

Решение

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Определите краевой угол смачивания θ внутренней поверхности капилляра водой. Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным: $\sigma_{\text{в}} = 0.073 \text{ Н/м}$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.

2^{??} Определите коэффициент поверхностного натяжения неизвестной жидкости, считая, что для нее краевой угол смачивания совпадает с краевым углом смачивания воды. Плотность неизвестной жидкости равна $\rho_{\text{ж}} = 1200 \text{ кг/м}^3$.

3^{??} Предложите способ экспериментального определения коэффициента вязкости неизвестной жидкости. Приведите его теоретическое обоснование с выводом необходимых формул. Подробно опишите схему проведения эксперимента.

4^{??} Определите коэффициент вязкости неизвестной жидкости.

5^{??} С помощью рассчитанного значения коэффициента вязкости оцените характерную длину установления пуазейлевского профиля скоростей l_0 .

Разбалловка

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Определите краевой угол смачивания θ внутренней поверхности капилляра водой. Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным: $\sigma_B = 0.073 \text{ Н/м}$, плотность воды $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.

Формула для высоты поднятия жидкости в капилляре	$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$	1.00
Измерение поднятия высоты жидкости в капилляре		1.00
Последующие измерения высоты жидкости в капилляре		3 × 0.30
M1 Получено значение угла в диапазоне [57°, 63°]		0.80
M1 Получено значение угла в диапазоне [55°, 65°]		0.80
M2 Найдено значение $\cos \theta \in [0.454, 0.545]$		0.40
M2 Найдено значение $\cos \theta \in [0.423, 0.574]$		0.40
Оценка погрешности		0.50

2^{??} Определите коэффициент поверхностного натяжения неизвестной жидкости, считая, что для нее краевой угол смачивания совпадает с краевым углом смачивания воды. Плотность неизвестной жидкости равна $\rho_{ж} = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Формула для нахождения поверхностного натяжения неизвестной жидкости	$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{h_2 \rho_2}{h_1 \rho_1}$	1.00
Измерение высоты поднятия неизвестной жидкости		1.00
Последующие измерения высоты неизвестной жидкости		3 × 0.30
Получено значение $\sigma \in [50, 70] \text{ мН/м}$		0.80
Получено значение $\sigma \in [40, 80] \text{ мН/м}$		0.80
Оценка погрешности		0.50

3^{??} Предложите способ экспериментального определения коэффициента вязкости неизвестной жидкости. Приведите его теоретическое обоснование с выводом необходимых формул. Подробно опишите схему проведения эксперимента.

M1 Метод измерения по движению жидкости в горизонтальном капилляре (далее ГК)		2.00
M1 Поток жидкости через капилляр выражен через изменение длины заполненной части капилляра	$Q = \pi r^2 \frac{dl}{dt}$	0.50
M1 Подстановка $\Delta p = 2\sigma \cos \theta / r$ или $\Delta p = \rho g h$		0.50

М1	Получен вид зависимости $L(t)$:	1.00
	$L^2 = \frac{\Delta p r^2}{4\eta} t$	
М2	Метод с использованием движения столбика фиксированной высоты в вертикальном капилляре (далее ФС)	1.50
М2	Формула для вязкости через скорость движения жидкости по капилляру	1.00
	$\eta = \frac{\rho g r^2}{8v}$	
М3	Метод измерения по втеканию жидкости в наклонный (вертикальный) капилляр (НК)	1.50
М3	Поток жидкости через капилляр выражен через изменение длины заполненной части капилляра	0.50
	$Q = \pi r^2 \frac{dl}{dt}$	
М3	Подстановка $\Delta p = 2\sigma \cos \theta / r - \rho g h \sin \varphi$ (φ — угол капилляра с горизонтом)	0.50
М3	Выражение для зависимости $t(L)$	1.00
М4	Метод, использующий вытекание жидкости из шприца через капилляр и измерение расхода. (ВШ) Методы, использующие искусственное создание избыточного давления (например, поршнем) не считаются корректными.	1.00
М4	Формула для потока жидкости при вытекании через капилляр	0.50
	$Q = \rho g \frac{\pi r^4}{8\eta}$	

4.?? Определите коэффициент вязкости неизвестной жидкости.

М1	Измерение зависимости $L(t)$, первые 5 точек Пункт используется для метода (ГК)	5 × 0.20
М1	Измерение зависимости $L(t)$, еще 5 точек Пункт используется для метода (ГК)	5 × 0.10
М1	Диапазон измерений не менее 5 см Пункт используется для метода (ГК)	0.50
М1	График строится в координатах L^2, t Пункт используется для метода (ГК)	1.00
М1	График строится в координатах L, \sqrt{t} Пункт используется для метода (ГК)	0.75
М1	График строится в координатах $\ln(L), \ln(t)$ Пункт используется для метода (ГК)	0.25
М2	Проведены измерения Пункт используется для методов (ФС, НК и ВШ)	5 × 0.30
М2	Построен график в линеаризованных координатах Пункт используется для методов (ФС, НК и ВШ)	0.50
	У графика подписаны оси	0.15
	Выбран разумный масштаб графика	0.15
	Проведена прямая по экспериментальным точкам	0.20
М3	Оценка по отдельным точкам, одно измерение Пункт используется при отсутствии графика	0.50
М3	Оценка по отдельным точкам, последующие измерения Пункт используется при отсутствии графика	4 × 0.25

Значение вязкости $\eta \in [50, 70]$ мПа · с	0.75
Значение вязкости $\eta \in [40, 80]$ мПа · с	0.75
Оценка погрешности η	0.50

5^{??} С помощью рассчитанного значения коэффициента вязкости оцените характерную длину установления пуазейлевского профиля скоростей l_0 .

Оценена величина l_0 от 0.1 до 1 мм	0.50
---------------------------------------	------

Решение

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Исследуйте зависимость $I(U)$ (вольтамперную характеристику (ВАХ)) участка АВ (не менее 12 точек в прямом и 12 точек в обратном направлении). Нарисуйте схему измерений. Постройте график $I(U)$.

2^{??} Определите схему расположения элементов в сером ящике. Нарисуйте схему с указанием цвета проводов, положения элементов и направления включения диода. Аргументируйте предложенный вариант.

3^{??} Определите мощность лампочки накаливания при напряжении на ней 3,0 В.

4^{??} Определите вольтамперную характеристику лампочки. Опишите метод определения ВАХ лампочки, постройте график.

Разбалловка

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Исследуйте зависимость $I(U)$ (вольтамперную характеристику (ВАХ)) участка АВ (не менее 12 точек в прямом и 12 точек в обратном направлении). Нарисуйте схему измерений. Постройте график $I(U)$.

Предложена схема, позволяющая снять ВАХ СЯ	1.00
Количество точек в первом направлении ≥ 5	0.50
Количество точек в первом направлении ≥ 8	0.50
Количество точек в первом направлении ≥ 12	0.50
Ширина диапазона в первом направлении: Имеется точка ниже 4 В	0.20
Ширина диапазона в первом направлении: Имеется точка выше 9 В	0.20
Равномерность шага в первом направлении. Разница в напряжениях между любыми соседними точками не более 1В.	0.50
Количество точек во втором направлении ≥ 5	0.50
Количество точек во втором направлении ≥ 8	0.50
Количество точек во втором направлении ≥ 12	0.50
Ширина диапазона во втором направлении: Имеется точка ниже 4 В	0.20
Ширина диапазона во втором направлении: Имеется точка выше 9 В	0.20
Равномерность шага во втором направлении. Разница в напряжениях между любыми соседними точками не более 1В.	0.50
Качество построения корректного графика: Оси подписаны	0.30
Качество построения корректного графика: Удобный масштаб	0.30
Качество построения корректного графика: Точки стоят корректно	0.30
Качество построения корректного графика: Корректно проведена сглаживающая кривая Комментарий: Полный балл за график может быть получен даже при снятии ВАХ только в одном направлении.	0.30

2^{??} Определите схему расположения элементов в сером ящике. Нарисуйте схему с указанием цвета проводов, положения элементов и направления включения диода. Аргументируйте предложенный вариант.

Схема обеспечивает равенство токов через лампочки: указание на наличие особенности	0.30
Схема обеспечивает равенство токов через лампочки: соответствие предложенной схемы этой особенности	0.70
Пункт удалён	0.00
Схема обеспечивает горение светодиода только при одной полярности подключения: указание на наличие особенности	0.30
Схема обеспечивает горение светодиода только при одной полярности подключения: соответствие предложенной схемы этой особенности	0.70
Пункт удалён	0.00
M1 Схема обеспечивает, что яркость диода при росте напряжения сначала возрастает, а затем убывает: указание на наличие особенности	0.50
M1 Схема обеспечивает, что яркость диода при росте напряжения сначала возрастает, а затем убывает: соответствие предложенной схемы этой особенности	0.50
M1 Схема обеспечивает, что яркость диода при росте напряжения сначала возрастает, а затем убывает: обоснование соответствия (убывает	1.00

при больших напряжениях)

M2 Оценка соотношения сопротивления лампочки и резисторов: оценка соотношения	1.00
M2 Оценка соотношения сопротивления лампочки и резисторов: соответствие предложенной схемы этой особенности	0.50
M2 Оценка соотношения сопротивления лампочки и резисторов: обоснование соответствия	0.50
Указано правильное соответствие элементов кружочкам	1.00
Направление диода верное. При движении через лампочки от А к С диод проходит в прямом направлении	1.00

3^{??} Определите мощность лампочки накаливания при напряжении на ней 3,0 В.

Предложен и описан метод, позволяющий определить ток через лампу при напряжении на ней в 3.0 В	1.50
Записаны необходимые уравнения	0.50
Получено верное значение мощности $0,30 \pm 0,06$ Вт	0.50
Получено верное значение мощности $0,30 \pm 0,03$ Вт	0.50

4^{??} Определите вольтамперную характеристику лампочки. Опишите метод определения ВАХ лампочки, постройте график.

Предложен и описан рабочий метод	1.00
Выведены необходимые формулы $I_L = I_{\text{моста}}/2, U_L = U_{\text{моста}} - I_L R$	0.40
Использование обратного подключения	0.40
Количество точек ≥ 5	0.50
Количество точек ≥ 10	0.50
Качество построения корректного графика: Оси подписаны	0.30
Качество построения корректного графика: Удобный масштаб	0.30
Качество построения корректного графика: Точки стоят корректно	0.30
Качество построения корректного графика: Корректно проведена сглаживающая кривая	0.30