

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет естественных наук
кафедра физики и геофизики

УТВЕРЖАЮ
на 20 29 08 2024 г.
Методическим советом Филиала
Протокол № 10 от 29.08 2024 г.
Заместитель директора по учебной работе
Заведующий кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
О.А. Шпырко
20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Общий ядерный практикум

код и наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:
специалитет

Направление подготовки:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП:

общий

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:

очная

очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики и геофизики
протокол №4 от «21» июня 2023 г.
Заведующий кафедрой

(подпись)

(К.В. Показеев)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г. Севастополе
Протокол №6 от «28» июня 2023 г.

(подпись)

(Л.И. Теплова)

Севастополь, 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года № 700, от 29 мая 2023 года № 702, от 29 мая 2023 года № 703

Год (годы) приема на обучение: с 2020



курс – 2

семестры – 3

зачетных единиц – 2

академических часов – 18, в т.ч.

лекций – нет

практических занятий – 18 часов

Форма промежуточной аттестации:

зачет в 3 семестре

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.

«Общий ядерный практикум», как важнейшая составная часть курса общей физики является одной из основных дисциплин в общей системе современной подготовки физиков - профессионалов.

Она изучается на младших курсах параллельно чтению лекций курса общей физики и ее главной задачей является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение всех разделов физики в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов.

Курс начинается с теоретического введения, далее следуют циклы лабораторных работ по соответствующим разделам курса общей физики.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Базовые знания по общей физике, высшей математике и технике проведения экспериментов.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- методики постановки физических экспериментов;
- основные элементы техники безопасности при проведении экспериментальных исследований.

Уметь:

- подготовить и выполнить физический эксперимент;
- применять теоретические познания к анализу конкретных физических ситуаций;
- работать с современной измерительной аппаратурой.

Владеть:

- методами измерений физических величин и принципы действия современной аппаратуры;
- методами обработки и анализа полученных данных, а также методы представления результатов, с использованием как традиционных, так и современных компьютерных подходов.

Иметь опыт:

- проведения физического эксперимента с использованием электронно-механических средств контроля.

4. Формат обучения – контактный.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з. е., в том числе 18 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 54 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Введение.	-	Консульта ции, 2	5	7	-
Измерение линейных размеров и плотности образца. Нониус и микрометрически е шкалы.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Мультиметры. Измерение силы тока, напряжения и активных сопротивлений.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Метод наименьших квадратов. Графическое представление данных.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Электронно-лучевой осциллограф.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Изучение работы термостата. Градуировка медного термометра.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Изучение нормального распределения. Применение гистограмм для обработки данных.	-	Лаборатор ные работы, 10	4	14	Отчет по лаб. раб.
Изучение	-	Лаборатор	4	14	Отчет по лаб.

статистики фотоотсчетов ФЭУ.		ные работы, 10			раб.
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе)	-	-	-	-	-
	-	18	48	66	
Промежуточная аттестация (зачеты)			6		
Итого				72	

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

Дисциплина «Общий ядерный практикум» не имеет в своем составе тем (разделов) как таковых.

Теоретические знания.

В рамках раздела «Введение в технику эксперимента» студенты получают теоретические знания по следующим темам:

- Совместные измерения. Идея метода наименьших квадратов. Обработка результатов совместных измерений.
- Погрешности измерений и их классификация. Правила оценки ошибок. Оформление результатов измерений.

Осуществляя выполнение лабораторных работ по другим разделам «Общего ядерного практикума» студенты закрепляют знания, полученные в рамках дисциплин курса «Общей физики» и имеют дополнительную возможность к самостоятельному изучению теоретических основ общефизических дисциплин.

Проведение лабораторных занятий.

Методика проведения практических занятий.

Практические занятия состоят в выполнении студентами лабораторных работ согласно тематическому плану.

Каждая работа обеспечена описанием, включающим

- цель работы;
- теоретические основы работы;
- описание лабораторной установки и (или) компьютерной программы;
- план проведения измерений;
- указания по обработке и представлению результатов;
- контрольные вопросы;
- список рекомендованной литературы.

Выполнение лабораторной работы студентом состоит из следующих частей:

- подготовка к работе на основе описания;

- получение допуска к работе в результате устного тестирования преподавателем по учебному материалу, изложенному в описании и рекомендованной литературе;
- выполнение упражнений на лабораторной установке или компьютере;
- обработка данных и подготовка отчета;
- финальная защита выполненной работы перед преподавателем.

Каждому студенту заблаговременно выдается описание лабораторной работы для самостоятельного изучения и подготовки к выполнению, в конце описания каждой работы приводится список литературы по теме данной работы для более детального изучения материала.

Пример описания лабораторных работ.

Лабораторная работа

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ

Цель работы - измерение скорости звука в воздухе методом акустического интерферометра. При выполнении лабораторной работы студенты ознакомятся со звуковыми волнами, полем скоростей и давлений в акустическом резонаторе, с понятием скорости звука как термодинамической характеристикой среды.

Теоретические основы работы

Звуковые волны, скорость звука и термодинамические характеристики. В жидкостях и газах возможны лишь сжатия и растяжения, поэтому в них могут распространяться только продольные волны. Пусть x - координата, вдоль которой распространяется волна, а $\xi(x, t)$ - смещения частиц среды. Рассмотрим трубку тока сечением S и выпишем уравнение движения для ее элемента длиной Δx :

$$\rho \Delta x S \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = S(p(x, t) - p(x + \Delta x, t)), \quad (1)$$

где $p = p_0 + \Delta p$ - давление, $\rho = \rho_0 + \Delta \rho$ - плотность среды, представленные в виде суммы их равновесных значений и возмущений, связанных с волной. Переходя к пределу $\Delta x \rightarrow 0$

$$(p(x + \Delta x, t) - p(x, t) = \Delta p(x + \Delta x, t) - \Delta p(x, t) \approx \Delta x \partial(\Delta p(x, t)) / \partial x),$$

получим из уравнения (1)

$$\rho_0 \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = - \frac{\partial \Delta p}{\partial x}, \quad (2)$$

где использовано предположение о малости амплитуды волны – малости возмущений плотности $\Delta \rho \ll \rho_0$. В этом случае

$$\Delta \rho = \rho - \rho_0 = \rho_0 \left(\frac{\Delta x}{\Delta x + \xi(x + \Delta x) - \xi(x)} - 1 \right) \approx \rho_0 \left(\frac{1}{1 + \partial \xi / \partial x} - 1 \right) \approx -\rho_0 \frac{\partial \xi}{\partial x}. \quad (3)$$

Для малых возмущений плотности можно также написать

$$\Delta p = \left(\frac{dp}{d\rho} \right)_{\rho=\rho_0} \Delta \rho = c^2 \Delta \rho, \quad (4)$$

где введено обозначение

$$c = \sqrt{\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_{\rho=\rho_0}}. \quad (5)$$

Подставив (3) и (4) в (2), получим волновое уравнение $\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}$, из которого видно, что

величина c является скоростью волны – скоростью звука в среде.

Определим скорость звука для идеального газа, используя формулу (5). Ньютон предполагал, что звуковые колебания происходят изотермически. Тогда c определяется из уравнения состояния $p = \rho RT / \mu$:

$$c = \sqrt{\frac{RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{p_0}{\rho_0}}. \quad (6)$$

Лаплас предположил, что звуковые колебания происходят адиабатически. Тогда c определяется из уравнения адиабаты $p = p_0 (\rho / \rho_0)^\gamma$ (где $\gamma = C_p / C_v$ - показатель адиабаты):

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}} = \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}}. \quad (7)$$

Из-за явного различия между числовыми величинами, рассчитанными по формулам (6) и (7), нетрудно сделать выбор, проведя измерения скорости звука. Эксперимент показывает справедливость формулы (7). Более того, формула (7) дает один из наиболее точных способов измерения показателя адиабаты:

$$\gamma = \mu c^2 / (RT), \quad (8)$$

т.е. для определения γ достаточно измерить скорость звука и температуру газа (при известной молекулярной массе газа μ).

Величину скорости звука, полученную путем измерения, используют для вычисления термодинамических характеристик, которые трудно измерить непосредственно. Например, как

следует из формулы (5), коэффициент адиабатической сжимаемости $\beta_s = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_s$ можно найти

по измерениям скорости звука и плотности:

$$\beta_s = \frac{1}{\rho c^2}. \quad (9)$$

Этот коэффициент связан с изотермическим коэффициентом сжимаемости $\beta_T = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_T$

формулой $\beta_s = \beta_T / \gamma$. Определив для некоторой жидкости значение адиабатической сжимаемости из измерений скорости звука, а также определив из статических измерений величины изотермической сжимаемости и теплоемкости при постоянном давлении, можно найти γ и теплоемкость при постоянном объеме $C_v = C_p / \gamma$. Далее, используя

термодинамическую формулу $C_p - C_v = Tc^2 \varepsilon^2$, можно найти коэффициент теплового

расширения $\varepsilon = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p$.

Вынужденные звуковые колебания в трубе. Рассмотрим звуковые колебания в трубе длиной L , один из торцов которой ($x = L$) закрыт твердой крышкой, а другой торец ($x = 0$) совершает гармонические колебания с частотой ω .

Скорости частиц газа в плоской звуковой волне описываются

формулой $v_1 = \frac{\partial \xi}{\partial t} = A_1 \cos(kx - \omega t - \varphi_1)$, где волновое число k и частота ω связаны

соотношением $k = \omega / c$, A_1 и φ_1 - произвольные постоянные. Если пренебречь влиянием вязкости, то бесконечно длинная труба, расположенная вдоль оси x , не будет возмущать звуковую волну, и скорости частиц будут описываться той же формулой. Если в трубу добавить твердую крышку, расположенную перпендикулярно стенкам при $x = L$, то в дополнение к падающей волне появится отраженная волна со скоростями частиц $v_2 = A_2 \cos(kx + \omega t - \varphi_2)$.

Скорости частиц на твердой крышке должны обращаться в нуль: $v = v_1 + v_2 = 0$ при $x = L$ для любого момента времени. Этого можно добиться, наложив следующие условия на свободные константы: $A_2 = -A_1$, $\varphi_2 = \varphi_1 + kL$. Тогда полная скорость частиц будет равна

$$v = A_1 (\cos(k(x - L) - \omega t) - \cos(k(x - L) + \omega t)) = 2A_1 \sin(k(x - L)) \sin(\omega t).$$

В то же время при $x = 0$ скорость частиц должна совпадать со скоростью колеблющегося торца:

$v = v_0 \sin(\omega t)$. Отсюда находим $A_1 = -\frac{v_0}{2 \sin(kL)}$, а окончательное решение для поля скоростей

в трубе принимает вид: $v = v_0 \frac{\sin(k(L - x))}{\sin(kL)} \sin(\omega t)$. Таким образом, амплитуда колебаний

скорости $a = v_0 |\sin(k(L - x)) / \sin(kL)|$ неоднородна вдоль трубы - см. пример на рис. 1.

Максимальные значения амплитуды, достигаемые в пучностях стоячей волны, превышают амплитуду скорости колеблющегося торца в $1/\sin(kL)$ раз.

Если величина $|\sin(kL)|$ стремится к нулю, амплитуда колебаний неограниченно возрастает - возникает явление резонанса. В этом случае, как и при резонансе гармонического осциллятора, приобретают важность потери энергии в системе (которыми мы в проведенном рассмотрении пренебрегали). Именно они ограничивают рост амплитуды колебаний. В результате скорости частиц в пучностях достигают максимальных значений v_m , а поле скоростей представляется в виде

$$v \approx \pm v_m \sin(kx) \sin(\omega t). \quad (10)$$

Тогда, как следует из формулы (2), поле акустических давлений есть

$$\Delta p \approx \mp \rho_0 c v_m \cos(kx) \cos(\omega t). \quad (11)$$

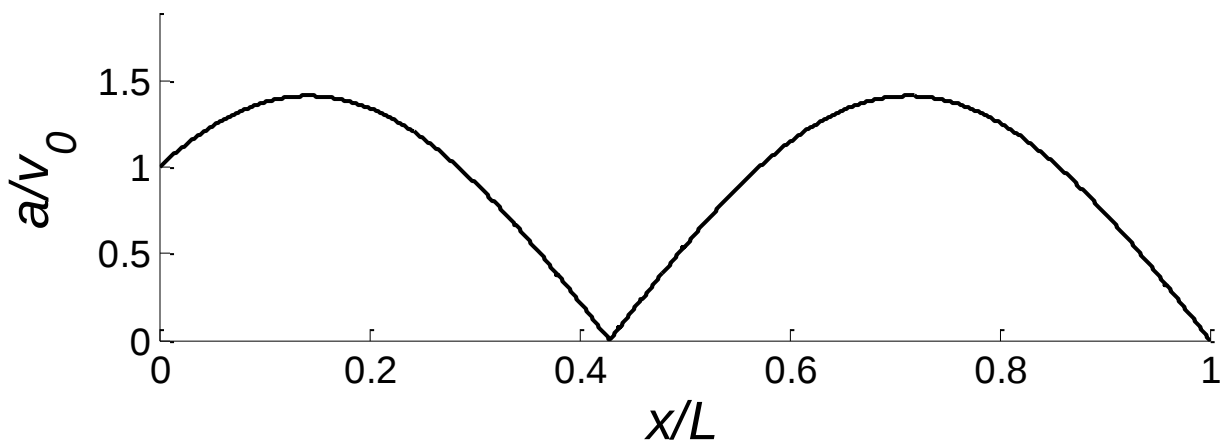


Рис.1. Распределение амплитуды колебаний скорости вдоль трубы для случая $kL = 7\pi/4$.

Поле амплитуды давлений сдвинуто относительно поля амплитуды скорости частиц вдоль оси x на четверть длины волны, т.е. узлам скоростей частиц соответствуют пучности давлений и наоборот, пучностям скоростей соответствуют узлы давлений. Согласно (10, 11) при приближении к излучающему торцу трубы ($x \rightarrow 0$) амплитуда скорости стремится к нулю, а амплитуда давления – к максимальному значению. Отметим, что формула (10) является приближенной. В действительности амплитуда скорости при $x = 0$ равна заданной величине v_0 , но при резонансе эта величина много меньше, чем v_m .

Из соотношения $|\sin(kL)| = 0$ получаем условия резонансов: $kL = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, n\pi, \dots$

Выражая условия через длину волны $\lambda = 2\pi/k$, получим

$$\frac{L}{(\lambda/2)} = 1, 2, \dots, n, \dots, \quad (12)$$

т.е. n - это число половин длин звуковых волн, укладывающихся на длине трубы.

Если изменять частоту, с которой происходит возбуждение звука, то резонансы будут возникать на частотах

$$f = c/(2L), 2c/(2L), 3c/(2L), \dots, nc/(2L),$$

где $f = \omega/(2\pi)$. Характерная зависимость интенсивности колебаний от частоты внешнего воздействия показана на рис.2. В общем случае акустический резонатор имеет

набор собственных частот, при которых интенсивность звуковых колебаний достигает локальных максимумов. Колебания, соответствующие локальным максимумам, называются собственными модами резонатора, а число n - номером моды.

Если при фиксированной частоте f изменять расстояние между торцами резонатора, то резонансы, т.е. максимумы интенсивности колебаний, будут последовательно возникать при изменении L на половину длины волны (см. (12)). Таким способом может быть измерена длина волны. Приборы, измеряющие этим способом длины волн различной природы, называются интерферометрами.

Экспериментальная часть

Идея эксперимента. В эксперименте используется акустический интерферометр в виде трубы с твердыми крышками, одну из которых можно перемещать. При заданной частоте звуковой волны f в трубе имеет место резонанс, если на длине трубы укладывается целое число полуволн. Наблюдение последовательных резонансов при перемещении крышки позволяет найти длину звуковой волны λ . Тогда фазовая скорость волны рассчитывается по формуле $c = \lambda f$.

Экспериментальная установка. На рис.3 показана схема экспериментальной установки. Звуковые волны в трубе с твердыми крышками возбуждаются акустической головкой - пьезоэлектрическим излучателем. На излучатель от звукогенератора подается синусоидальное электрическое напряжение, стабилизированное по частоте и амплитуде, которое вследствие обратного пьезоэффекта преобразуется в деформацию излучающей поверхности. Диапазон рабочих частот излучающей головки – 1500-3000 Гц. На том же торце трубы установлена приемная акустическая головка (микрофон). В этом месте при резонансе возникает пучность давления (см. формулу (11)). Давление вызывает деформации приемной поверхности микрофона, которые вследствие прямого пьезоэффекта преобразуются в электрическое напряжение. Сигнал с приемной головки подается на пластины Y осциллографа.

Расстояние L между излучателем и рефлектором изменяется плавным перемещением крышки, и при этом изменяется величина амплитуды регистрируемого сигнала. Максимумы следуют при изменении положения рефлектора на расстояние $\lambda/2$. По положениям максимумов определяется длина волны и, так как частота генерируемой волны известна, находится скорость звука в среде.

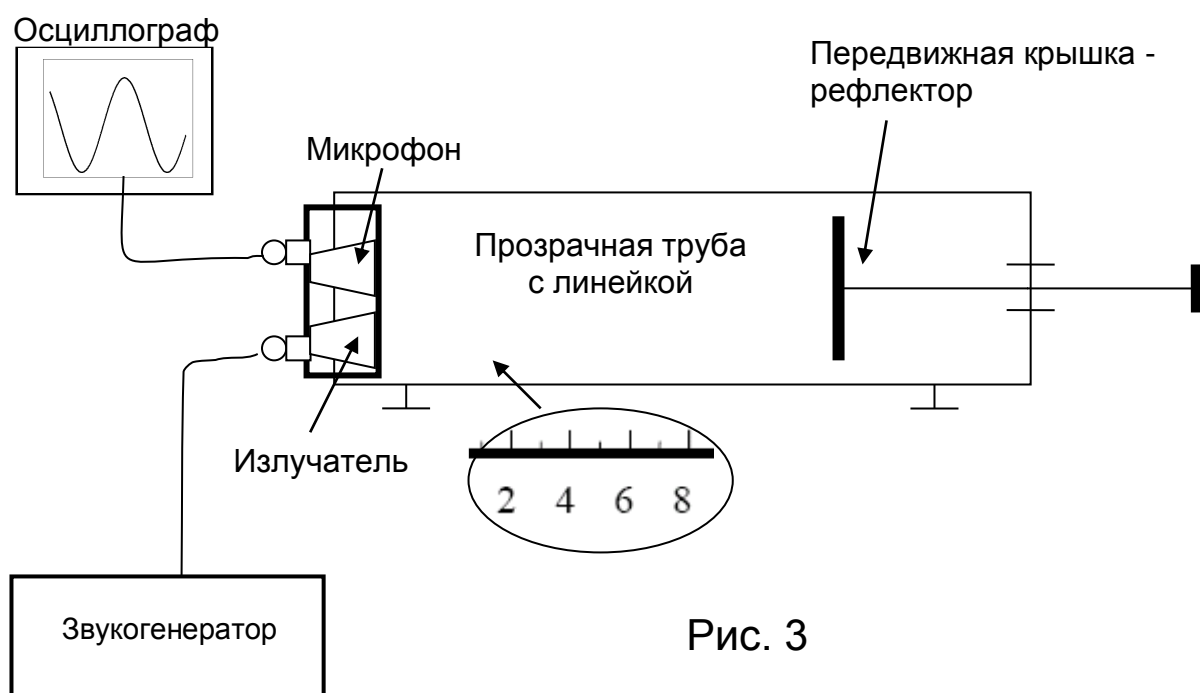


Рис. 3

Проведение измерений

1. Включив генератор и осциллограф, дайте им прогреться 10 мин. Установите рефлектор на расстоянии 10-15 см от акустической головки. Установите частоту звукогенератора в пределах диапазона рабочих частот головки.
2. Запишите значение частоты, установленное на звукогенераторе. Запишите значение частоты, измеренное с помощью осциллографа.

3. Плавнo перемещая рефлeктор, добейтeсь максимальной амплитуды сигнала на экране осциллографа и запишите положение рефлeктора X_1 , определенное по шкале. Продолжайте перемещать рефлeктор в одном направлении настолько позволяет размер трубы, записывая каждое его положение X_N , соответствующее резонансу.
4. Повторите цикл измерений (пункты 2 и 3) не менее пяти раз, выбирая другие частоты из рабочего диапазона.

Для расчета термодинамических характеристик нужно измерить температуру воздуха.

Обработка данных

1. Для каждого цикла измерений нужно построить график зависимости положения рефлeктора X_N от величины $N/2$, где N – номер последовательных наблюдений резонанса. Поскольку каждое перемещение соответствовало смещению рефлeктора на $\lambda/2$, то $X_N = \lambda \frac{N}{2} + const$. Поэтому наклон графика дает величину λ . Определите ее методом наименьших квадратов.
2. По известным частоте и длине волны вычислите скорость звука.
3. В качестве конечного результата примем величину скорости звука, среднюю по всем циклам измерений. Определите для нее доверительные интервалы.
4. Рассчитайте для воздуха термодинамические характеристики γ , β_s и ε , взяв плотность воздуха из таблиц и приняв $C_p = 1.007 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$.

Контрольные вопросы

1. Считая, что смещения частиц в плоской гармонической звуковой волне имеют амплитуду a , определите амплитуды скорости частиц, акустического давления и волновых флуктуаций плотности.
2. Как соотносятся акустическое давление и атмосферное?
3. Как соотносятся скорость частиц в звуковой волне и скорость звука?
4. Можно ли по формуле (5) определить скорость звука в твердом теле?
5. Нарисуйте, как будет изменяться сигнал микрофона, если его перемещать от одного торца трубы к другому? Рассмотрите случаи нерезонансных и резонансных колебаний в трубе.
6. Как соотносятся скорость звука и скорость молекул в газе?
7. Чему равны коэффициенты изотермической сжимаемости и теплового расширения для идеального газа?

Литература

- Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Механика. Университетский курс общей физики. М.: Издательский центр «Академия», 2004.
- Стрелков С.П. Механика. Общий курс физики. М.: «Наука», 2004.
- Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: «Высшая школа», 1987.
- Булкин П.С., Попова И.И. Общий физический практикум. Молекулярная физика. М.: Издательство МГУ, 1988.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущая аттестация осуществляется путем выполнения лабораторных работ в 3 этапа: теоретический допуск, непосредственное выполнение экспериментальной части со снятием данных, защита отчета по работе.

Выполнение каждой лабораторной работы оценивается по четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Студент получает зачет при наличии положительных оценок по всем запланированным в семестре лабораторным работам.

Список оценок по лабораторным работам предоставляется в качестве дополнительной информации при сдаче экзамена по соответствующему разделу курса «Общей физики».

Промежуточная аттестация – зачет в 3 семестре.

7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для зачета

Зачет проставляется студенту по факту выполнения (положительной защиты) всех лабораторных работ, предусмотренных практикумом к данной дисциплине по общей физике.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Не зачтено	Зачтено		
Знания (теоретические допуски к лабораторным работам)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (защита лабораторных работ)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (зачет)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

– Перечень основной и дополнительной литературы.

1. Шпольский Э.В. Атомная физика: в 2 т. Т 1 / Э.В. Шпольский. – 8-е изд. стер. – М.: Лань, 2010.
2. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов / С.Э. Фриш – 2-е изд. испр. – М.: Лань, 2010. – 640 с.
3. Сивухин Д.В. Курс общей физики: в 5 т. Т 5, ч. 1 / Д.В. Сивухин. – 2-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2002. – 784 с.

– **Описание материально-технического обеспечения.**

Аудитории практикума по физике (лабораторное оборудование: 10 мест – механика; лабораторное оборудование: 10 мест – молекулярная физика; лабораторное оборудование: 10 мест – электромагнетизм; лабораторное оборудование: 10 мест – оптика), №№124, №137, №139, №140 УНЛК

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.

10. Язык преподавания русский.

11. Преподаватель (преподаватели).

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики Андрей Валерьевич Сулимов.

12. Автор (авторы) программы.

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики Андрей Валерьевич Сулимов.