ м/с}$; $U = 1,1 \text{ В}$.

23. Давление света на чёрную поверхность составляет $5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$. Найти интенсивность света.

Ответ: 1500 Вт/м^2 .

24. Электрон имеет длину волны де Бройля 0,1 нм. Найти его кинетическую энергию в эВ.

Ответ: 150 эВ.

25. При облучении металла светом 300 нм задерживающее напряжение 1,2 В. Найти работу выхода и красную границу.

Ответ: $A = 2,94 \text{ эВ}$; $\lambda_{\text{кр}} = 422 \text{ нм}$.

26. Фотон с энергией 0,5 МэВ рассеивается на покоящемся электроны под углом 180° . Найти энергию рассеянного фотона.

Ответ: 0,17 МэВ.

27. Давление света на зеркальную пластинку площадью 1 см^2 равно 10^{-7} Па . Найти мощность падающего излучения.

Ответ: 1,5 Вт.

28. Определить длину волны де Бройля для электрона, прошедшего разность потенциалов 1000 В.

Ответ: 0,0388 нм.

29. Фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности металла светом 200 нм, задерживаются напряжением 2 В. Найти работу выхода.

Ответ: 4,2 эВ.

30. Лазерный импульс длительностью 1 нс имеет энергию 0,5 Дж. Средняя мощность 500 МВт. Сколько фотонов в импульсе, если $\lambda = 1064$ нм?

Ответ: $2,68 \cdot 10^{18}$.

Дополнительные задачи по разделу 8 “Строение Вселенной” (30 задач)

Уровень А

1. Расстояние до звезды 4 световых года. Выразить в километрах.

Ответ: $3,78 \cdot 10^{13}$ км.

2. Период обращения Земли вокруг Солнца 1 год, радиус орбиты $1,5 \cdot 10^{11}$ м.

Найти скорость Земли.

Ответ: 30 км/с.

3. Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, расстояние $1,5 \cdot 10^{11}$ м.

Найти силу притяжения.

Ответ: $3,56 \cdot 10^{22}$ Н.

4. Первая космическая скорость для Земли 7,9 км/с. Найти ускорение свободного падения на высоте 0.

Ответ: 9,8 м/с².

5. Световой год – это расстояние, которое свет проходит за год. Сколько метров?

Ответ: $9,46 \cdot 10^{15}$ м.

6. Температура на поверхности Солнца около 6000 К. В каком диапазоне лежит максимум излучения?

Ответ: $\lambda_{max} = 483$ нм (видимый).

7. Параллакс звезды 0,1". Найти расстояние в парсеках

Ответ: 10 пк.

8. Красное смещение галактики $z = 0,05$. С какой скоростью она удаляется? ($H_0 = 70$ км/(с·Мпк) – не нужно, формула $v = cz$)

Ответ: $1,5 \cdot 10^4$ км/с.

9. Масса Юпитера $1,9 \cdot 10^{27}$ кг, радиус $7 \cdot 10^7$ м. Найти ускорение свободного падения на поверхности.

Ответ: 25,9 м/с².

10. Период обращения Меркурия 88 суток. Во сколько раз его расстояние от Солнца меньше земного? (Третий закон Кеплера)

Ответ: $a_{\text{Мерк}}/a_{\text{Зем}} = (88/365)^{2/3} \approx 0,387$.

Уровень В

11. Звезда имеет светимость в 100 раз больше солнечной, температура поверхности 10000 К. Найти радиус звезды в радиусах Солнца ($T_{\odot} = 6000$ К).

Ответ: $R/R_{\odot} = \sqrt{L/L_{\odot}} \cdot (T_{\odot}/T)^2 = 2,16$.

12. Галактика удаляется со скоростью 3000 км/с. Найти расстояние до неё по закону Хаббла ($H_0 = 70$ км/(с·Мпк)).

Ответ: 42,9 Мпк.

13. Оценить критическую плотность Вселенной, если $H_0 = 70$ км/(с·Мпк).

Ответ: $\rho_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G} \approx 9,2 \cdot 10^{-27}$ кг/м³.

14. Чёрная дыра массой 10 масс Солнца. Найти радиус Шварцшильда.

Ответ: $R_s = \frac{2GM}{c^2} \approx 29,6$ км.

15. Расстояние до галактики 100 Мпк. За какое время свет доходит до Земли?
Ответ: 326 млн лет.
16. Звезда главной последовательности имеет массу $2 M_{\odot}$. Во сколько раз её светимость больше солнечной? ($L \sim M^{3,5}$)
Ответ: $L/L_{\odot} = 2^{3,5} \approx 11,3$.
17. Плотность вещества во Вселенной составляет 10^{-27} кг/м³. Сколько протонов в 1 м³?
Ответ: 0,6 протона/м³.
18. Температура реликтового излучения 2,7 К. Найти длину волны максимума.
Ответ: 1,07 мм (микроволновое).
19. Период пульсара 0,001 с. Оценить его радиус, если это нейтронная звезда (предел по центробежному разрыву).
Ответ: $R < cT/(2\pi) \approx 47,7$ км.
20. Солнечная постоянная (интенсивность на орбите Земли) 1360 Вт/м². Найти светимость Солнца.
Ответ: $L_{\odot} = 1360 \cdot 4\pi(1,5 \cdot 10^{11})^2 = 3,85 \cdot 10^{26}$ Вт.

Уровень С

21. Двойная звезда имеет период обращения 50 лет и большую полуось 20 а.е. Найти сумму масс компонентов.
Ответ: $M_1 + M_2 = a^3/T^2 = 20^3/50^2 = 3,2M_{\odot}$.
22. Сверхновая вспыхнула на расстоянии 10 кпк. Её видимая звёздная величина $m = +5$. Найти абсолютную звёздную величину.
Ответ: $M = m - 5\lg(d/10) = 5 - 5\lg(10000/10) = 5 - 5\lg(1000) = 5 - 15 = -10$.
23. Возраст Вселенной по модели Фридмана для критической плотности: $t_0 = 2/(3H_0)$. При $H_0 = 70$ км/(с·Мпк) найти возраст в годах.
Ответ: $t_0 \approx 9,3$ млрд лет (без учёта тёмной энергии; с учётом 13,8).
24. Гравитационный радиус протона. Сравнить с его реальным радиусом.
Ответ: $R_s(p) = 2Gm_p/c^2 \approx 2,5 \cdot 10^{-54}$ м, что ничтожно мало.
25. Энергия, выделяющаяся при слиянии двух нейтронных звёзд массами по $1,4M_{\odot}$, если 10% массы переходит в гравитационные волны.
Ответ: $\Delta m = 0,28M_{\odot} \approx 5,6 \cdot 10^{29}$ кг; $E = \Delta mc^2 \approx 5 \cdot 10^{46}$ Дж.
26. Орбитальный период экзопланеты вокруг звезды массой $0,8M_{\odot}$ составляет 10 суток. Найти радиус орбиты.
Ответ: $a = \sqrt[3]{GMT^2/(4\pi^2)} \approx 0,07$ а.е.
27. Температура фотосферы звезды 30000 К. Найти, в какой области спектра лежит максимум излучения.
Ответ: $\lambda_{max} = 97$ нм (ультрафиолет).
28. Если бы Вселенная была замкнутой с критической плотностью в 2 раза выше, какой был бы радиус кривизны?
Ответ: $R_{кр} = c/\sqrt{8\pi G\rho/3}$ – численно порядка 10^{26} м.
29. Красное смещение $z = 2$ соответствует моменту, когда Вселенная была в 1 + $z = 3$ раза моложе. Оценить возраст в тот момент (принять возраст сейчас 13,8 млрд лет).
Ответ: около 1,7 млрд лет.
30. Энергия, выделяющаяся при аккреции на чёрную дыру с эффективностью 10%. На какую светимость это соответствует при темпе аккреции $10^{-5}M_{\odot}/\text{год}$?
Ответ: $L = \eta \dot{M}c^2 \approx 5,7 \cdot 10^{31}$ Вт.

Информационное обеспечение реализации программы

Основные печатные издания

1. Летута, С. Н. Физика: учебное пособие / С. Н. Летута, А. А. Чакак. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 307 с. — ISBN 978-5-7410-1575-9. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/78852.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

2. Пискарёва, Т. И. Сборник задач по общему курсу физики: учебное пособие / Т. И. Пискарёва, А. А. Чакак. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 131 с. — ISBN 978-5-7410-1500-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69942.html>. - Режим доступа: для авторизир. пользователей

Основные электронные издания

1. Павленко, Ю. Г. Физика 10–11: учебное пособие / Ю. Г. Павленко. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 848 с. — ISBN 5-9221-0420-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2699>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Оптика (главы курса): учебное пособие / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 76 с. — ISBN 978-5-8114-2911-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212684> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Механика (главы курса): учебное пособие для СПО / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 128 с. — ISBN 978-5-507-50307-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/417869> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Электричество и магнетизм (главы курса): учебное пособие для СПО / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 112 с. — ISBN 978-5-507-51639-1. — Текст: электронный // Лань: электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/426257> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны (главы курса): учебное пособие / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-2910-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212678> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Аксенова, Е. Н. Общая физика. Термодинамика и молекулярная физика (главы курса): учебное пособие / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-2912-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212687> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительные источники

1. Бирюкова, О. В. Физика. Электричество и магнетизм. Задачи с решениями / О. В. Бирюкова, Б. В. Ермаков, И. В. Корецкая. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 180 с. — ISBN 978-5-507-44637-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/231494> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Трунов, Г. М. Общая физика. Дополнительные материалы для самостоятельной работы: учебное пособие / Г. М. Трунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 72 с. — ISBN 978-5-8114-3483-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205994> (дата обращения: 11.03.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Практикум по решению задач общего курса физики. Механика: учебное пособие для спо / Н. П. Калашников, Т. В. Котырло, С. Л. Кустов, Г. Г. Спирин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-6884-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153652>