

задачи исследования, определять пути решения, анализировать полученные результаты с помощью новейших средств и достижений системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новичихина, Л.И. Справочник по техническому черчению / Л.И. Новичихина.- Мн.: Книжный Дом, 2004.- 320 с., ил.
2. Полещук, Н.Н., Савельева, В.А. Самоучитель AutoCAD 2006.- СПб.: БХВ- Петербург, 2005 - 704 с.: ил.

УДК 530.075.8

Петюшик Т.Е., Пастушенко Е.А.

ПОСТАНОВКА УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

***Научные руководители ст. преподаватель Малаховская В.Э.,
канд. физ.-мат. наук доцент Развин Ю.В.***

Приведено описание разработанного физического эксперимента по определению методом бегущей волны отношения удельных теплоемкостей воздуха и скорости распространения звука в нем. Теоретическая часть работы содержит основные понятия теории упругости, молекулярной физики и теории колебательного движения.

Эффективность инженерного образования неразрывно связана с возрастающей ролью самостоятельной творческой деятельности студентов. На младших курсах одной из форм этой деятельности могут быть самостоятельные разработки студентами нового учебного эксперимента в рамках физического практикума по курсу общей физики. Такие физические эксперименты являются носителями учебной информации по изучаемой дисциплине, а также способствуют получению студентами навыков работы с приборами. Основой

учебного эксперимента являются физические измерения. Большинство измерений неэлектрических физических величин носит косвенный характер. Методов и приборов для измерения неэлектрических величин очень много. Общим для них является то, что измеряемая неэлектрическая величина, как правило, преобразуется в электрический сигнал, который затем измеряется. Поэтому основной задачей данного этапа обучения основам эксперимента являются определение принципиальных возможностей использования того или иного прибора для самых различных измерений и проведения сравнительного анализа с другими приборами или методами, применяемыми для аналогичной цели. Подобные самостоятельные работы помогут студентам также овладеть методами обработки результатов измерений.

Рассмотрим следующую модель распространения звука в газовой среде.

Теплоемкостью тела называется отношение бесконечно малого количества тепла, полученного телом, к соответствующему приращению его температуры. Если теплота передается газовой среде в условиях постоянного объема, то она расходуется только на нагревание. Если же процесс происходит при постоянном давлении, то теплота идет на нагрев газа и на работу, которую совершает газ. Поэтому введены понятия теплоемкости при постоянном объеме C_v и теплоемкости при постоянном давлении C_p . Отношение $\gamma = C_p / C_v$ играет важную роль не только в физике тепловых явлений.

Газы обладают только объемной упругостью. Поэтому в них могут распространяться только продольные возмущения. Скорость распространения продольных возмущений (звуковые волны являются продольными) в упругой среде определяется плотностью среды ρ и ее упругими свойствами.

При прохождении звуковой волны в газе роль относительного удлинения играет относительное изменение объема dV/V , а роль напряжения σ - изменение давления dp , которое возникает при прохождении волны. Сжатие и расширение газа в звуковой волне, т.е. колебания плотности среды и связанные с ними колебания температуры, происходят быстро. Поскольку теплопроводность газа низкая, то, следовательно, в таких процессах теплообмена не происходит. Разность температур между сгущениями и разрежениями воздуха

в звуковой волне не успевает выравняться, так что распространение звука в газе можно считать адиабатическим процессом. Адиабатический процесс описывается уравнением Пуассона: $pV^\gamma = const$

Пользуясь уравнением состояния идеального газа, можно определить скорость звука в газовой среде в виде: $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$.

Таким образом, если измерить скорость звука в газе, то можно вычислить значение γ : $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\mu v^2}{RT}$.

В приведенных формулах: μ – молярная масса, R – универсальная газовая постоянная, T – температура газовой среды.

Для измерения скорости звука мы использовали режим бегущей волны. Экспериментальная установка содержит источник звука, подключенный к звуковому генератору, и приемник звука, который может перемещаться относительно источника. Для индикации в нашей схеме использовался электронный осциллограф. Контроль частоты звуковой волны f осуществлялся с помощью частотомера. В подготовленном нами материале дается подробный теоретический анализ изучаемого процесса и описание экспериментальной установки.

Приведем краткий вывод рабочей формулы для расчета искомых величин. В работе используется метод анализа фигур Лиссажу, возникающих при сложении двух взаимно перпендикулярных синусоидальных колебаний одинаковой частоты с разностью фаз ϕ .

Для индикации (визуализации) фигур Лиссажу применяется осциллограф, на горизонтально отклоняющие пластины которого подается переменное напряжение заданной частоты f от звукового генератора. Это же напряжение от генератора подается на излучатель. Звук, попадая на приемник, преобразуется в переменное напряжение данной частоты f . Однако звуку требуется определенное время, чтобы пройти от излучателя к приемнику. Поэтому переменное напряжение, подаваемое от приемника звука на вертикально отклоняющие пластины осциллографа, отстает по фазе на некоторый угол ϕ относительно напряжения, подаваемого непосредственно от генератора. Таким образом, на экране осциллографа формируется

картина, соответствующая результату сложению двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаний одинаковой частоты: $x = A \sin \omega t$ и $y = B \sin(\omega t - \varphi)$.

Разность фаз φ возникает из-за того, что звук проходит определенный путь от излучателя к приемнику. Изменяя это расстояние, можно изменять разность фаз. Пусть в той точке пространства, где расположен излучатель, давление воздуха изменяется по закону $p_{изл} = p_{атм} + p_0 \sin \omega t$, где p_0 - амплитуда звуковой волны; $p_{атм}$ - атмосферное давление. Звук, который мы слышим, описывается вторым слагаемым в этой формуле. В точке пространства, где расположен приемник, зависимость давления от времени будет иметь несколько иной вид: $p_{изл} = p_{атм} + p_0 \sin(\omega t - \omega L/v)$ или

$$p_{изл} = p_{атм} + p_0 \sin(\omega t - 2\pi L/v).$$

Видно, что, изменяя расстояние L между излучателем и приемником, можно получить определенный сдвиг фаз между синусоидальными напряжениями и, соответственно, получить на экране осциллографа кривую Лиссажу требуемой геометрии.

Таким образом, измерив экспериментально наименьшее расстояние L между положениями излучателя и приемника, при которых траектории электронного луча имеют заданный вид, можно определить длину звуковой волны: $\lambda/2 = L_2 - L_1$ или $\lambda = 2(L_2 - L_1)$. Тогда скорость звука будет равна:

$$v = \lambda f = 2(L_2 - L_1)f.$$

В работе также проводится оценка точности предлагаемого метода и экспериментальное сравнение с другими методами определения искомых физических величин (v и γ), применяемыми в физическом практикуме на кафедре «Экспериментальная и теоретическая физика» БНТУ.