

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет
Кафедра общей физики



УТВЕРЖДАЮ
 Декан ФФ, д.ф.-м.н
 В.Е.Блинов
 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПРАКТИКУМ

направление подготовки: 03.03.02 Физика
 Направленность (профиль): все профили

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)			Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем		Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	108	64		42				2	
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы, из них: - контактная работа 66 часов Компетенции : ОПК-2									

Ответственный за образовательную программу
 д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
5. Перечень учебной литературы.	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся. ...	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина «Молекулярный практикум» предназначена для приобретения студентами современных знаний и практических навыков экспериментальной работы при исследовании в области молекулярной физики, термодинамики и вакуумной техники. Обучающийся должен освоить методики научного исследования в области молекулярной физики и термодинамики, рассчитать основные величины и ошибки измерений в процессе выполнения лабораторных работ. В процессе работы с современными физическими установками обучающийся должен ознакомиться с их физическими характеристиками и принципами работы, грамотно и критически подобрать теоретическую модель к наблюдаемым явлениям.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК - 2.1. Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики. ОПК – 2.2. Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.	Знать основы различных методик исследования в области молекулярной физики, термодинамики. Уметь оценивать основные погрешности результатов измерений при выполнении лабораторных работ, обработать и представить полученные в эксперименте данные согласно общепринятым нормам.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Содержание дисциплины «Молекулярный практикум» соответствует теоретическому курсу «Молекулярная физика», который читается параллельно на первом курсе во втором семестре для студентов физического факультета. Сочетание теоретических знаний и практических навыков экспериментальной работы способствует более углублённому усвоению разделам физики в области молекулярной физики и термодинамики. Особенность курса – максимальное приближение всех лабораторных работ к исследовательским работам начального уровня.

При проведении лабораторных работ студенты используют навыки и знания, полученные при прохождении курса лабораторных работ дисциплины «Измерительный практикум» в предыдущем семестре. Данная дисциплина является базовой дисциплиной для дальнейшего освоения других, следующих за ним курсов такие как «Статистическая физика и термодинамика», «Физика и химия атомов и молекул», «Атомный практикум».

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)			Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем		Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лабораторные занятия	Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	108	64		42				2	
Всего 108 часов / 3 зачетные единицы, из них: - контактная работа 66 часов									
Компетенции : ОПК-2									

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: выполнение и сдача лабораторных работ
- промежуточная аттестация: – дифференцированный зачет

Общая трудоемкость программы составляет **3** зачетные единицы, **108** академических часов, из них контактная работа составляет 66 часов, самостоятельная работа обучающегося составляет 42 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Молекулярный практикум» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-м курсе физического факультета НГУ в 2 семестре.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	Консультации в период занятий	
				Лекции	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Техника безопасности, вводный инструктаж и	1	1		1			
2	Атомно-молекулярное строение вещества.	1-5	29		17	12		
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	1-5	2		2			
3	Свойства газов и жидкостей	6-11	38		22	16		
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	6-11	2		2			
4	Термодинамические свойства вещества	12-16	32		18	14		
	Индивидуальная работа с преподавателем. Сдача лабораторных работ.	12-16	2		2			
5	Дифференцированный зачет	17	2					2
	Итого		108		64	42		2

Программа лабораторных занятий:

1. Атомно-молекулярное строение вещества

Лабораторная работа. «Изучение броуновского движения».

Исследуется броуновское движение - непрерывное, беспорядочное перемещение малых частиц вещества (например, молока), взвешенных в жидкости - пример флуктуационных явлений. По экспериментальным траекториям движения частиц определяется зависимость среднеквадратичного отклонения координаты от времени, коэффициент диффузии, вычисляется постоянная Авогадро, оценивается число соударений, испытываемых броуновской частицей с молекулами окружающей жидкости. Выполненная работа демонстрирует студенту торжество молекулярно-кинетической теории и даёт возможность лучше понять природу флуктуаций.

Лабораторная работа «Знакомство с методами получения и измерения вакуума».

Цель работы - изучение современных способов получения и измерения вакуума. Студенты изучают принципы действия форвакуумного, диффузионного вакуумного насосов, а также физические основы работы приборов, для измерения вакуума

установленных на лабораторной вакуумной установке (термопарного, ионизационного и других современных типов манометрических преобразователей). В процессе работы студенты знакомятся с типами течения газов: вязкостным и свободномолекулярным. Измеряют скорость натекания газов в вакуумный объём и скорость откачки газов из вакуумного объёма через трубопроводы различной геометрии и сравнивают данные с расчётом. Преподаватели знакомят студентов с современными вакуумными технологиями с элементами динамики разреженных газов, объясняют необходимость вакуумных условий для проведения фундаментальных научных исследований.

Лабораторная работа. «Тепловой шум и определение постоянной Больцмана».

Цель работы - знакомство с флуктуациями, обусловленными тепловыми движениями электронов в твёрдом теле. Студенты знакомятся с фундаментальным явлением, имеющим принципиальное значение для определения границ применимости термодинамических понятий и закономерностей в физике, а также пределов чувствительности физических приборов. Работа основана на уравнении Найквиста, где величина флуктуаций характеризуется средним значением квадрата напряжения (потенциала) возникающего на концах проводника вследствие тепловых флуктуаций плотности электронного газа. Объект исследования - нить накаливания электрической лампы. Исследуются источники ошибок при измерении постоянной Больцмана. Работа позволяет лучше понять природу флуктуаций и глубже разобраться в лабораторной работе "Броуновское движение".

Лабораторная работа. «Измерение средней длины свободного пробега атомов металла в вакууме».

Цель работы - знакомство с одним из методов определения длины свободного пробега атомов меди в вакууме. Закрепление навыков работы на вакуумных установках

Определение времени колебательной релаксации в углекислом газе.

В данной работе исследуется колебательная релаксация-процесс установления термодинамического равновесия между колебательными и поступательными степенями свободы. Приведена краткая теория явления, рассмотрены особенности практического выполнения работы.

2. Свойства газов и жидкостей

Лабораторная работа. «Измерение вязкости жидкости и газа (метод Стокса и метод капилляра)».

Студенты знакомятся с двумя классическими способами измерения коэффициента вязкости: методом Стокса (движение сферы в ламинарном потоке жидкости) и капиллярным вязкозиметром (величина потока газа по трубе является функцией вязкости). Студенты измеряют зависимость вязкости глицерина от температуры и рассчитывают число Рейнольдса для проведенного эксперимента. С помощью капиллярного вискозиметра студенты измеряют вязкость воздуха и оценивают длину свободного пробега молекул при атмосферном давлении. Экспериментаторы сравнивают полученные результаты с известными данными и объясняют возможные ошибки измерений.

Лабораторная работа. «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей волновым методом».

Студенты исследуют широко известное явление - распространение капиллярно-гравитационных волн на поверхности жидкости и измеряют волновым методом зависимость коэффициента поверхностного натяжения дистиллированной воды от концентрации примесей. С помощью стробоскопического эффекта наблюдают интересную физическую «картину» - "застывшие" волны при прерывистом освещении поверхности

жидкости светом с частотой кратной частоте генератора поверхностных волн. Работа знакомит с физикой поверхностного натяжения и ролью поверхностного натяжения в фундаментальных и прикладных исследованиях (в физике, химии, биологии и технике). Студенты подробно исследуют особенности волнового метода измерения.

Лабораторная работа. «Исследование ударных волн в газах».

Студенты знакомятся с физикой ударных волн в газах, методами их получения и измерения их скорости распространения, а также с прикладными и фундаментальными задачами физики быстропротекающих процессов. На экспериментальной установке сжатый воздух разрушает диафрагму и движется по трубе, создавая ударную волну. Скорость ударной волны измеряется с помощью двух пьезодатчиков и цифрового осциллографа. Студенты исследуют зависимость давления в ударной волне от давления в камере расширения (на диафрагме) и определяют чувствительность пьезодатчика. При выполнении курсовых работ по данной теме студенты исследуют распространение ударных волн в различных газах.

3. Термодинамические свойства вещества

Лабораторная работа. «Определение температурной зависимости давления насыщенных паров и теплоты испарения жидкого азота».

Студенты экспериментально изучают важное свойство термодинамических систем: зависимость давления насыщенных паров веществ от температуры. В данной работе эта характеристика изучается применительно к азоту. Измеряется давление его насыщенных паров над жидкой поверхностью от температуры. По экспериментальным данным студенты рассчитывают теплоту испарения и результат сравнивают с величиной теплоты испарения азота, полученной из измерений прямым калориметрическим методом. В процессе выполнения работы студенты изучают принцип работы термопары и на практике знакомятся с физикой низких температур. Преподаватели объясняют необходимость изучаемого свойства термодинамических систем для фундаментальных и прикладных исследований в физике, химии и биологии.

Лабораторная работа. «Определение удельной теплоёмкости металлов импульсным методом»

Идея метода заключается в том, что тепло вводится в металлический образец (в проволочку) пропусканием через него электрического тока (измеряется ток и сопротивление), а температура образца рассчитывается по известной зависимости сопротивления от температуры. Импульсный метод позволяет существенно уменьшить потери тепла от исследуемого образца, что относится к достоинству способа. Студенты экспериментально измеряют подводимую (избыточную) мощность (в предположении, что всё тепло идет на нагрев образца), а также зависимость изменения температуры образца от времени и определяют его массу (взвешиванием). Использование внутреннего нагрева (метод Кольрауша), позволяет обойтись без специальных высокотемпературных печей, вводить тепло в образец за малые промежутки времени и исследовать теплоёмкость малого количества вещества.

Лабораторная работа. «Определение удельной теплоемкости металлов».

Студенты определяют теплоёмкость металлов методом сравнения скоростей охлаждения образца и эталона с известной теплоёмкостью.

Лабораторная работа. «Измерение теплоёмкости металлов модуляционным методом».

Студенты знакомятся с модуляционным методом измерения теплоёмкости металлов

предназначенного главным образом для измерения теплоёмкости тугоплавких металлов при очень высоких температурах.

Лабораторная работа. «Наблюдение фазовых переходов жидкость-газ и определение критической температуры Фреона-13».

Студенты исследуют пример фазовых превращений в термодинамических системах: испарение и конденсация, а также наблюдают критическое состояние вещества, которое характеризуется отсутствием различия в физических характеристиках фаз. Вещество становится однородным (исчезает мениск - граница раздела двух фаз). Это явление и взято в основу методики эксперимента. Из результатов наблюдения за поведением менисков в ампулах разного удельного объёма при изменении температуры можно определить критическую температуру и критический объём, давление, а также константы, входящие в уравнение Ван-дер-Ваальса и объяснить возможные расхождения с табличными данными. Студенты наблюдают интересное оптическое явление: опалесценцию.

Лабораторная работа. «Определение времени колебательной релаксации в углекислом газе».

В данной работе исследуется колебательная релаксация-процесс установления термодинамического равновесия между колебательными и поступательными степенями свободы. Приведена краткая теория явления, рассмотрены особенности практического выполнения работы.

Самостоятельная работа студентов (42 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к лабораторным занятиям.	42

5. Перечень учебной литературы.

1. Докторов А.Б., Бурштейн А.И. Термодинамика и молекулярная физика. Курс лекций. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2009.
2. Дзюба С.А., Замураев В.П., Калинина А. Молекулярная физика. Ч. 1. Молекулярно-кинетическая теория. П. Новосибирск: ФФ НГУ, 2012. - 94 с.
3. Дзюба С.А., Замураев В.П., Калинина А. Молекулярная физика. Ч. 2. Термодинамика. Новосибирск: ФФ НГУ, 2012. - 172 с.
4. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: Наука 1976.
5. Основы вакуумной техники/А.И.Пипко, В.Я.Плисковский и др. М.: Энергоиздат, 1981.
6. Б.А. Князев, В.С. Черкасский. Начала обработки экспериментальных данных. Учебное пособие. Издательство НГУ, 1996.
7. Румер М.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. 2-е изд. испр. и доп. М.: Наука, 2000.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Для самостоятельной работы студентов на сайте кафедры общей физики представлены описания лабораторных работ с кратким изложением теории изучаемого явления, задания, рекомендации к выполнению поставленных задач, контрольные вопросы для самоподготовки: <http://www.phys.nsu.ru/molecules/Labworks.html>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

7.1 Ресурсы сети Интернет

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.2 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются.

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

Для реализации дисциплины «Измерительный практикум» используются специальные помещения:

1. Лаборатории для проведения практических занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.

2. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные лаборатории укомплектованы специализированной мебелью и лабораторным оборудованием для обеспечения преподавания дисциплины, а также техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации по дисциплине.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

В процессе выполнения лабораторных работ осуществляется контроль по их выполнению. Под наблюдением преподавателя обучающийся осуществляет самостоятельное выполнение последовательности четко сформулированных заданий, представленных в описании лабораторной работы. После выполнения стандартных заданий студенту преподавателем предлагается изменить ход измерений с целью получения навыков использования альтернативных подходов и дополнительной информации о физических явлениях, а также ответить на контрольные вопросы по результатам выполнения лабораторной работы. Лабораторные работы сдаются по мере их выполнения, в учебной программе дисциплины предусмотрено время для самостоятельной работы обучающегося: на подготовку к сдаче и оформлению экспериментальных результатов по выполненной работе в виде отчета. Выполнение лабораторной работы оценивается преподавателем по пятибалльной шкале.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-2 сформирована не ниже порогового уровня.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации. Выполненные работы должны охватывать все разделы дисциплины, из которых обучающийся должен выполнить до 8 работ по назначению преподавателя.

Для оценивания выполнения обучающимся лабораторных работ используется "пятибалльная" шкала:

- оценка "отлично" выставляется в случае, если выполнено не менее 8 лабораторных, из них не менее половины на оценку "отлично" (продвинутый уровень освоения компетенций);
- оценка "хорошо" выставляется в случае, если выполнено не менее 7 лабораторных, из них не менее половины на оценку "хорошо" (базовый уровень освоения компетенций);
- оценка "удовлетворительно" выставляется в случае, если выполнено не менее 6 лабораторных работ (пороговый уровень освоения компетенций);
- оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если выполнено менее 6 лабораторных работ (уровень усвоения компетенций не сформирован);

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК - 2.1. Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного	Знать основы различных методик исследования в области молекулярной физики, термодинамики.	Лабораторные работы, дифференцированный зачет.

исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.		
ОПК – 2.2. Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.	Уметь оценивать основные погрешности результатов измерений при выполнении лабораторных работ, обработать и представить полученные в эксперименте данные согласно общепринятым нормам.	Лабораторные работы, дифференцированный зачет.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Молекулярный практикум».

Таблица 10.2

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения) компетенций	Критерии оценивания результатов обучения	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
ОПК-2.1	Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
ОПК-2.2	Наличие умений	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Контрольные вопросы к лабораторным работам

Лабораторная работа. «Изучение броуновского движения».

1. Оцените точность определения τ . Каковы случайные и систематические погрешности? Их основной источник?
2. По разбросу точек на экспериментальной зависимости определите погрешность измерения коэффициента диффузии. Какой основной источник ошибок?

Лабораторная работа «Измерение тепловых шумов и измерение постоянной Больцмана»

1. Каковы источники ошибок при измерении постоянной Больцмана? Предложите способы уменьшения основных погрешностей.
2. Почему в качестве источника шума используется две лампы накаливания? Почему при определении постоянной Больцмана под R понимается половина сопротивления лампы?

Лабораторная работа. «Измерение средней длины свободного пробега атомов металла в вакууме».

1. Оцените погрешность измерений $\bar{\lambda}$
2. Предложите, как экспериментально проверить критерий «тонкого» напыления, когда η пропорциональна числу молекул металла, находящихся на единице поверхности пластинки.

Лабораторная работа. «Получение и измерение вакуума».

1. Оцените быстроту откачки при различных давлениях. Объясните, что является определяющим в каждом случае: пропускная способность вакуумопроводов или производительность насосов.
2. Оцените длину свободного пробега молекулы при заданном давлении.
3. Какой режим течения в трубопроводе при заданном давлении?
4. Какие типы насосов, кроме используемых в работе, Вы знаете?
5. Чем ограничен диапазон работы манометрических преобразователей?

Лабораторная работа. «Определение времени колебательной релаксации в углекислом газе».

1. Что произойдет, если
 - а). нарушится герметичность системы с U-образным манометром ?
 - б). острое иглы трубки Пито не попадет в «ядро» потока ?
 - в). показания манометра превысят 0.6 атм ?Ламинарное или турбулентное течение газа реализуется в установке ?

Лабораторная работа. «Определение температурной зависимости давления насыщенных паров теплоты испарения жидкого азота».

1. Что такое кипение жидкости? В чем различие понятий «кипение» и «испарение» жидкости?
2. Как температура кипения жидкости зависит от внешнего давления? Почему?
3. С какой погрешностью Вы определите теплоту испарения жидкого азота?
4. Как определить суммарную точность метода измерения?
5. Какие возможные и основные источники погрешностей в данной работе?
6. Как соотносятся Ваши результаты с табличными данными и с данными других студентов?

Лабораторная работа. «Наблюдение фазовых переходов жидкость-газ и определение критической температуры Фреона-13».

1. Объясните причины возможного различия температур исчезновения и появления менисков, определенных при нагреве и охлаждении.
2. Что такое критическая опалесценция? Воспользуйтесь физической энциклопедией.
3. Как работает термостат?
4. Какая должна быть скорость нагрева ампул для получения точных данных?

Лабораторная работа. «Определение удельной теплоёмкости металлов. Метод охлаждения».

1. По экспериментальной зависимости $T(t)$ оцените время нагрева термопары до температуры образца. Как время нагрева влияет на точность измерения T ?
2. Оцените влияние излучения на скорость охлаждения образца.

Лабораторная работа. «Определение удельной теплоёмкости металлов. модуляционный метод».

1. Укажите источники погрешностей. Оцените случайную и систематическую погрешности измерений.

Лабораторная работа. «Определение удельной теплоёмкости металлов. Импульсный метод».

1. Сопоставьте свои данные со справочными.
2. Оцените массу и геометрические размеры нити накаливания.
3. Оцените погрешности отдельных измерений. При высокой температуре. При низкой температуре.
4. Используя метод наименьших квадратов постройте линейную аппроксимацию экспериментальных данных. Нанесите полученную зависимость на график $mC_p(T)$. Отклоняется ли экспериментальная зависимость $mC_p(T)$ от линейной?

Лабораторная работа. «Определение вязкости газа и жидкости».

1. Составьте перечень источников погрешностей, оцените вклад каждого из них и суммарную ошибку метода. Укажите возможные меры для повышения точности измерений.
2. Как сказывается на результатах измерения неоднородность и нестабильность температуры глицерина.
3. Рассчитайте числа Рейнольдса для проведенных экспериментов.
4. Сравните кинематические вязкости глицерина и воздуха.
5. Почему температурная зависимость вязкости воздуха и глицерина различается ?

Лабораторная работа. «Исследование ударных волн в газах».

1. Чем определяется максимальное временное разрешение датчика ?
2. Чем ограничивается возможность неискаженной записи длинного прямоугольного импульса давления ?
3. Какими диэлектрическими свойствами обладает пьезокерамика ?

Лабораторная работа. «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей волновым методом».

1. Найдите в справочной литературе величину диаметра молекулы воды и, пользуясь отношением коэффициентов поверхностных натяжений, определите размеры молекул исследуемых жидкостей.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы по дисциплине
«Молекулярный практикум
направление подготовки: 03.03.02 Физика
Направленность (профиль): все профили**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного