

11 класс

Задача 1. Вязкость масла

Рассмотрим вязкую несжимаемую жидкость, текущую вдоль длинной узкой цилиндрической трубки. Если при движении слои жидкости не перемешиваются (рис. 1), а малые выделенные объемы жидкости движутся прямолинейно, то данное течение жидкости называют *ламинарным*.

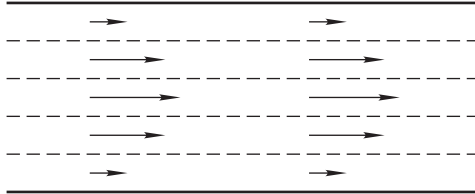


Рис. 1

Для ламинарного течения известны уравнения, достаточно точно описывающие движение жидкости. При превышении скоростью некоторой критической величины течение становится неустойчивым. В среде образуются вихри, а линии тока становятся нестационарными (рис. 2). Такое движение называют *турбулентным*. Его удаётся описывать только приближённо.

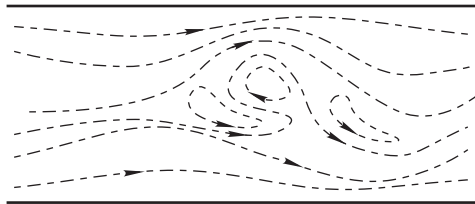


Рис. 2

В данном эксперименте вам предлагается исследовать течение жидкости под действием различных давлений, обработать результаты эксперимента в предположении, что течение ламинарно, и в конце выяснить, верно ли данное предположение.

1. Предложите способ, с помощью которого можно снять зависимость расхода Q масла (объём жидкости, протекающему через сечение трубки в единицу времени) через иглу шприца от разности давлений $\Delta p = p_2 - p_1$ на концах иглы.

Подсказка. При заполнении шприца маслом оставьте внутри него некоторое количество воздуха.

2. Используя предложенный вами способ, снимите зависимость $Q(\Delta p)$ при нескольких значениях разности давлений (не менее 4 точек). Старайтесь при

этом выбирать давления так, чтобы диапазон разности давлений был максимальным из доступных, а точки в этом диапазоне были распределены достаточно равномерно.

Если течение окажется ламинарным, то его можно будет описать с помощью формулы Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi r^4}{8 \eta L} \Delta p, \quad (1)$$

где η — вязкость жидкости, L — длина иглы шприца, r — внутренний радиус иглы.

3. По полученным в предыдущем пункте данным постройте график зависимости расхода от разности давлений. Используя (1), найдите вязкость масла.

Для выяснения, является ли течение жидкости ламинарным, используют так называемое число Рейнольдса Re . По определению:

$$Re = \frac{\rho v r}{\eta}, \quad (2)$$

где ρ — плотность жидкости, v — средняя скорость её течения.

В случае движения жидкости по цилиндрической трубе критическое значение числа Рейнольдса, при котором течение уже нельзя считать ламинарным, равно $Re_{кр} = 1200$.

4. Вычислите число Рейнольдса для вашего эксперимента. Сравнив его с $Re_{кр}$, определите характер течения жидкости в игле шприца.

На концах трубки (там, где жидкость только входит в цилиндрическую полость иглы) течение весьма неоднородно. Расстояние от края иглы, на котором оно устанавливается и становится ламинарным, называется $l_{уст}$.

Формула (1) выведена для ламинарного течения по длинной трубе. Если оказывается, что $l_{уст} \ll L$, где L — длина иглы шприца, то краевыми неоднородностями можно пренебречь, и использование соотношения (1) оправдано.

5. Для иглы $l_{уст} = 0,2r$ Re . Определите $l_{уст}$ для вашего эксперимента и сравните его с L .

6. Теперь, используя все полученные результаты, сделайте вывод о том, верно ли предположение, что течение масла ламинарно.

Оборудование. Шприц (внутренний диаметр иглы $d = 0,6$ мм), сосуд с маслом, секундомер, бумажные салфетки (для поддержания рабочего места в чистоте), лист миллиметровой бумаги, пластиковая бутылка.

ВНИМАНИЕ! Аккуратно обращайтесь со шприцем, чтобы не пораниться острой иглой.

11 класс

Задача 2. Избыточное давление

Используя имеющееся оборудование, измерьте избыточное давление воздуха в шарике (разность давления внутри него с атмосферным давлением), когда диаметр шарика в надутом состоянии равен примерно 25 см.

1. Найдите объём надутого шарика и оцените погрешность измерения этой величины.
2. Опишите метод измерения разности давлений Δp и изобразите схематически установку. Выведите формулу для определения Δp .
3. При надувании шарика вместе с воздухом человек вдвухает в шарик пары воды, которые конденсируются на оболочке. Этот конденсат влияет на точность измерений. Как исключить из расчётов это влияние?
4. Рассчитайте Δp , проведя придуманный вами эксперимент.
5. Для улучшения точности повторите эксперимент и усредните полученные результаты.

Примечание. Молярная масса воздуха $\mu = 29$ г/моль, комнатную температуру сообщают организаторы.

Оборудование. Воздушный шарик, нитки, ножницы, неоднородный стержень (соломинка для коктейлей с пластилином внутри), линейка, штатив с лапкой, 2 листа офисной бумаги формата А4 (поверхностная плотность бумаги $\rho' = 80$ г/м²).

11 класс

Задача 2. Избыточное давление

Используя имеющееся оборудование, измерьте избыточное давление воздуха в шарике (разность давления внутри него с атмосферным давлением), когда диаметр шарика в надутом состоянии равен примерно 25 см.

1. Найдите объём надутого шарика и оцените погрешность измерения этой величины.
2. Опишите метод измерения разности давлений Δp и изобразите схематически установку. Выведите формулу для определения Δp .
3. При надувании шарика вместе с воздухом человек вдвухает в шарик пары воды, которые конденсируются на оболочке. Этот конденсат влияет на точность измерений. Как исключить из расчётов это влияние?
4. Рассчитайте Δp , проведя придуманный вами эксперимент.
5. Для улучшения точности повторите эксперимент и усредните полученные результаты.

Примечание. Молярная масса воздуха $\mu = 29$ г/моль, комнатную температуру сообщают организаторы.

Оборудование. Воздушный шарик, нитки, ножницы, неоднородный стержень (соломинка для коктейлей с пластилином внутри), линейка, штатив с лапкой, 2 листа офисной бумаги формата А4 (поверхностная плотность бумаги $\rho' = 80$ г/м²).