МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Молекулярная физика (физический практикум)»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «25» апреля 2022 года, протокол № 6

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение практических навыков проведения физического эксперимента по дисциплинам курса физики;
- овладение теоретическими знаниями основных понятий, законов и моделей по дисциплинам курса физики;
- освоение основных методов обработки и анализа экспериментальных результатов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 и является частью модуля «Физический практикум».

Данная дисциплина изучается вместе с соответствующей дисциплиной общего курса физики – «Молекулярная физика». Дисциплина опирается на содержание дисциплины «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра». Полученные в курсе знания необходимы для изучения дисциплин «Термодинамика и статистическая физика», «Атомная физика», «Полупроводниковая электроника».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-2 Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	**ИД-ОПК-2.1** Осуществляет обоснованный выбор способов и средств измерений и применяет их при проведении экспериментальных исследований	**Знать**: – основные физические величины и характеристики процессов и явлений на каждом структурном уровне организации материи, связи между физическими характеристиками явлений и процессов, области применимости количественных соотношений между физическими характеристиками, физические теории, позволяющие объяснять известные и предсказывать новые научные результаты; – методы статистической обработки результатов измерения в общем физическом практикуме. **Уметь:** – использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов;

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
		− формулировать на математическом языке и решать физические задачи из их стандартного набора; − использовать законы сохранения, фундаментальные физические закономерности; − понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; − пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики.
	ИД-ОПК-2.2 Проводит обработку и представление полученных данных и оценку погрешности результатов измерений	**Владеть:** − использования математического аппарата при решении физических задач; − использования информационных технологий при решении физических задач; − применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации**.**

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 акад.часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испыта-		
1	**«Явления переноса»** лабораторные работы № 1, 5, 6	2			10	1		3	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов

2	**«Процессы в газах»** лабораторные работы № 2, 3, 4	2			10	1		3	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
3	**«Поверхностные явления»** лабораторные работы № 7, 8, 9, 10, 13	2			11	1		3	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
4	**«Кинетические процессы»** лабораторные работы № 11, 12	2			10	1		3	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
5	**«Фазовые превращения»** лабораторные работы № 14, 15, 16	2			10	1		3,7	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
		2					0,3		Зачёт
	ИТОГО				**51**	**5**	**0,3**	**15,7**	

Содержание разделов дисциплины:

1. Явления переноса

Лабораторные работы:

№1 Определение коэффициента вязкости и длины свободного пробега молекул воздуха.

№5 Измерение коэффициента вязкости жидкостей методом Стокса.

№6 Изучение температурной зависимости коэффициента вязкости жидкостей с помощью капиллярного вискозиметра.

2. Процессы в газах

Лабораторные работы:

№2 Измерение постоянной Больцмана (универсальной газовой постоянной).

№3 Определение показателя адиабаты методом Клемана и Дезорма.

№4 Определение показателя адиабаты методом стоячих звуковых волн.

3. Поверхностные явления

Лабораторные работы:

№7 Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.

№8 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом капли и пузырька.

№9 Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры с помощью прибора Ребиндера.

№10 Определение размеров молекулы олеиновой кислоты.

№13 Измерение коэффициента поверхностного натяжения методом капиллярных волн.

4. Кинетические процессы

Лабораторные работы:

№11 Имитация броуновского движения, проверка закона Эйнштейна, термометрия в системе магнитных шариков.

№12 Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла для термоэлектронного газа.

5. Фазовые превращения

Лабораторные работы:

№14 Фазовые переходы.

№15 Определение удельной теплоты парообразования при температуре кипения.

№16 Изучение кривой равновесия жидкости и её насыщенного пара.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Лабораторное занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Консультация – занятие, посвящённое консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов методических материалов для лабораторных работ, промежуточной и текущей аттестации, а также отчетов студентов по лабораторным работам – пакеты Microsoft Office и Open/Libre Office;

– для расчёта формул – программа Wolfram Mathematica;

– для обработки результатов данных Excel.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т.. Т. 2, Термодинамика и молекулярная физика. / Д. В. Сивухин; М-во образования РФ - 5-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2005. - 543 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Т. II. Термодинамика и молекулярная физика. : учебное пособие : Для вузов. / Сивухин Д. В. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 544 с. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106015.html
3. Митрофанов В. А. Лабораторные работы по молекулярной физике: метод. указания. / В. А. Митрофанов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2007. - 66 с. Электронная версия: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20070707.pdf
4. Митрофанов В. А. Лабораторные работы по молекулярной физике / В. А. Митрофанов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. Ч. 2: метод. указания для студентов, обучающихся по направлениям Физика, Радиофизика, Электроника и наноэлектроника. - Б.м.: Б.и., 2014. - 81 с. Электронная версия: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20140708.pdf

б) дополнительная литература

1. Савельев И. В. Курс общей физики: В 5 кн. Учеб. пособие для вузов.. Кн.3, Молекулярная физика и термодинамика. / И. В. Савельев - М.: Астрель, АСТ, 2004. - 208с.
2. Трофимова Т. И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. / Т. И.Трофимова; М-во образования РФ - 7-е изд.,стереотип. - М.: Высш.шк., 2001. - 542с.
3. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин. / А. Н. Зайдель; АН СССР, Физико-техн. ин-т - Л.: Наука, 1974. - 108 с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Лаборатория «Молекулярная физика»

Лабораторная работа №1
- Лабораторная установка "Вязкость воздуха" (собств. изг.)
- Микроманометр
- Секундомер

Лабораторная работа №2
- Лабораторная установка "Постоянная Больцмана" (собств. изг.)
- Микроманометр

Лабораторная работа №3
- Лабораторная установка "Метод Клемана-Дезорма" (собств. изг.)
- Микроманометр

Лабораторная работа №4
- Лабораторная установка "Стоячие звуковые волны" (собств. изг.)
- Генератор Актаком АНР-1105)
- Вольтметр В3-38

Лабораторная работа №5
- Лабораторная установка "Метод Стокса" (собств. изг.)
- Секундомер
- Набор дробинок и стеклянных шариков

Лабораторная работа №6
- Лабораторная установка "Капилярный вискозиметр в термостате" (собств. изг.)
- Секундомер
- Термометр

Лабораторная работа №7
- Лабораторная установка "Отрыв кольца" (собств. изг.)
- Тара (песок)

Лабораторная работа №8
- Микроскоп типа "Биолам"
- Часовой индикатор
- Стеклянная кювета
- Стеклянная пластинка покрытая парафином

Лабораторная работа №9

- Прибор Ребиндера
- Термостат UTU-4
- Микроманометр ММН

Лабораторная работа №10
- Кювета
- Линейка
- Аналитические электронные весы Ohaus Explorer Pro EP214

Лабораторная работа №11
- Лабораторная установка "Имитация броуновского движения" (собств. изг.)
- ЛАТР
- Вольтметр
- Секундомер

Лабораторная работа №12
- Лабораторная установка "Распределение Максвелла" (собств. изг.)
- Источник питания Mustech HY1803
- Источник питания Mustech HY3002
- Вольтметр ВУ

Лабораторная работа №13
- Генератор Г3-109
- Микроскоп МБС-2 с вибратором
- Устройство синхронизации

Лабораторная работа №14
- Самописец КСП-4
- Коммутационное устройство
- Набор тиглей с нагревателями и различными сплавами олова и свинца
- Блок питания

Лабораторная работа №15
- Лабораторная установка "Удельная теплота парообразования" (собств. изг.)
- ЛАТР
- Вольтметр
- Секундомер
- Аналитические электронные весы Ohaus Explorer Pro EP214 (те же, что и в Лабораторная работа №10)

Лабораторная работа №16
- Лабораторная установка "Кривая равновесия жидкости и насыщенного пара" (собств. изг.)
- Насос Камовского

Автор:

ст. препод. каф. МОФ, к.ф.-м.н. Романов Д.Н

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Молекулярная физика (физический практикум)»

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, используемые в процессе текущего контроля успеваемости

(проверка сформированности компетенции ОПК-2 (индикаторы ИД-ОПК-2.2))

При выполнении лабораторной работы студент должен представить её результаты в форме отчета согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально. Критерии оценивания отчёта см. в общей таблице критериев, строки «отчёт», «результаты исследования», «объяснения и выводы».

Сдача теоретического минимума

Перед выполнением лабораторной работы студент должен ответить на вопросы преподавателя об особенностях изучаемых объектов, процессов и явлений, о методах исследования и используемом оборудовании. Вопросы берутся из «Списка контрольных вопросов по физическому практикуму по механике». Критерии оценивания см. в общей таблице, строка «ответы на вопросы при допуске и защите».

Список контрольных вопросов по физическому практикуму по молекулярной физике

1. С помощью функции распределения Максвелла $\varphi(v_z)$ получите выражения для средних значений компоненты скорости v_z в группах молекул, движущихся соответственно в положительном и отрицательном направлениях оси z.
2. Проективным пробегом называют расстояние, которое пролетает молекула в данном направлении между её двумя последовательными столкновениями. Рассчитайте среднюю длину проективного пробега молекул в газе.
3. Насколько оправдано пренебрежение сжимаемостью газа в условиях лабораторного-опыта?
4. Какой характер будет иметь зависимость величины ΔP от Q с учетом влияния начального участка потока газа в капилляре?
5. По данным измерений в опыте с коротким и широким капилляром постройте график зависимости величины b от произведения $a \cdot \mathrm{Re}$. Убедившись в его линейности, найдите значение постоянной c.
6. Можно ли найти подвижность реальных броуновских частиц путем эксперимента?
7. Почему жидкость по отношению к взвешенной в ней броуновской частице выступает как сплошная среда?

8. Для броуновской частицы диаметром d = 0.4 мкм, взвешенной в воде при комнатной температуре, найдите среднюю квадратичную скорость теплового движения. Рассчитайте число Рейнольдса. Правомерно ли применение к данному случаю формулы Стокса?
9. Какие косвенные доказательства справедливости молекулярно-кинетической теории и способы нахождения её фундаментальных констант вам известны?
10. Почему процесс накачки воздуха в баллон можно считать адиабатическим?
11. Как будут сказываться на результате опытов: негерметичность измерительной установки, задержка в закрытии отверстия О после выпуска воздуха из баллона, влажность воздуха в баллоне?
12. Как будут меняться с размерами баллона времена t_P и t_T, если коэффициент теплоотдачи α и размеры выпускного отверстия будут оставаться постоянными?
13. Чем отделены области жидкого и газообразного состояния вещества на плоскости переменных P, V?
14. Почему кривая равновесия жидкости и её насыщенного пара обязательно обрывается при достаточно высоких температурах (в критической точке)?
15. По графику зависимости величины y от x оцените температурный диапазон, в котором её можно считать линейной. Укажите возможные причины отклонения экспериментальных точек от построенной прямой при более низких температурах.
16. Учитывая второй член разложения функции $\ln(1+T_0x)$ в формуле (6) в лаб. раб. № 4 и табличные значения величин $c^{ж}$ и c_p^n, покажите, в какую сторону от прямой должна отклоняться кривая равновесия воды и её насыщенного пара. Согласуется ли это отклонение с опытными данными?
17. Согласуются ли табличные данные по температурной зависимости удельной теплоты испарения воды и значения $c^{ж}$, c_p^n с формулой (3) в лаб. раб. № 4?
18. Выведите формулы (5), интегрируя уравнение (3) в лаб. раб. № 5.
19. Получите выражение (6), интегрируя (4) и используя (5) в лаб. раб. № 5.
20. Получите выражение (9) в лаб. раб. № 5 из общей формулы для ошибки косвенных измерений.
21. Пользуясь графиками на рис. 1, 2 из лаб. раб. № 5 и выражениями для величин C и Re, спланируйте эксперимент по выходу на возможно большие числа Re.
22. Выведите интегральное выражение для времени “оседлой жизни” молекулы в потенциальной яме. Представьте соображения, приводящие к экспоненциальному виду функции вероятности $p(t)$.
23. Представьте соображения, приводящие к формулам (2) и (5) в лаб. раб. № 6.
24. Пользуясь формулой (2), рассчитайте количество колебаний, совершаемых частицей исследуемой жидкости за время “оседлой жизни” в лаб. раб. № 6.
25. Используя формулу (4), найдите скорость упорядоченного движения молекул воды (или глицерина) под действием силы тяжести. Сравните её со скоростью миграционного движения δ/τ в лаб. раб. № 6.
26. При каких температурах экспериментальные точки на плоскости переменных x, y в лаб. раб. № 6 заметно отклоняются от прямой? Чем можно объяснить это отклонение?
27. Внесите в формулу (6) в лаб. раб. № 6 поправку на тепловое расширение жидкости при постоянном давлении. Как эта поправка скажется на величине τ_0, определяемой по измерениям коэффициента вязкости $\eta(T)$?
28. Опираясь на представления Френкеля, объясните, как ведет себя жидкость, подверженная действию длительных и кратковременных сил.

29. Когда и как может повлиять на результаты опытов неполное смачивание кольца жидкостью?
30. Как влияют на величину поверхностного натяжения воды небольшие примеси спирта и эфира?
31. Выведите формулы (5), (6) в лаб. раб. № 7.
32. Испытайте на сходимость вычислительный процесс 1, предложенный для уточнения величины a.
33. Разработайте метод численного решения трансцендентного уравнения (6) в лаб. раб. № 7 и испытайте его.
34. Проведите уточняющие расчеты, уменьшающие систематическую ошибку, связанную с заданием величины a.
35. Найдите радиус капли воды, отрывающейся от носика вертикальной пипетки, имеющего радиус 1 мм.
36. Оцените средний радиус капли воды, отрывающейся от твердой горизонтальной поверхности при ее полном смачивании.
37. Оцените силу поверхностного натяжения, действующую на лапку водомерки, и глубину ее погружения в воду.
38. Оцените максимальный вес насекомых, способных перемещаться по свободной поверхности воды.
39. Опишите математически поле избыточного давления $\Delta P(x,t)$ в стоячей волне, где x – координата, взятая по шкале $Ш_2$, t - время.
40. Почему процессы расширения и сжатия воздуха в звуковой волне являются адиабатическими?
41. Как скорость звука в газе связана с его инертными свойствами и объёмной упругостью?
42. Выразите скорость звука в идеальном газе через его температуру.

Защита полученных результатов

После выполнения работы и оформления отчёта проводится защита полученных результатов по всем существенным критериям (см. таблицу критериев). Защита считается успешной, если все критерии выполнены не хуже, чем на пороговом уровне.

Критерии оценивания сдачи теоретического минимума, отчётов по лабораторным работам и защиты работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Качество модели	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям
Методика	Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью	Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать	Соблюдена полностью и осмысленно
Отчёт	Имеет 1-2 недостатка, однако в целом соответствует требованиям	Имеет некоторые незначительные недостатки в оформлении	Соответствует всем требованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
	к отчёту по лабораторным работам и читабелен	или представлении результатов	
Результаты исследования	В целом соответствуют заданию и адекватны объекту, однако погрешность результатов не контролировалась	Соответствуют заданию, адекватны объекту, имеется статистическая обработка результатов	Полностью соответствуют заданию, корректно отображают объект исследования в заданных условиях, погрешность контролировалась, обработка результатов проведена
Объяснения и выводы	Объяснения отрывочны, выводы бессодержательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены	В объяснениях есть гипотезы и аргументы в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области	Объяснения проводятся с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Зачет по физическому практикуму выставляется по итогам текущей аттестации, при выполнении студентом установленного количества лабораторных работ.

3. Описание процедуры выставления оценки

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачет» или «незачет».

Оценка «зачет» выставляется студенту, который подготовил отчёты по лабораторным работам, знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов молекулярной физики, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, умеет использовать материалы к лабораторным работам, владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого не подготовлен хотя бы один отчёт по необходимым лабораторным работам, который не знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов молекулярной физики, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, не умеет использовать материалы к лабораторным работам или не владеет

навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины
«Молекулярная физика (физический практикум)»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Физический практикум играет важную роль в процессе изучении студентами основных физических законов и закономерностей, прививает им навыки самостоятельной постановки и проведения физического эксперимента, знакомит их с методами обработки результатов измерений и представлением полученных данных в виде графиков и таблиц. В общем физическом практикуме студенты работают в течение шести семестров, выполняя работы соответственно в разделах «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика» и «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Физический практикум по молекулярной физике: рассматривается молекулярная и связанные с ней макроскопические формы движения материи. Описываются экспериментальные исследования и умозрительные построения, приводящие к феноменологическим и фундаментальным законам в области термомеханических явлений. Даются методы определения количественных характеристик свойств газов, жидкостей, твердых тел и параметров микроскопических частиц.

Каждый студент заранее получает информацию о номере лабораторной работы физического практикума, которую ему предстоит выполнять на очередном занятии.

Студент должен без опоздания явиться в лабораторию, где выполняется физический практикум.

На занятия физического практикума студент должен приходить подготовленным к выполнению лабораторной работы, что означает: усвоение теоретического материала по теме лабораторной работы, знание порядка ее выполнения, основных элементов установки, методов обработки результатов. При подготовке следует изучить описание и дополнительный материал в рекомендованной литературе (в конце описания), подготовить ответы на контрольные вопросы.

После изучения описания лабораторной работы студент должен подготовить в рабочей тетради конспект теоретического материала, привести схему экспериментальной установки и основные расчетные формулы, приготовить таблицы для записи результатов экспериментов, указать названия упражнений.

Измерения на установке производятся в том порядке, который указан в описании лабораторной работы. В рабочую тетрадь, или, как правило, в заранее подготовленную таблицу, студент должен записать результаты всех проведённых прямых измерений непосредственно во время эксперимента. Все данные записываются в таблицу только ручкой, предельно аккуратно, с указанием размерности измеряемых величин. Если для обработки данных используется компьютер, то данные сначала записываются в тетрадь и только потом в компьютер. Если студент не может объяснить, как они получены, то это может послужить основанием для неудовлетворительной оценки. По окончании выполнения эксперимента студент представляет результаты измерений преподавателю. Преподаватель подписывает результаты в рабочей тетради студента и делает отметку о выполнении работы в своей книжке. Только после этого лабораторная работа считается выполненной, а студент имеет право покинуть лабораторию.

Для сдачи работы студент должен выполнить все задания, приведенные в описании лабораторной работы. В рабочей тетради должны быть представлены результаты обработки экспериментальных данных и погрешности (с указанием расчетных формул для их оценки).

В конце отчета приводятся основные результаты и формулируются выводы. Отчет по лабораторной работе сдается во время очередного занятия практикума преподавателю. Преподаватель знакомится с полученными результатами, задает дополнительные вопросы и, с учетом ответов студента по теоретическим и экспериментальным результатам ставит оценку за выполненную работу. Если ответы студента не удовлетворяют преподавателя или обработка результатов проведена не в полном объеме, то преподаватель имеет право отправить студента для дополнительной подготовки и повторной сдачи лабораторной работы.

Студент, своевременно выполнивший и сдавший лабораторные работы, получает оценку «зачтено», которая проставляется преподавателем группы в зачетную книжку, а также в зачетную ведомость. Для студентов, имеющих по окончании физического практикума несданные лабораторные работы, организуется комиссия по практикуму, на которой разрешается сдать работы, выполненные ранее. Выполнение лабораторного практикума на комиссии не допускается. На комиссии должны присутствовать все студенты, не получившие зачет по практикуму. Комиссия выясняет причины невыполнения учебного плана по практикуму. С учетом предъявленных студентом объяснений и справок комиссия принимает решение о зачете или незачете по практикуму.

ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению отчёта по лабораторным работам

1) Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
2) Цель работы.
3) Перечень используемого оборудования с указанием основных параметров установок и приборов.
4) Основные теоретические сведения и расчетные формулы.
5) Функциональную и принципиальную схему лабораторной установки.
6) Предварительные расчеты, выполненные при подготовке к выполнению работы (где это требуется по описанию работы).
7) Содержание работы (порядок выполнения).
8) Ход выполнения работы:
а) таблицы с результатами вычислений;
б) графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

Примечание: графики вычерчиваются на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера и вклеиваются в отчет. На каждом графике строятся только те зависимости, которые предусмотрены соответствующим пунктом описания. Особое внимание следует обратить на рациональный выбор масштабов по осям координат. Графики экспериментальных зависимостей следует выполнять так, чтобы были ясно видны точки снятых отсчетов. Поскольку получаемые точки имеют некоторый разброс, то кривые следует проводить между ними, сообразуясь с физическими закономерностями.
9) Оценку ошибок измерений и вычислений.
10) Краткие выводы: критические сопоставления результатов эксперимента и теоретических положений, объяснения расхождений между ними (в случае их наличия).