

Обработка результатов и оформление отчета

1. Вычислите необходимые величины и заполните таблицы по форме 1.
2. Постройте графики зависимостей (на трех рисунках);
 - разности квадратов скоростей первого шара до и после удара как функция от квадрата скорости второго шара после удара $(v_0^2 - v_1^2) = f(v_2^2)$;
 - разности проекций на ось OX скоростей первого шара до и после удара как функция от проекции на ось OX скорости второго шара после удара $(v_0 - v_1 \cos \alpha_1) = f(v_2 \cos \alpha_2)$;
 - проекции на ось OY скорости первого шара после удара от проекции на ось OY скорости второго шара после удара $v_1 \sin \alpha_1 = f(v_2 \sin \alpha_2)$.
3. По каждому графику определите отношение масс m_2/m_1 шаров. Вычислите среднее значение этого отношения и абсолютную ошибку среднего.
4. Проанализируйте и сравните измеренные и заданные значения отношения масс.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое удар (столкновение)?
2. Для какого взаимодействия двух тел можно применять модель столкновения?
3. Какое столкновение называют абсолютно упругим?
4. При каком столкновении выполняется закон сохранения импульса?
5. Дайте словесную формулировку закона сохранения импульса.
6. При каких условиях сохраняется проекция суммарного импульса системы тел на некоторую ось.
7. При каком столкновении выполняется закон сохранения кинетической энергии?
8. Дайте словесную формулировку закона сохранения кинетической энергии.
9. Дайте определение кинетической энергии.
10. Дайте определение потенциальной энергии.
11. Что такое полная механическая энергия.
12. Что такое замкнутая система тел?
13. Что такое изолированная система тел?
14. При каком столкновении выделяется тепловая энергия?
15. При каком столкновении форма тел восстанавливается?
16. При каком столкновении форма тел не восстанавливается?
17. Что такое прицельное расстояние (параметр) при столкновении шаров?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.7

Изучение законов течения идеальной жидкости

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и в учебниках 1. Трофимова Т.И. Курс физики. Гл.6, §§28,29,30. 2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Гл.3, §§3.5. Выберите «Механика» и «Течение идеальной жидкости». Нажмите кнопку с изображением страницы во внутреннем окне. Прочитайте теорию и запишите основные сведения в свой конспект лабораторной работы. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Цель работы

- Знакомство с компьютерной моделью течения идеальной жидкости.
- Экспериментальная проверка уравнений неразрывности и Бернулли.
- Экспериментальное определение расхода жидкости.

Краткая теория

Идеальной жидкостью называется жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение.

Линией тока называется мысленно проведённая в потоке линия, касательная к которой в любой её точке совпадает по направлению с вектором скорости жидкости в этой точке.

Трубкой тока называется поверхность, образованная линиями тока, которые проведены через все точки замкнутого контура.

Давлением p жидкости называется физическая величина, определяемая нормальной силой, действующей со стороны жидкости на единицу площади

$$p = \frac{F}{\Delta S}. \quad (1)$$

Если жидкость несжимаема, то её плотность не зависит от давления. Тогда при поперечном сечении S столба жидкости на глубине h при плотности ρ вес будет равен $P = \rho g S h$, а давление на нижнее основание

$$p = \frac{P}{S} = \frac{\rho g h S}{S} = \rho g h, \quad (2)$$

которое называется *гидростатическим давлением*.

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости имеет вид

$$Sv = const. \quad (3)$$

Уравнение Бернулли

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = const, \quad (4)$$

где p называется статическим давлением, а $\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическим давлением.

Для горизонтальной трубки тока ($h_1=h_2$) выражение (4) принимает вид

$$\frac{\rho v^2}{2} + p = const \quad (5)$$

и называется **полным давлением**.

Из уравнения (5) следует, что давление и скорость течения жидкости в двух точках 1 и 2 на одной и той же линии тока связаны соотношением:

$$\rho g(h_2 - h_1) = \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) \text{ или } g = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2(h_2 - h_1)} \quad (6)$$

Расходом жидкости называется объём жидкости Q , протекающий через поперечное сечение трубы за 1 с.

$$Q = vS. \quad (7)$$

Пусть S_1 и S_2 – площади поперечного сечения широкого и узкого участков трубы, а p_1 и p_2 – статические давления в этих сечениях трубы, измеряемые с помощью манометрических трубок. Тогда уравнение Бернулли (5) можно записать в виде

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + p_2 \quad (8)$$

Так как жидкость несжимаема, то

$$\rho v_1 S_1 = \rho v_2 S_2, \quad v_2 = v_1 \frac{S_1}{S_2}.$$

С другой стороны $p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$,

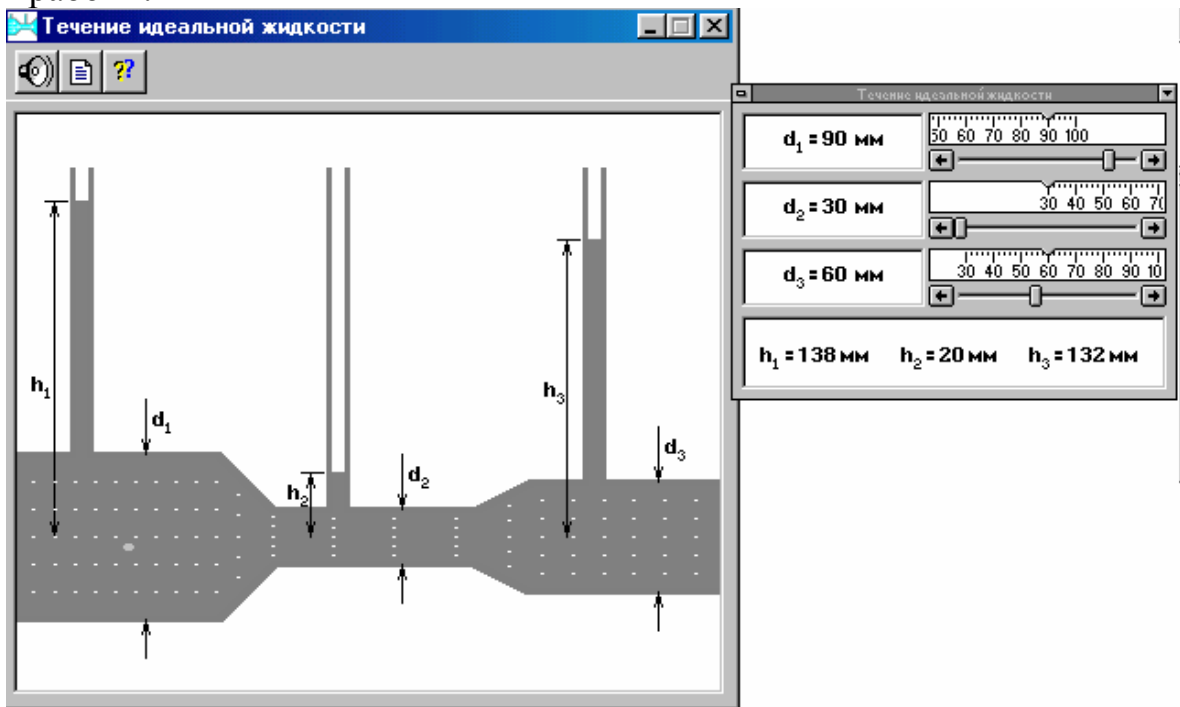
и
$$\frac{\rho v_1^2}{2} \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2} \right) = \rho g \Delta h.$$

Откуда получим:
$$v_1 = \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}}$$

и
$$Q = v_1 S_1 = S_1 \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}}}. \quad (9)$$

МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Внимательно рассмотрите рисунок опыта и составьте конспект лабораторной работы.



1. Установите с помощью мыши одинаковое значение диаметров трубы $d_1 = d_2 = d_3$ на всех трёх её участках, равное величине D_1 , указанное в таблице.1 для вашей бригады.
2. С помощью миллиметровой линейки измерьте всю длину трубы от левого края окна опыта до правого $L_{\text{экс}}$ и её диаметр $D_{\text{экс}}$
3. Определите «модельную» длину трубы L_m по формуле $L_m = \frac{D_1}{D_{\text{экс}}} L_{\text{экс}} = k L_{\text{экс}}$ и запишите эти значения в таблицу по форме 1.

4. Нажатием кнопки II в верхней части окна опыта остановите течение жидкости.
5. Зафиксируйте своё внимание на пунктирной линии в жидкости (5 вертикальных светлых точек в трубе), находящейся на входе в трубу. Нажатием кнопки ► возобновите течение жидкости по трубе и одновременно включите секундомер. Не выпуская из внимания выделенную линию и сопровождая визуально её течение по трубе, выключите секундомер в момент прохождения его выходного сечения трубы. Запишите это время в таблицу по форме 1.
6. Прделайте этот опыт 10 раз и каждое значение t_i запишите в таблицу по форме 1.
7. Запишите в таблицу по форме 1 значения $H_1 = h_1 = h_2 = h_3$.
8. С помощью курсора мыши установите второе, одинаковое для всех трёх секций трубы, значение диаметра D_2 , указанное в таблице 1 для вашей бригады, и повторите измерения по п.п. 1-7.

Таблица 1. Значения диаметров трубы

Номер бригады	D_1 мм	D_2 мм	Номер бригады	D_1 мм	D_2 мм
1	30	70	5	38	86
2	32	74	6	40	90
3	34	78	7	42	94
4	36	82	7	44	98

Форма 1. Результаты измерений

Номер измерения	$D_1 =$ $H_1 =$ _____			$D_2 =$ $H_2 =$ _____		
	t_i	v_i	g_i	t_i	v_i	g_i
1						
2						
...						
10						
Средние значения						

Обработка результатов и оформление отчета

1. По формуле $v_i = \frac{L_m}{t_i}$ определите скорость течения жидкости в каждом опыте

и её среднее значение $\langle v_1 \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_i}{10}$ и $\langle v_1 \rangle^2$.

2. По формуле $g = \frac{\langle v_1 \rangle^2 - \langle v_2 \rangle^2}{2(H_2 - H_1)}$ определите экспериментальное значение ускорения свободного падения и сравните его с теоретическим значением.

3. По формуле $D_1^2 \langle v_1 \rangle = D_2^2 \langle v_2 \rangle$ проверьте выполнение в вашем опыте уравнения неразрывности.

4. По формуле (9) рассчитайте объём жидкости, протекающей через сечение трубы за 1 с.

5. Определите погрешность проведённых измерений.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каков физический смысл уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости и как его вывести?
2. Выведите уравнение Бернулли.
3. Как в потоке жидкости можно измерить статическое, динамическое и полное давление?
4. Сформулируйте и объясните законы Архимеда и Паскаля.
5. Какое течение жидкости называется ламинарным и турбулентным?
6. Каким критерием определяется переход режима течения жидкости от ламинарного к турбулентному?
7. Какое явление называется вязкостью жидкости?