

53
М55

№ 5036

МЕХАНИКА
ТЕРМОДИНАМИКА
ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА
ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ
Методические указания

НОВОСИБИРСК
2025

УДК 531:536.7(076.5)
М55

Составители:

*А. В. Баранов, В. В. Давыдков, А. М. Погорельский,
В. В. Христофоров, С. А. Погожих, М. Р. Мирсияпов*

Рецензент — доцент кафедры общей физики *Г. Ф. Сивых*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

© Новосибирский государственный
технический университет, 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу общей физики на кафедре общей физики НГТУ.

Они содержат вопросы, которые могут быть заданы студентам во время защиты лабораторных работ по механике, термодинамике и явлениям переноса.

Вопросы разделены по уровню сложности на три группы.

Вопросы первого уровня сложности требуют от студента знания основных понятий, определений физических величин и формулировок физических законов. Для успешной защиты на первом уровне студент должен правильно ответить на три указанных преподавателем вопроса этого уровня. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на первом уровне, соответствует оценке «удовлетворительно». При безупречном ответе на все вопросы первого уровня сложности студент получает право на переход к вопросам второго уровня сложности.

Вопросы второго уровня сложности требуют от студента знания сути изучаемых физических явлений и процессов, умения воспроизводить математические выкладки, раскрывающие сущность и особенности изучаемого явления. Для успешной защиты на втором уровне студент должен правильно ответить на один вопрос второго уровня и на три вопроса первого уровня. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на втором уровне, соответствует оценке «хорошо». При безупречном ответе на вопрос второго уровня сложности студент получает право на переход к вопросам третьего уровня сложности.

Вопросы третьего уровня сложности требуют от студента знания теории и умения использовать ее для объяснения и математического

описания изучаемых явлений и процессов. Для успешной защиты на третьем уровне студент должен правильно ответить на один вопрос третьего уровня и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на третьем уровне, соответствует оценке «отлично».

Уровень сложности и соответственно возможный максимальный балл выбирается студентом. Реальный балл, начисляемый студенту, определяется преподавателем по итогам защиты лабораторной работы.

Разработчики данных указаний рассчитывают на то, что предлагаемая методика защиты лабораторных работ по курсу общей физики будет способствовать повышению объективности оценки качества знаний студентов и усилению мотивации студентов на достижение более высокого уровня знания курса общей физики.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Лабораторные работы № 0, 00

Первый уровень

1. Что понимается под измерением?
2. Что представляют собой прямые и косвенные измерения?
3. Что представляют собой и чем обусловлены систематические погрешности?
4. Что представляют собой и чем обусловлены случайные погрешности?
5. Как результаты многократных измерений представляются с помощью гистограммы?
6. Какой смысл имеет генеральное среднее для распределения Гаусса?
7. Какой смысл имеет генеральное отклонение для распределения Гаусса?
8. Дайте определение среднеквадратичному отклонению.
9. Дайте определение доверительной вероятности измерения.
10. Дайте определение доверительному интервалу измерения.
11. Что такое конечная выборка? Как определяются среднее значение и среднеквадратичное отклонение для конечной выборки?
12. Как пользоваться таблицей коэффициентов Стьюдента?
13. В какой форме представляются результаты многократных измерений?
14. Дайте определение доверительной погрешности измерения.

15. Каков смысл приборной погрешности? Как она определяется?
16. В какой форме представляются результаты однократных измерений?
17. Какая величина используется в качестве погрешности для представления результатов прямого однократного измерения?
18. Каковы правила округления значений величин при записи результатов измерений?
19. Каковы правила построения графиков?

Второй уровень

1. Почему нормальное распределение Гаусса называют предельным?
2. Почему нельзя в реальном эксперименте получить распределение Гаусса?
3. Какой смысл имеет условие нормировки для распределения Гаусса?
4. Как по распределению Гаусса определить долю измерений, попадающих на интересующий интервал значений?
5. Покажите, что максимум распределения Гаусса приходится на генеральное среднее.
6. Как определить среднее значение величины по распределению Гаусса?
7. Почему многократные измерения одной и той же величины могут давать разные результаты?
8. Почему любые измерения сопровождаются погрешностями? Приведите примеры.
9. Как определяется доверительная погрешность для конечной выборки?
10. Как определяется погрешность в случае косвенного однократного измерения?

Третий уровень

1. Площадь прямоугольника рассчитывается по формуле $S = ab$. Стороны a и b измерены линейкой с ценой деления, равной δ . Получите выражение для расчета погрешности косвенного измерения S .

2. Сила, действующая на тело, рассчитывается по формуле $F = ma$, где m – масса тела, измеренная с погрешностью δm , a – ускорение тела, измеренное с погрешностью δa . Получите выражение для расчета погрешности косвенного измерения F .

3. Потенциальная энергия тела рассчитывается по формуле $E = mgh$, где m – масса тела, измеренная с погрешностью δm , g – ускорение свободного падения, измеренное с погрешностью δg , h – высота, на которой находится тело, измеренная с погрешностью δh . Получите выражение для расчета погрешности косвенного измерения E .

4. Кинетическая энергия тела рассчитывается по формуле $E = mv^2 / 2$, где m – масса тела, измеренная с погрешностью δm , v – скорость тела, измеренная с погрешностью δv . Получите выражение для расчета погрешности косвенного измерения E .

5. Скорость тела рассчитывается по формуле $v = S/t$. Путь $S = 5$ м измерен рулеткой с ценой деления 1 см. Время $t = 2$ с измерено секундомером с ценой деления 0,1 с. Запишите результат косвенного измерения скорости.

6. Ускорение тела рассчитывается по формуле $a = 2S / t^2$. Путь $S = 10$ м измерен рулеткой с ценой деления 1 см. Время $t = 2$ с измерено секундомером с ценой деления 0,1 с. Запишите результат косвенного измерения ускорения.

7. Время свободного падения тела рассчитывается по формуле $t = (2S / g)^{1/2}$. Высота падения $S = 10$ м измерена рулеткой с ценой деления 1 см. Ускорение $g = 10$ м/с² определено с погрешностью 0,1 м/с². Запишите результат косвенного измерения времени.

8. Плотность вещества рассчитывается по формуле $\rho = m/V$. Масса $m = 1$ кг измерена с погрешностью 10 г. Объем тела $V = 200$ см³ измерен с погрешностью 1 см³. Запишите результат косвенного измерения плотности.

9. Высота здания рассчитывается по формуле $h = S \operatorname{tg} \varphi$. Расстояние до здания $S = 100$ м измерено с погрешностью 0,1 м. Угол, под которым видна вершина здания $\varphi = 60^\circ$, измерен с погрешностью 5° . Запишите результат косвенного измерения высоты здания.

10. Масса куба рассчитывается по формуле $M = \rho a^3$. Плотность вещества куба $\rho = 4 \text{ г/см}^3$ определена с погрешностью 0.1 г/см^3 . Сторона куба $a = 1 \text{ м}$ определена с погрешностью 1 см . Запишите результат косвенного измерения массы куба.

Вопросы для защиты лабораторной работы № 1

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ПУЛИ С ПОМОЩЬЮ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

Первый уровень

1. Что такое система отсчета? Зачем вводится это понятие в физике? Приведите примеры.
2. Что такое система тел?
3. Что такое материальная точка? Что такое твердое тело? Приведите примеры.
4. Как определяют положение материальной точки в векторном, координатном и естественном способе описания механического движения?
5. Как определяют изменение положения материальной точки в векторном, координатном и естественном способе описания механического движения?
6. Дайте определение вектору мгновенной скорости. Как направлен этот вектор? В каких единицах измеряется?
7. Что такое «равномерное движение»?
8. Как по графику зависимости координаты от времени найти значение проекции мгновенной скорости?
9. Дайте определение вектору мгновенного ускорения. Как направлен этот вектор? В каких единицах измеряется?
10. Что такое «равноускоренное движение»?
11. Раскройте физический смысл всех кинематических характеристик поступательного движения.
12. Сформулируйте первый закон Ньютона. Объясните, какие системы отсчета называют инерциальными. Как определить, инерциальна ли конкретная система отсчета?

13. Что нужно для того, чтобы тело двигалось?
14. Что такое масса тела? В каких единицах она измеряется? Как с помощью опыта сравнить массы двух тел?
15. Что такое импульс материальной точки? В каких единицах он измеряется?
16. Сформулируйте второй закон Ньютона. При каких условиях он выполняется?
17. К чему приводит действие на материальную точку силы?
18. Сформулируйте третий закон Ньютона. Поясните, может ли нарушаться этот закон.
19. За счет чего возникает сила, действующая на тело?
20. Какие силы называют внутренними, а какие внешними? Приведите примеры.
21. Какие системы тел называют замкнутыми? Существуют ли они?
22. Как приращение импульса материальной точки связано с импульсом силы? О какой силе при этом идет речь?
23. Как приращение импульса системы материальных точек связано с импульсом силы? О какой силе при этом идет речь?
24. Сформулируйте закон сохранения импульса для системы тел. В каких случаях его можно применять для незамкнутых систем?
25. Что такое работа силы? Что такое мощность? В каких единицах они измеряются?
26. Что такое кинетическая энергия материальной точки? С работой какой силы она связана и как?
27. Какие силы называются консервативными? Приведите примеры консервативных и неконсервативных (диссипативных) сил.
28. Что такое потенциальная энергия материальной точки? С работой какой силы она связана и как?
29. Что такое полная механическая энергия системы материальных точек? С работой каких сил она связана и как?
30. Сформулируйте закон сохранения механической энергии для системы тел.
31. Какой вид взаимодействия тел называют абсолютно упругим ударом? Приведите примеры.
32. Какой вид взаимодействия тел называют абсолютно неупругим ударом? Приведите примеры.

Второй уровень

1. На каком этапе эксперимента выполняется закон сохранения импульса? Ответ обоснуйте.
2. На каких этапах эксперимента выполняется закон сохранения механической энергии? Ответ обоснуйте.
3. Каким образом при выводе рабочей формулы для скорости пули используется тот факт, что маятник после удара движется поступательно?
4. Как зависит скорость пули от коэффициента жесткости пружины пистолета? Ответ обоснуйте.
5. Почему длина подвеса должна быть намного больше смещения груза после попадания в него пули? Ответ обоснуйте.
6. Как смещение маятника зависит от скорости пули? Ответ обоснуйте.
7. Как смещение маятника зависит от массы пули? Ответ обоснуйте.
8. Как смещение маятника зависит от длины подвеса? Ответ обоснуйте.
9. Почему график строится в координатах $v; \sqrt{l/m}$? Ответ обоснуйте.
10. Как рассчитать долю кинетической энергии пули, которая израсходована на деформацию пластилина и на нагревание тел, взаимодействующих в процессе опыта?
11. Получите рабочую формулу для расчета скорости пули по величине горизонтального смещения системы маятник-пуля.

Третий уровень

1. Запишите и обоснуйте систему уравнений для случая, когда система маятник–пуля после неупругого удара совершает **вращательное** движение. Какие изменения необходимо произвести в конструкции экспериментальной установки для этого? Получите рабочую формулу для скорости пули в этом случае.
2. На основе законов сохранения запишите и обоснуйте систему уравнений для **упругого** лобового удара пули о маятник. Получите рабочую формулу для скорости пули в этом случае.

3. Винтовка массой M подвешена горизонтально на двух параллельных нитях. При выстреле в результате отдачи она отклонилась на некоторое расстояние вбок и одновременно на высоту h поднялась вверх. Масса пули m . Определите скорость v , с которой вылетела пуля.

4. Два небольших по размерам груза массами m_1 и m_2 подвешены на одинаковых нитях длиной l так, что соприкасаются между собой. Первый груз отклонили на угол α и отпустили. На какую максимальную высоту h поднимутся оба груза после неупругого соударения?

5. Стальной шарик массой m , падая с высоты h_1 на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту $h_2 < h_1$. Найдите количество теплоты, выделившееся при ударе.

6. Стальной шарик массой m , падая с высоты h_1 на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту $h_2 < h_1$. Найдите импульс силы, действовавшей на плиту за время удара.

7. Человек стоит на неподвижной тележке и бросает горизонтально камень массой m со скоростью v_1 относительно Земли. Определите, какую энергию при этом затрачивает человек, если масса тележки с человеком M . Трением пренебречь.

8. Тело массой m , брошенное вертикально вверх с высоты h со скоростью v_1 , упало на землю со скоростью v_2 . Определите работу сил сопротивления воздуха.

9. Падающим с высоты h грузом забивают сваю, которая при ударе уходит в землю на глубину s . Определите среднюю силу сопротивления грунта F , если масса груза M , а сваи m . Удар неупругий.

Вопросы для защиты лабораторной работы № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ И МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА

Первый уровень

1. Дайте определение понятию «вращательное движение».
2. Дайте определение угловой координате.
3. Дайте определение вектору углового перемещения. Как определяется его направление?
4. Дайте определение вектору угловой скорости. Как определяется его направление?
5. Дайте определение вектору углового ускорения. Как определяется его направление?
6. Как связаны линейные и угловые кинематические характеристики при вращательном движении?
7. Дайте определение моменту инерции (как рассчитывается и каков его физический смысл?).
8. Дайте определение вектору момента импульса относительно точки и момента импульса относительно оси. Укажите направление вектора момента импульса.
9. Дайте определение вектору момента силы относительно точки и момента силы относительно оси. Укажите направление вектора момента силы.
10. Назовите единицу измерения угловой скорости в системе СИ.
11. Назовите единицу измерения углового ускорения в системе СИ.
12. Назовите единицу измерения момента импульса в системе СИ.
13. Назовите единицу измерения момента силы в системе СИ.
14. Назовите единицу измерения момента инерции в системе СИ.
15. Как рассчитывают работу сил при вращательном движении?
16. Как рассчитывается кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?
17. Как связаны кинетическая энергия тела и работа сил при вращательном движении?

18. Как связаны вектор момента импульса и вектор момента силы при вращательном движении тела?
19. Сформулируйте теорему Штейнера.
20. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения.
21. Сформулируйте закон сохранения момента импульса для системы тел.

Второй уровень

1. Докажите закон сохранения момента импульса для системы тел.
2. Докажите теорему Штейнера.
3. Получите связь момента импульса и момента силы для материальной точки и для системы тел.
4. Получите основное уравнение динамики вращательного движения.
5. Получите формулу для расчета кинетической энергии тела, которое вращается вокруг неподвижной оси.
6. Получите формулу для расчета работы сил при вращательном движении.
7. Почему изменение момента импульса системы материальных точек определяется только внешними моментами сил? Ответ обоснуйте.
8. Почему направление вектора угловой скорости вращающегося тела связывается с осью вращения, хотя все векторы линейных скоростей точек тела перпендикулярны оси?
9. В каком случае сохраняется проекция момента импульса системы материальных точек, хотя суммарный момент импульса системы не сохраняется? Ответ обоснуйте.
10. В каком случае может увеличиться (уменьшиться) кинетическая энергия вращающегося тела при отсутствии внешних сил? Ответ обоснуйте.
11. Как изменится угловая скорость вращающегося тела в отсутствие внешних сил, если произойдет перераспределение массы тела относительно неподвижной оси вращения? Ответ обоснуйте.
12. Как изменится кинетическая энергия вращающегося тела в отсутствие внешних сил, если произойдет перераспределение массы тела относительно неподвижной оси вращения? Ответ обоснуйте.

13. Получите выражение, связывающее линейную и угловую скорость при вращательном движении твердого тела.

14. Получите выражение, связывающее линейное ускорение с угловыми характеристиками вращательного движения.

15. Докажите, что момент пары сил не зависит от выбора точки отсчета.

16. Докажите, что суммарный момент внутренних сил системы материальных точек равен нулю.

17. Покажите аналогию между характеристиками поступательного и вращательного движения; объясните; в чем заключается эта аналогия?

Третий уровень

1. Получите рабочую формулу для расчета момента инерции маятника Обербека.

2. Рассчитайте момент инерции однородного диска относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

3. Рассчитайте момент инерции диска относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через край. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

4. Рассчитайте момент инерции диска относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр, если в диске сделано отверстие известного диаметра. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

5. Рассчитайте момент инерции тонкого однородного стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его центр масс. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

6. Рассчитайте момент инерции тонкого однородного стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его крайнюю точку. Величины, необходимые для расчета задайте сами.

7. Рассчитайте момент инерции сплошного однородного шара относительно оси симметрии. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

8. Рассчитайте момент инерции сплошного однородного конуса относительно оси симметрии. Величины, необходимые для расчета, задайте сами.

9. Диск массой m и радиусом R начинает раскручиваться под действием постоянного момента сил M . Найдите зависимость угла поворота диска от времени.

10. На диск, вращавшийся с угловой скоростью ω , начинает действовать постоянный тормозящий момент сил M . Сколько оборотов сделает диск до полной остановки? Масса диска m и радиус R известны.

11. Сплошной однородный цилиндр массой m и радиусом R вращается с постоянной угловой скоростью ω . Какую касательную силу необходимо приложить к боковой поверхности вращающегося цилиндра, чтобы остановить его за время t ?

12. Диск и обруч, имеющие одинаковые радиусы и массы, вращаются вокруг своих осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости тел. Угловая скорость диска в два раза больше угловой скорости обруча. Найдите отношение кинетической энергии диска к кинетической энергии обруча.

13. Тонкий прямой стержень длиной L прикреплен к горизонтальной оси, проходящей через его край. Стержень отклонили от положения равновесия на угол, равный 90° градусам, и отпустили. Определите линейную скорость нижнего конца стержня в момент прохождения положения равновесия. Силами трения пренебречь.

Вопросы для защиты лабораторной работы № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ ГАЗА C_p / C_v МЕТОДОМ КЛЕМАНА-ДЕЗОРМА

Первый уровень

1. Что такое «адиабатический процесс»?
2. Как связаны давление и объем в адиабатическом процессе?
3. Как выразить показатель адиабаты для идеального газа через его теплоемкости?
4. Чем отличается график адиабатического процесса в координатах PV от графика изотермического процесса?

5. Какое уравнение связывает молярную теплоемкость при постоянном объеме и теплоемкость при постоянном давлении?
6. Какая физическая величина остается постоянной в адиабатическом процессе?
7. Каким образом при выполнении лабораторной работы создают условия для осуществления адиабатического процесса?
8. Что такое число степеней свободы?
9. Сформулируйте закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекулы.
10. Сколько степеней свободы имеет одноатомная молекула с жесткой связью между атомами? Как они называются?
11. Сколько степеней свободы имеет двухатомная молекула с жесткой связью между атомами? Как они называются? Сколько степеней свободы приходится на каждую категорию?
12. Сколько степеней свободы имеет трехатомная молекула? Как они называются? Сколько степеней свободы приходится на каждую категорию?
13. Сколько степеней свободы имеет двухатомная молекула с упругой связью между атомами? Как они называются? Сколько степеней свободы приходится на каждую категорию?
14. Каково ожидаемое значение показателя адиабаты у одноатомного идеального газа?
15. Сформулируйте первое начало термодинамики. Запишите его математическое выражение.
16. Как изменяется температура газа при адиабатическом расширении?
17. Как изменяется температура газа при адиабатическом сжатии?
18. Как выражается показатель адиабаты идеального газа через число степеней свободы молекул?
19. Возможны ли процессы, близкие к адиабатическим, для реальных газов в природе? Приведите примеры.

Второй уровень

1. Объясните суть метода Клемана–Дезорма для определения показателя адиабаты газа.

2. Какое оборудование используется для измерения давления в методе Клемана–Дезорма?

3. Какие измерения необходимо сделать для расчета показателя адиабаты?

4. После закачивания воздуха в сосуд требуется выждать некоторое время и только затем снимать показания манометра. Поясните, почему так надо делать. Как узнать, что необходимое время ожидания прошло?

5. После адиабатического расширения воздуха в ходе опыта требуется выждать некоторое время и только затем снимать показания манометра. Поясните, почему так надо делать. Как узнать, что необходимое время ожидания прошло?

Третий уровень

1. Рассчитайте показатель адиабаты воздуха, если в ходе адиабатического процесса при изменении его объема от 2 до 1 литра давление изменилось от 100 до 250 кПа.

2. Объем идеального одноатомного газа в ходе адиабатического расширения увеличился вдвое. Во сколько раз изменилась абсолютная температура газа?

3. Рассмотрим двухатомный идеальный газ, который сжимается адиабатически. Если объем газа уменьшается вдвое, насколько изменится его температура? Начальная температура газа равна 400 К.

4. Определите показатель адиабаты для смеси гелия и кислорода при условиях, когда их объемы равны.

5. Рассчитайте конечное давление воздуха, если начальное давление 500 кПа, а объем уменьшается в три раза. (Процесс адиабатический.)

6. Постройте график зависимости температуры от объема для воздуха при адиабатическом расширении.

7. Рассчитайте изменение внутренней энергии двухатомного газа при его адиабатическом расширении. Известны начальные температура T_0 и объем V_0 и конечный объем $2V_0$.

8. Рассчитайте количество работы, совершенной при адиабатическом сжатии до половины начального объема. Начальное состояние газа считайте известным.

9. Определите, как изменится внутренняя энергия идеального одноатомного газа при известном изменении температуры и адиабатическом характере процесса.

10. Как изменятся результаты эксперимента по определению показателя адиабаты, если произойдет увеличение влажности воздуха?

11. Постройте и перерисуйте график цикла с одной системы координат в другую. Постройте в $P - V$ -координатах цикл:

- 1) изохорное нагревание: система получает тепло, находится в состоянии 1 и переходит в состояние 2 при постоянном объеме;
- 2) изотермическое расширение: система расширяется при постоянной температуре от состояния 2 в состояние 3;
- 3) изохорное охлаждение: система теряет тепло при постоянном объеме, переходя из состояния 3 в состояние 4;
- 4) изотермическое сжатие: система сжимается при постоянной температуре, возвращаясь в состояние 1.

Перерисуйте этот цикл в координатах абсолютная температура – энтропия ($T - S$).

12. Постройте и перерисуйте график цикла с одной системы координат в другую. Постройте в $P - V$ -координатах цикл:

- 1) изобарное сжатие: система сжимается при постоянном давлении из состояния 1 в состояние 2;
- 2) адиабатическое расширение: система расширяется без теплообмена от состояния 2 до состояния 3;
- 3) изобарное нагревание: система получает тепло при постоянном давлении, переходя в состояние 3, в состояние 4;
- 4) адиабатическое сжатие: система сжимается обратно в состояние 1 без теплообмена.

Перерисуйте этот цикл в координатах абсолютная температура – энтропия ($T - S$).

13. Постройте и перерисуйте график цикла с одной системы координат в другую. Постройте в $P - V$ -координатах цикл:

- 1) изотермическое сжатие: система уменьшается в объеме при постоянной температуре из состояния 1 в состояние 2;
- 2) изобарное расширение: система расширяется при постоянном давлении, переходя из состояния 2 в состояние 3;
- 3) изохорное нагревание: система получает тепло при постоянном объеме, переходя в состояние 3 в состояние 4;
- 4) адиабатическое охлаждение: система охлаждается без теплообмена и возвращается в состояние 1.

Перерисуйте этот цикл в координатах абсолютная температура – энтропия ($T - S$).

14. Постройте и перерисуйте график цикла с одной системы координат в другую. Постройте в $P - V$ -координатах цикл:

- 1) изохорное охлаждение: система теряет тепло при постоянном объеме, переходя из состояния 1 в состояние 2;
- 2) изобарное сжатие: система сжимается при постоянном давлении от состояния 2 до состояния 3;
- 3) изотермическое расширение: система расширяется при постоянной температуре, переходя из состояния 3 в состояние 4;
- 4) адиабатическое расширение: система снова расширяется без теплообмена обратно в состояние 1.

Перерисуйте этот цикл в координатах абсолютная температура - энтропия ($T - S$).

15. Постройте и перерисуйте график цикла с одной системы координат в другую. Постройте в $P - V$ -координатах цикл:

- 1) адиабатическое сжатие: система теряет объем без теплообмена, переходя из состояния 1 в состояние 2;
- 2) изотермическое нагревание: система расширяется при постоянной температуре из состояния 2 в состояние 3;
- 3) изохорное охлаждение: система теряет тепло при постоянном объеме, переходя из состояния 3 в состояние 4;
- 4) изобарное охлаждение: система теряет давление при постоянной температуре, возвращаясь в состояние 1.

Перерисуйте этот цикл в координатах абсолютная температура – энтропия ($T - S$).

Вопросы для защиты лабораторной работы № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ВОЗДУХА МЕТОДОМ ИСТЕЧЕНИЯ ИЗ КАПИЛЛЯРА

Первый уровень

1. Что такое вязкость как явление?
2. Дайте определение коэффициенту динамической вязкости. Каков его физический смысл?

3. Чем обусловлено появление сил вязкости в идеальном газе?
4. Что такое эффективный диаметр молекулы?
5. Что такое средняя длина свободного пробега молекулы? Зависит ли средняя длина свободного пробега и эффективный диаметр молекул от давления, температуры, плотности газа, концентрации частиц?
6. Почему внутреннее трение называют явлением переноса?
7. Градиент какой величины определяет силу вязкого трения в газе?
8. По какой формуле можно рассчитать силу вязкого трения в газе?
9. В чем различие между ламинарным и турбулентным течением жидкости?
10. Приведите формулу для расчета коэффициента динамической вязкости газа.
11. В чем отличие кинематической от динамической вязкости?
12. Какие физические параметры воздуха нужно учитывать при определении вязкости?
13. Какие условия необходимо соблюдать для выполнения измерений в настоящей лабораторной работе?

Второй уровень

1. В чем состоит физический смысл понятия «градиент скорости»?
2. От чего зависит коэффициент вязкости?
3. Что называется длиной свободного пробега газа?
4. Почему при течении по трубе наибольшую скорость имеют молекулы газа в середине трубы? Для какого режима верно это утверждение?
5. В каком режиме устанавливается параболическое распределение скоростей газа в трубе?
6. Приведите формулу Пуазейля. Какую величину она определяет?
7. В каком режиме течения применяется формула Пуазейля?
8. О чем говорит излом на графике зависимости $\ln(\Delta p)$ от t в работе? (Здесь Δp – 0 перепад давления, t – время.)
9. Что такое вакуум?
10. Объясните понятия высокого, среднего и низкого вакуума. В чем состоит критерий перехода между этими состояниями?
11. Как зависит вязкое сопротивление от скорости при ламинарном режиме?

12. Как влияет диаметр капилляра на результаты измерений?
13. Как правильно выбрать капилляр для данного эксперимента?
14. В каком диапазоне значений измеряется вязкость воздуха в условиях комнаты?

Третий уровень

1. Покажите, что для газов $\eta = \sqrt{T}$. (Здесь η – коэффициент динамической вязкости, T – абсолютная температура.)
2. Как средняя длина свободного пробега молекул зависит от давления газа?
3. Как в настоящей работе можно рассчитать число Рейнольдса?
4. Как можно выяснить характер течения в трубе?
5. Почему связь между перепадом давления и временем в работе удобно задавать в логарифмическом масштабе?
6. Выведите рабочую формулу для расчета коэффициента вязкости в данной работе.
7. Какие допущения и почему принимаются при выводе рабочей формулы? В каком режиме она работает?
8. Какие явления относятся к явлениям переноса? Какими формулами они описываются?
9. Почему различные явления объединяются в явления переноса? Что у этих явлений общее?
10. Как коэффициент вязкого трения зависит от давления?
11. Почему зависимость коэффициента вязкости от температуры для жидкостей обратная, чем для газов?
12. Как зависит коэффициент теплопроводности газа от давления? Почему вакуумный термос все-таки работает?
13. При каком давлении должен находиться воздух в стенках термоса? Чем это объясняется?
14. Как связаны между собой коэффициенты вязкости, диффузии и теплопроводности?
15. Как зависит сопротивление газовой среды от скорости при турбулентном режиме?
16. Если известна вязкость при одной температуре, как ее пересчитать на другую температуру с учетом известных зависимостей?

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Вопросы для защиты темы. Измерение физических величин. Лабораторные работы № 0, 00	5
Вопросы для защиты лабораторной работы № 1. Измерение скорости пули с помощью баллистического маятника.....	8
Вопросы для защиты лабораторной работы № 3. Определение углового ускорения и момента инерции маятника Обербека	12
Вопросы для защиты лабораторной работы № 6. Определение отношения теплоемкостей газа C_p / C_v методом Клемана–Дезорма.....	15
Вопросы для защиты лабораторной работы № 7. Определение вязкости воздуха методом истечения из капилляра	19

**МЕХАНИКА. ТЕРМОДИНАМИКА.
ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ**

Методические указания

Редактор *И.Л. Кескевич*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 11.02.2025. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 50 экз.
Уч.-изд. л. 1,39. Печ. л. 1,5. Изд. № 209/24. Заказ № 64. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20