

7 класс

Экспериментальный тур

Задача №1. Пшено и вязкость

Оборудование: пластиковая бутылка 1.5 литра со срезанным верхом наполненная водой, линейка 30 см, секундомер, порция пшенной крупы (не менее 200 зерен) в коробочке, спичка, лист бумаги А4, миллиметровая бумага для построения графиков.

Скорость v падения мелких шариков в воде можно рассчитать по формуле Стокса

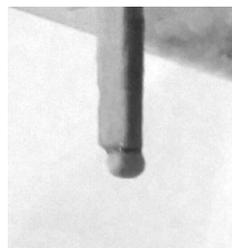
$$v = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18\eta},$$

где d — диаметр шарика, $\rho_{\text{ш}}$ — плотность шарика, $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, $g = 10$ Н/кг, η — физическая величина, характеризующая свойство жидкости и называемая коэффициентом вязкости.

1. Определите максимально точно средний диаметр d крупинки пшена.
2. Измерьте время падения не менее чем 100 крупинок в столбе воды высотой h .
3. Постройте гистограмму¹ распределения времени падения крупинок и определите наиболее вероятное время τ .
4. Вычислите среднюю скорость v падения крупинок в воде.
5. Считая, что в нашем эксперименте $(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}}) = 50$ кг/м³, определите значение коэффициента вязкости η для воды.

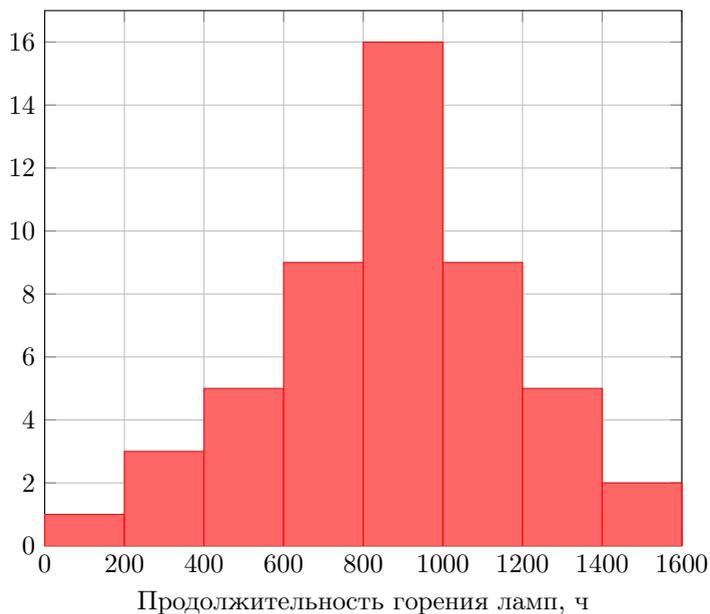
Примечания:

1. Для исследования выбирайте крупинки пшена примерно одинакового размера, форма которых наиболее близка к форме шара.
2. Для старта крупинки коснитесь ее торцом мокрой спички (крупинка приклеится к торцу спички), а затем довольно резко толкните торец спички в воду, располагая спичку перпендикулярно поверхности воды. На фото зернышко пшена на торце спички.
3. Измеряйте время падения только тех крупинок, которые в процессе падения не касались стенок сосуда.



¹Гистограмма — способ представления табличных данных в виде столбчатой диаграммы. Гистограмма строится следующим образом. Сначала множество значений измеряемой величины разбивается на несколько интервалов. Эти интервалы откладываются на горизонтальной оси, затем над каждым рисуется прямоугольник, высота которого пропорциональна числу измеренных значений, попадающих в соответствующий интервал. Например, на представленной гистограмме видно, что при испытании ламп на долговечность, в диапазоне времени

от 400 до 600 часов вышли из строя 5 ламп, от 800 до 1000 часов работали 16 ламп, и только две лампы перегорели в диапазоне времени от 1400 до 1600 часов. Наиболее вероятная долговечность исследуемых ламп равна 900 часам.



7 класс
Экспериментальный тур

Задача №2. Полипропилен

Оборудование: весы, отрезок водопроводной трубы из полипропилена длиной $L = 60$ мм, пластиковый стакан с водой (около 50 мл), шприц 10 мл, кусок пластилина, карандаш, лист бумаги А4.

1. Определите плотность полипропилена.
2. Определите плотность пластилина.

8 класс

Экспериментальный тур

Задача №1. Пшено и вязкость

Оборудование: пластиковая бутылка 1.5 литра со срезанным верхом наполненная водой, линейка 30 см, секундомер, порция пшенной крупы (не менее 200 зерен) в коробочке, спичка, лист бумаги А4, миллиметровая бумага для построения графиков.

Скорость v падения мелких шариков в воде можно рассчитать по формуле Стокса

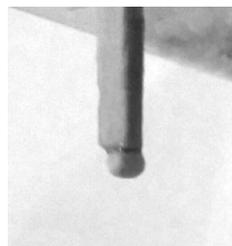
$$v = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18\eta},$$

где d — диаметр шарика, $\rho_{\text{ш}}$ — плотность шарика, $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, $g = 10 \text{ Н/кг}$, η — физическая величина, характеризующая свойство жидкости и называемая коэффициентом вязкости.

1. Определите максимально точно средний диаметр d крупинки пшена.
2. Измерьте время падения не менее чем 100 крупинок в столбе воды высотой h .
3. Постройте гистограмму¹ распределения времени падения крупинок и определите наиболее вероятное время τ .
4. Вычислите среднюю скорость v падения крупинок в воде.
5. Считая, что в нашем эксперименте $(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}}) = 50 \text{ кг/м}^3$, определите значение коэффициента вязкости η для воды.

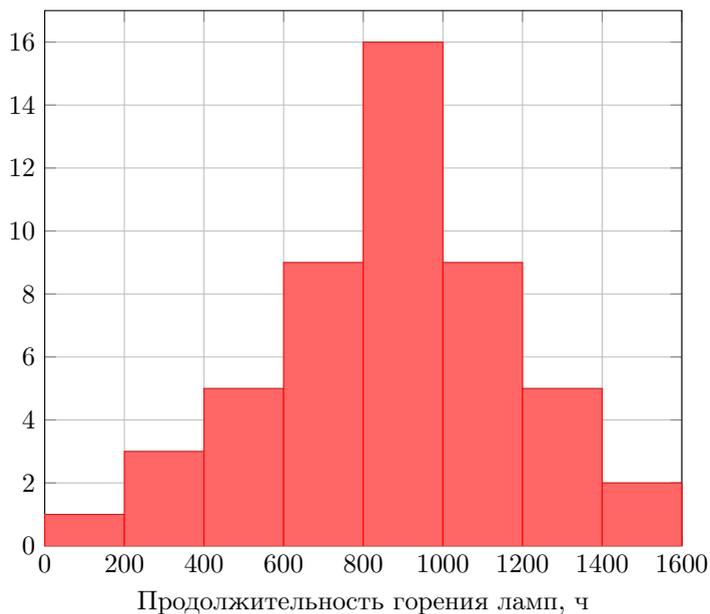
Примечания:

1. Для исследования выбирайте крупинки пшена примерно одинакового размера, форма которых наиболее близка к форме шара.
2. Для старта крупинки коснитесь ее торцом мокрой спички (крупинка приклеится к торцу спички), а затем довольно резко толкните торец спички в воду, располагая спичку перпендикулярно поверхности воды. На фото зернышко пшена на торце спички.
3. Измеряйте время падения только тех крупинок, которые в процессе падения не касались стенок сосуда.



¹Гистограмма — способ представления табличных данных в виде столбчатой диаграммы. Гистограмма строится следующим образом. Сначала множество значений измеряемой величины разбивается на несколько интервалов. Эти интервалы откладываются на горизонтальной оси, затем над каждым рисуется прямоугольник, высота которого пропорциональна числу измеренных значений, попадающих в соответствующий интервал. Например, на представленной гистограмме видно, что при испытании ламп на долговечность, в диапазоне времени

от 400 до 600 часов вышли из строя 5 ламп, от 800 до 1000 часов работали 16 ламп, и только две лампы перегорели в диапазоне времени от 1400 до 1600 часов. Наиболее вероятная долговечность исследуемых ламп равна 900 часам.



8 класс

Экспериментальный тур

Задача №2. Неразбавленный сироп

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, электронные весы с точностью измерения 0.01 г, цилиндрическое тело, нитка, пластиковый стакан с сахаром, пластиковый стакан с водой ($\rho_{\text{в}} = 1 \text{ г/см}^3$), два пустых пластиковых стакана, накладка на весы (защита весов от разлитой воды), салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

Массовая доля компонента в растворе ω — это отношение массы данного компонента к сумме масс всех компонентов. Если речь идет о растворе какого-либо одного компонента (например, сахара) в воде, то $\omega = \frac{m_{\text{сахара}}}{m_{\text{раствора}}}$. Массовая доля, как правило, выражается в процентах. Например, если в 100 г водного раствора содержится 20 г сахара и 80 г воды, то мы имеем **двадцатипроцентный** раствор сахара.

1. Определите плотность $\rho_{\text{ц}}$ цилиндрического тела.
2. Исследуйте зависимость плотности $\rho_{\text{р}}$ раствора сахара в воде от массовой доли сахара ω в диапазоне значений $0 < \omega < 0.5$. Укажите, какая масса воды и какая масса сахара использовались вами для приготовления раствора заданной концентрации.
3. Постройте график полученной зависимости.

Внимание! Используйте накладку на весы для того чтобы исключить попадание воды или раствора в механизм весов. Региональным оргкомитетом может быть предложен иной механизм такой защиты.

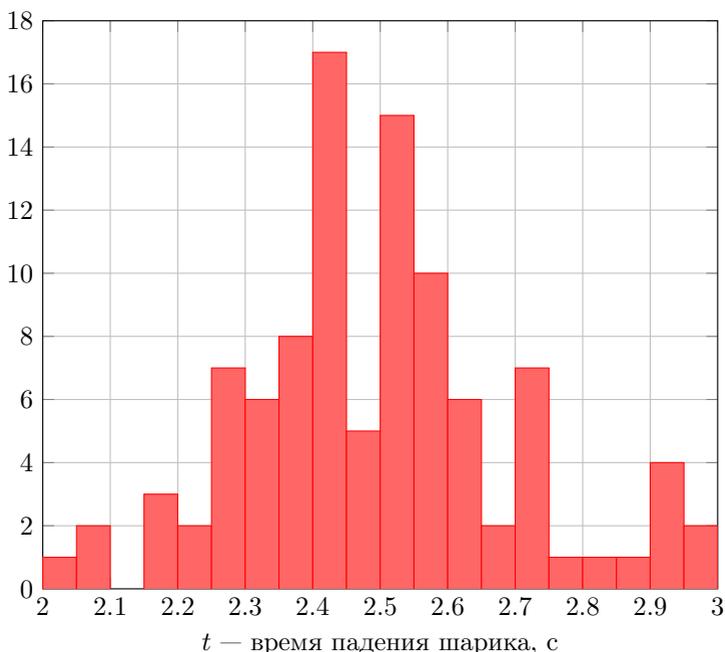
7 класс

Задача №7-Е1. Пшено и вязкость

Методом рядов определяем средний размер зернышек пшена $d = 2.2$ мм (размер зерна может отличаться для разных сортов проса). При этом однократное измерение длины цепочки зерен, состоящей из N штук, оценивается меньшим количеством баллов, чем снятие зависимости длины цепочки от количества зерен в ней, построение графика и определение d , как углового коэффициента полученной прямой.

Определяем высоту столба воды в бутылке $h = 25$ см. Проводим 100 измерений времени падения зерен в воде. При использовании в качестве сосуда пластиковой бутылки объемом 1.5 литра ($h = 25$ см) время t падения зерен будет варьироваться в диапазоне от 2.0 до 3.0 секунд.

Строим гистограмму распределения результатов измерения по времени. На горизонтальной оси разбиваем диапазон от 2 до 3 секунд на 10 или 20 интервалов по 0.1 или 0.05 секунд соответственно. Над каждым диапазоном строим прямоугольник, высота которого равна количеству измерений, результат которых попадает в этот диапазон. На рисунке приведена гистограмма, полученная автором при разбиении диапазона на 20 интервалов.



Видно, что наиболее вероятное время падения зернышка в данном эксперименте (вершина гистограммы) $\tau = 2.45$ с. Используем его для расчета средней скорости падения зерен и коэффициента вязкости воды по формуле, приведенной в условии задачи: $v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1$ м/с.

$$v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1 \text{ м/с.}$$

$$\eta = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18v} = \frac{(2.2 \cdot 2.2) 10^{-6} \cdot 10 \cdot 50}{18 \cdot 0.1}$$

$$\eta = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

(при проверке работы засчитывать как верную любую из трех приведенных единиц измерения коэффициента вязкости).

Табличное значение коэффициента вязкости воды при 20 градусах $\eta_{\text{табл}} = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Задача №7-Е2. Полипропилен

Приведенные далее числовые значения физических величин получены на авторском комплекте оборудования. На местах параметры трубы и пластилина могут отличаться от авторских.

1. Определим массу отрезка трубы $m = 10.8$ г.
2. Определим объем V_1 внутреннего канала трубы. Для этого закроем один торец трубы пальцем и заполним внутренность трубы водой из шприца, измерив при этом объем вылитой воды $V_1 = 7.6$ мл = 7.6 см^3 .
3. Для измерения внешнего диаметра трубы прокалибруем шкалу шприца в миллиметрах. Длина трубы 60 мм соответствует 44 делениям. Значит одно деление — 1.364 мм. Измерим внешний диаметр трубы двумя способами. *Первый:* непосредственно прикладывая трубу к делениям шкалы шприца определяем, что внешний диаметр трубы D равен 15 делениям, или $D = 20.5$ мм. *Второй:* разместим трубу на столе на листе бумаги А4, на неподвижной трубе сделаем ручкой или карандашом одну метку одновременно на ее торце и бумаге, прокатим трубу по бумаге на 1 оборот до повторного совпадения метки с поверхностью бумаги, зафиксируем на бумаге новое положение метки, измерим с помощью шкалы шприца длину внешней окружности тубы $l = 47.5$ делений = 64.8 мм. Так как длина окружности $l = \pi D$, находим $D = 20.6$ мм. Для дальнейших расчетов будем использовать среднее значение из двух, полученных разными способами $D = 20.55$ мм.

4. Внешний объем трубы равен

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{3.14 \cdot 20.55 \cdot 20.55}{4} \cdot 60 = 19890 \text{ мм}^3 = 19.9 \text{ см}^3.$$

5. Объем полипропилена равен $V_0 = V_2 - V_1 = 12.3 \text{ см}^3$.

6. Плотность полипропилена $\rho_{\text{пр}} = \frac{m}{V_0} = \frac{10.8}{12.3} = 0.88 \text{ г/см}^3$ (табличные значения $0.89 \text{ г/см}^3 \leq \rho_{\text{пр}} \leq 0.92 \text{ г/см}^3$).

7. Заполним внутренний объем трубы пластилином без воздушных пузырей.

Для плотной упаковки пластилина можно использовать карандаша. Масса трубы с пластилином $m_1 = 22.6 \text{ г}$ масса пластилина $m_{\text{пл}} = m_1 - m = 11.8 \text{ г}$.

8. Плотность пластилина $\rho_{\text{пл}} = \frac{m_{\text{пл}}}{V_1} = \frac{11.8}{7.6} = 1.55 \text{ г/см}^3$.

Шифр

 Σ **7-Е1. Пшено и вязкость**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Описание метода (расчетная формула)	1.0		
	Измерение d			
1.2	Метод 1. таблица зависимости длины цепочки L от количества зерен N	1.0		
1.3	Метод 1. график зависимости $L(N)$	1.0		
1.4	Метод 1. значение d (угловой коэффициент)	1.0		
1.5°	Метод 2. измерение длины нескольких цепочек с разным количеством зерен, расчет d для каждой с последующим усреднением	2.0		
1.6°	Метод 3. измерение длины единственной цепочки зерен и расчет d по результату этого измерения	1.0		
2.1	Наличие таблицы всех результатов	1.0		
2.2	Количество измерений ≥ 100	4.0		
	– Количество измерений ≥ 70	3.0		
	– Количество измерений ≥ 50	2.0		
	Построение гистограммы			
3.1	Подпись осей	0.5		
3.2	Разбиение горизонтальной оси на диапазоны	2.0		
3.3	Построение прямоугольников	0.5		
3.4	Определение наиболее вероятного времени падения зерен τ	1.0		
4.1	Измерение высоты столба h воды в сосуде	1.0		
4.2	Вычисление средней скорости падения зерен	1.0		
	Вычисление коэффициента вязкости			
5.1	$0.5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	3.0		
	– $0.3 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	2.0		
	– $0.2 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	1.0		
5.2	Наличие правильной единицы измерения	2.0		

Шифр

 Σ **7-Е2. Полипропилен**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Измерена масса m ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	1.0		
	Измерение объема V_1 внутреннего канала трубы			
1.2	Метод: по объему воды из шприца — другие методы: (пересчет шкалы шприца и непосредственное измерение диаметра)	2.0 1.0		
1.3	Численный результат ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	1.0		
	Измерение внешнего диаметра трубы			
1.4	Идея пересчета шкалы шприца в миллиметры	1.0		
1.5	Два метода (непосредственное измерение диаметра и прокатка 1 оборот по бумаге) и усреднение — непосредственное измерение диаметра — прокатка 1 оборот на бумаге	2.0 1.0 1.0		
1.6	Внешний диаметр результат ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	1.0		
	Вычисление внешнего объема трубы V_2 и объема полипропилена V_0			
1.7	Формула	1.0		
1.8	Результат для V_2 ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	2.0		
1.9	Результат для V_0 ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	1.0		
	Вычисление плотности полипропилена			
1.10	Формула	1.0		
1.11	Результат ($\pm 5\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается) — Результат ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	2.0 1.0		
	Вычисление плотности пластилина			
2.1	Метод: заполнение трубы, измерение массы — метод: измерение размеров исходного брикета	2.0 1.0		
2.2	Результаты измерения необходимых величин (масса, размеры) в соответствии с выбранным методом ($\pm 10\%$)	1.0		

2.3	Вычисление плотности пластилина $\rho_{\text{пл}}$, результат ($\pm 5\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается) — результат ($\pm 10\%$) (без единицы измерения результат не засчитывается)	2.0 1.0		
-----	--	----------------	--	--

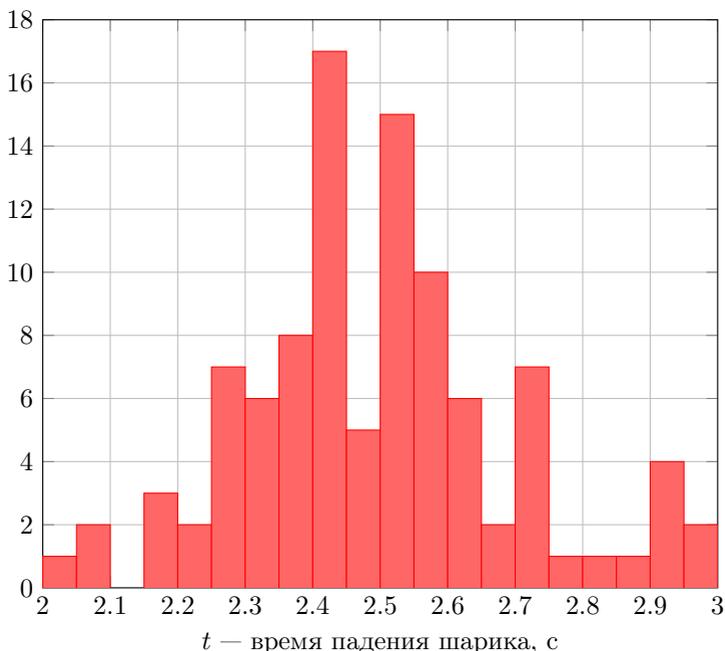
8 класс

Задача №8-Е1. Пшено и вязкость

Методом рядов определяем средний размер зернышек пшена $d = 2.2$ мм (размер зерна может отличаться для разных сортов проса). При этом однократное измерение длины цепочки зерен, состоящей из N штук, оценивается меньшим количеством баллов, чем снятие зависимости длины цепочки от количества зерен в ней, построение графика и определение d , как углового коэффициента полученной прямой.

Определяем высоту столба воды в бутылке $h = 25$ см. Проводим 100 измерений времени падения зерен в воде. При использовании в качестве сосуда пластиковой бутылки объемом 1.5 литра ($h = 25$ см) время t падения зерен будет варьироваться в диапазоне от 2.0 до 3.0 секунд.

Строим гистограмму распределения результатов измерения по времени. На горизонтальной оси разбиваем диапазон от 2 до 3 секунд на 10 или 20 интервалов по 0.1 или 0.05 секунд соответственно. Над каждым диапазоном строим прямоугольник, высота которого равна количеству измерений, результат которых попадает в этот диапазон. На рисунке приведена гистограмма, полученная автором при разбиении диапазона на 20 интервалов.



Видно, что наиболее вероятное время падения зернышка в данном эксперименте (вершина гистограммы) $\tau = 2.45$ с. Используем его для расчета средней скорости падения зерен и коэффициента вязкости воды по формуле, приведенной в условии задачи: $v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1$ м/с.

$$v = \frac{h}{\tau} = \frac{0.25}{2.45} = 0.1 \text{ м/с.}$$

$$\eta = \frac{d^2 g (\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{в}})}{18v} = \frac{(2.2 \cdot 2.2) 10^{-6} \cdot 10 \cdot 50}{18 \cdot 0.1}$$

$$\eta = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = 1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

(при проверке работы засчитывать как верную любую из трех приведенных единиц измерения коэффициента вязкости).

Табличное значение коэффициента вязкости воды при 20 градусах $\eta_{\text{табл}} = 1.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Задача №8-Е2. Неразбавленный сироп

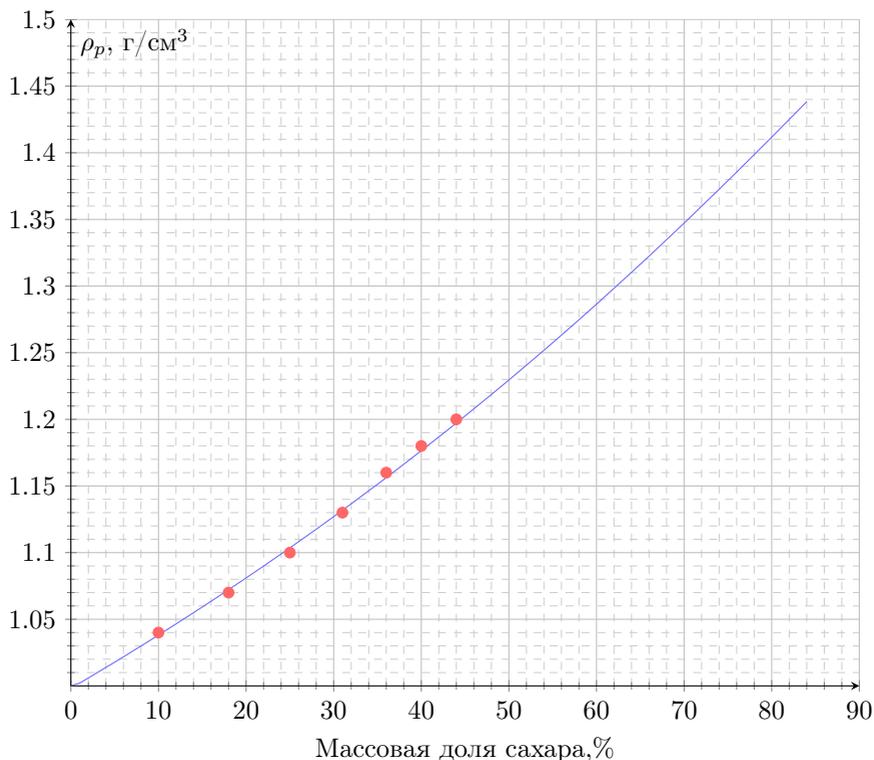
Для выполнения всех заданий в данной задаче используем метод гидростатического взвешивания. Включим весы. Положим на них картонную накладку. Поставим на весы стакан с водой. Оттарирруем весы. С помощью штатива опустим металлический цилиндр на нитке в стакан с водой так, чтобы он был полностью погружен. Показание весов $m_A = \rho_{\text{в}} V = 19.2$ г назовем «массой Архимеда» (сила Архимеда, деленная на g). Здесь V — объем цилиндра, $\rho_{\text{в}} = 1 \text{ г/см}^3$ — плотность чистой воды. Таким образом, получаем $V = 19.2 \text{ см}^3$. Масса цилиндра $m = 52.4$ г (прямое взвешивание). Получаем $\rho_{\text{ц}} = \frac{m}{V} = 2.73 \text{ г/см}^3$.



Наливаем в стакан 90 г воды. Насыпаем в него 10 г сахара. Таким образом получаем 10-процентный раствор сахара. Стакан с раствором ставим на весы. Тарирруем их. Опускаем в стакан металлический цилиндр. Показание весов есть «масса Архимеда» $m_{A1} = \rho_{\text{р1}} V$. Вычисляем плотность раствора. Затем досыпаем в стакан еще 10 г сахара. Вычисляем новую массовую долю сахара в растворе, измеряем «массу Архимеда» и т.д. Результаты по изменению ω раствора и измерению его плотности приведены в таблице.

Масса воды в растворе, г	Масса сахара в растворе, г	Масса раствора, г	ω , %	«Масса Архимеда», г	Плотность раствора ρ_p , г/см ³
90.1	9.90	100.0	10	20.0	1.04
90.1	20.0	110.1	18	20.6	1.07
90.1	30.0	120.1	25	21.1	1.10
90.1	40.1	130.2	31	21.7	1.13
90.1	50.1	140.2	36	22.2	1.16
90.1	60.2	150.2	40	22.6	1.18
90.1	70.2	160.2	44	23.0	1.20

На графике представлена табличная зависимость плотности раствора сахара в воде от массовой доли содержания сахара (синие точки) и полученные в данной работе экспериментальные результаты (красные точки).



Шифр

 Σ **8-Е1. Пшено и вязкость**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Описание метода (расчетная формула)	1.0		
	Измерение d			
1.2	Метод 1. таблица зависимости длины цепочки L от количества зерен N	1.0		
1.3	Метод 1. график зависимости $L(N)$	1.0		
1.4	Метод 1. значение d (угловой коэффициент)	1.0		
1.5°	Метод 2. измерение длины нескольких цепочек с разным количеством зерен, расчет d для каждой с последующим усреднением	2.0		
1.6°	Метод 3. измерение длины единственной цепочки зерен и расчет d по результату этого измерения	1.0		
2.1	Наличие таблицы всех результатов	1.0		
2.2	Количество измерений ≥ 100	4.0		
	– Количество измерений ≥ 70	3.0		
	– Количество измерений ≥ 50	2.0		
	Построение гистограммы			
3.1	Подпись осей	0.5		
3.2	Разбиение горизонтальной оси на диапазоны	2.0		
3.3	Построение прямоугольников	0.5		
3.4	Определение наиболее вероятного времени падения зерен τ	1.0		
4.1	Измерение высоты столба h воды в сосуде	1.0		
4.2	Вычисление средней скорости падения зерен	1.0		
	Вычисление коэффициента вязкости			
5.1	$0.5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	3.0		
	– $0.3 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 3.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	2.0		
	– $0.2 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \leq \eta \leq 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	1.0		
5.2	Наличие правильной единицы измерения	2.0		

Шифр

 Σ **8-Е2. Неразбавленный сироп**

№	Пункт разбалловки	Балл	Пр	Ап
1.1	Измерение массы (прямое взвешивание). Результат засчитывается, если отличие от правильного значения не превышает 5%. Без единицы измерения результат не засчитывается.	1.0		
1.2	Идея использования метода гидростатического взвешивания для определения объема цилиндра.	1.0		
1.3	Результат измерения объема/ Результат засчитывается, если отличие от правильного значения не превышает 5%. Без единицы измерения результат не засчитывается.	1.0		
1.4	Формула для вычисления плотности	1.0		
1.5	Числовое значение плотности. Результат засчитывается, если отличие от правильного значения не превышает 5%. Без единицы измерения результат не засчитывается.	2.0		
2.1	Описание метода приготовления	2.0		
2.2	Таблица с указанием концентрации раствора и содержания воды и сахара в нем. Количество точек не менее 7 — количество точек не менее 5 — количество точек не менее 3	4.0 3.0 1.0		
2.3	Использование методом гидростатического взвешивания цилиндра известного объема для вычисления плотности раствора. Любые «способы» определения объема раствора не засчитывать, так как в комплекте оборудования нет соответствующих измерительных приборов.	2.0		
2.4	Наличие результатов прямых измерений «массы Архимеда», соответствующей растворам известной концентрации. Без единицы измерения результат не засчитывается.	2.0		
2.5	Вычисление плотности растворов. Без единицы измерения результат не засчитывается.	2.0		
3.1	График: размер и подпись осей	0.5		
3.2	График: оцифровка осей	0.5		

3.3	График: нанесение точек	0.5		
3.4	График: линия графика	0.5		