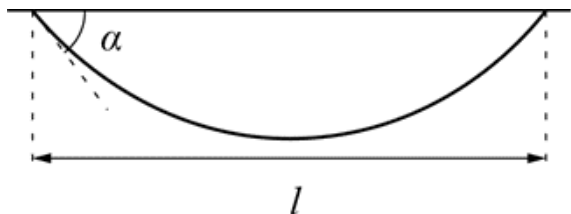


9-Е1. По цепи кругом

I часть

- 1 Определите массу m цепочки.
- 2 Подвесьте цепочку на двух зубочистках, закрепленных на крышке стола, так, чтобы точки подвеса находились на одном уровне. Снимите зависимость угла α между цепочкой у точек крепления и горизонтом от расстояния l между точками подвеса (см. рисунок). Измерения проведите для диапазона значений l от 0 до 90 см.

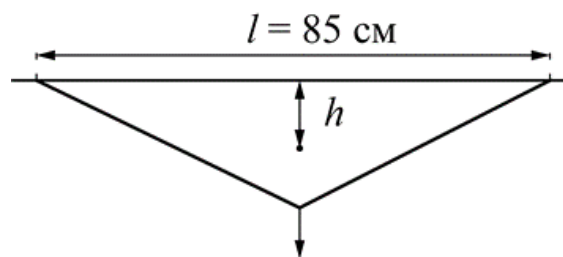


- 3 Постройте график (формат А5) зависимости горизонтальной составляющей T_x силы натяжения цепочки в точке крепления от l .
- 4 Определите какую минимальную работу A нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между точками подвеса цепочки от 0 до 50 см.

II часть

Для фиксированного расстояния между точками крепления $l = 85$ см определите:

- 5 Силу натяжения цепочки в нижней точке.
- 6 Расстояние $h_{ц}$ по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса.
- 7 Расстояние h по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса, если цепочку натянуть, потянув вниз за середину как показано на рисунке.



Примечание: Цепочку можно считать однородной и нерастяжимой. В данной работе расчёт погрешности не требуется. $g = 10$ м/с².

Оборудование: Цепочка, транспортер, мерная лента, лист бумаги формата А4 с поверхностной плотностью $\sigma = 80$ г/м², миллиметровая бумага для построения графиков, две зубочистки и клейкая масса для их крепления.

9-Е2. Греем диод

На рис. 1 представлена типичная вольтамперная характеристика (ВАХ) полупроводникового диода. При прямом включении сила тока I через диод быстро увеличивается с ростом напряжения U , а при обратном – ток практически отсутствует. С повышением температуры диода ветвь ВАХ его прямого включения смещается влево (рис. 2).

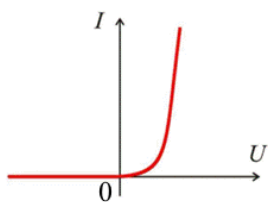


Рис. 1

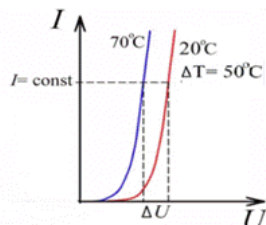


Рис. 2

Температурным коэффициентом напряжения (ТКН) диода называют отношение $\eta = \frac{\Delta U}{\Delta T}$, где ΔU – изменение напряжения на диоде, вызванное изменением его температуры ΔT при фиксированном значении силы тока.

Задание

Определите ТКН выданного вам полупроводникового диода. Для этого:

1 Снимите и изобразите на одном графике (формат А5) участки ВАХ диода для 4-х температур из диапазона $20^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}$ (для каждой ВАХ достаточно получить 5 точек в интервале токов от 5 мА до 15 мА).

2 По результатам измерений постройте график (формат А5) зависимости напряжения на диоде U_x от температуры T при силе тока $I_x = 10$ мА.

3 По графику зависимости $U_x(T)$ определите ТКН диода.

Примечания

- Во время эксперимента диод должен оставаться **СУХИМ**, для этого помещайте его и термометр в пробирку, а горячую воду наливайте в стакан термостата.
- Для снятия ВАХ используйте провод с зажимами типа «крокодил» и магазин сопротивлений с источником напряжения, схема которого представлена на рис. 3.

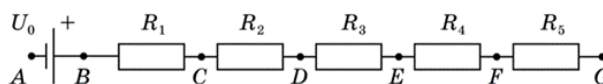


Рис. 3

- Использовать мультиметр в режиме амперметра **ЗАПРЕЩЕНО!** Рассчитывайте силу тока, текущего через диод, измеряя напряжение на одном из резисторов магазина.
- Сила тока через диод не должна превышать **50 мА**. Подключайте диод к магазину сопротивлений только во время измерений.
- Расчет погрешностей в работе не требуется.

Оборудование: диод, магазин сопротивлений с источником, провод с зажимами типа «крокодил», мультиметр с щупами, термометр, термостат (состоящий из внешнего пенопластового стакана, пластикового стакана, разделительного кольца, крышки и пробирки), горячая вода по требованию, лист миллиметровой бумаги формата А4 для построения графиков, салфетка для поддержания чистоты на рабочем месте.

Решение

I Условие

II Решение

III Разбалловка

1^{3.00} Определите массу m цепочки.

Измерим длину цепочки: $L = 1,0$ м.

Определим массу листа формата А4.

а) Измерим размеры листа: $a = 29,7$ см, $b = 21,0$ см.

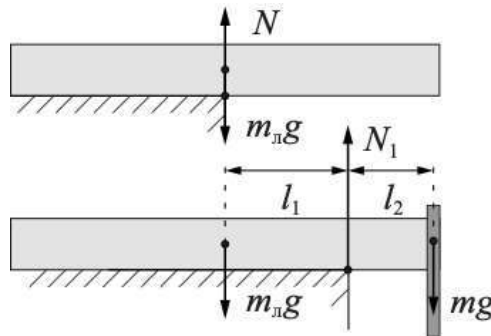
б) Рассчитаем площадь листа: $S = ab = 624$ см².

в) Найдём массу листа: $m_{\text{л}} = \sigma S = 5,0$ г.

Определим массу цепочки.

а) Из листа изготовим рычаг. Уравновесив рычаг на краю стола, найдём положение его центра тяжести.

б) Подвесим цепочку на край рычага и найдём положение центра тяжести системы.



Запишем правило моментов относительно точки опоры: $m_{\text{л}}gl_1 = mgl_2$, где l_1 и l_2 — расстояния от центров тяжести рычага и цепочки до точки опоры.

д) Рассчитаем массу цепочки:

$$\text{Ответ: } m = \frac{l_1}{l_2} m_{\text{л}} = \frac{91\text{мм}}{48\text{мм}} 5,0\text{г} = 9,5\text{г}$$

2^{3.00} Подвесьте цепочку на двух зубочистках, закрепленных на крышке стола, так, чтобы точки подвеса находились на одном уровне. Снимите зависимость угла α между цепочкой у точек крепления и горизонтом от расстояния l между точками подвеса (см. рисунок). Измерения проведите для диапазона значений l от 0 до 90 см.

Закрепим с помощью клейкой массы на краю стола транспортир и зубочистки, которые будут играть роль точек крепления цепочки.

Начальный участок цепочки почти прямой, и это облегчает считывание показаний с транспортира. Измерим значения углов α не менее чем для 11 значений l . Шаг изменения параметра l может быть постоянным, однако при малых значениях l угол изменяется незначительно, и шаг в этом случае можно выбрать больше. При $l > 60$ см угол изменяется быстрее, и лучше промерить данный участок более детально.

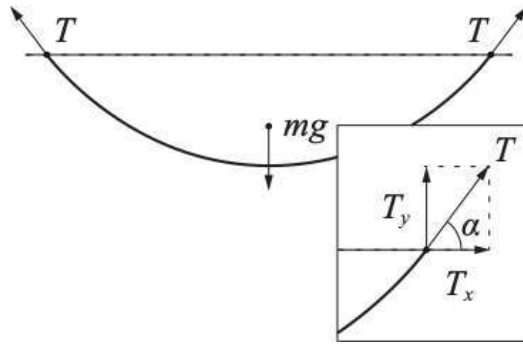
Результаты заносим в таблицу:

l , см; α , °: 0; 90 10; 88 20; 86 30; 84 40; 81 50; 76 55; 73 60; 70 65; 67 70; 64 75; 60 80; 55 85; 48 90; 37

3^{4.00} Постройте график (формат А5) зависимости горизонтальной составляющей T_x силы натяжения цепочки в точке крепления от l .

В точке подвеса вертикальная составляющая силы натяжения равна $T_y = \frac{mg}{2}$, что следует из симметрии задачи и условия равновесия всей цепочки. Тогда, с учётом того, что сила натяжения направлена по касательной к цепочке, получим:

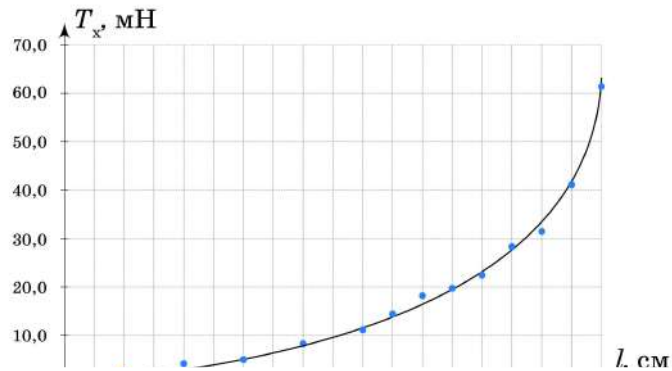
$$T_x = \frac{mg}{2} \text{ctg}(\alpha)$$



Дополняем таблицу измерений:

l , см; α , °; $\text{ctg}(\alpha)$; T_x , мН
 0; 0,00; 0,0 10; 88; 0,03; 1,6 20; 86; 0,07; 3,3 30; 84; 0,11; 4,9 40; 81; 0,16; 7,4 50; 76; 0,25; 12,0 55; 73; 0,31; 14,0 60; 70; 0,36; 17,0 65; 67; 0,42; 20,0 70; 64; 0,49; 23,0 75; 60; 0,58; 27,0 80; 55; 0,70; 33,0 85; 48; 0,90; 42,0 90; 37; 1,30; 62,0

По данным таблицы построим график $T_x(l)$:

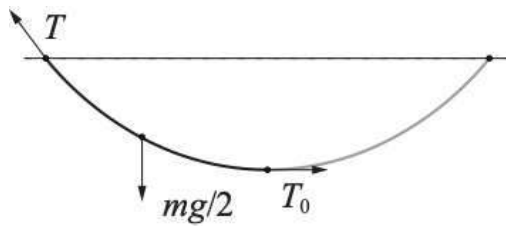


4^{3.00} Определите какую минимальную работу A нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между точками подвеса цепочки от 0 до 50 см.

Работа A по увеличению расстояния между точками подвеса пропорциональна площади под графиком $T_x(l)$ в диапазоне от $l = 0$ см до $l = 50$ см.

Ответ: $A \approx 2,3$ мДж

5^{2.00} Силу натяжения цепочки в нижней точке.



Зафиксируем расстояние между точками подвеса $l = 85$ см. Рассмотрим условие равновесия половины цепочки (см. рис). Из равенства нулю суммы проекций сил на горизонтальное направление, следует, что сила натяжения в нижней точке $T_0 = T_x$.

Ответ: $T_0 \approx 42$ мН

6^{4.00} Расстояние $h_{ц}$ по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса.

Найдём положение центра тяжести цепочки. Заметим, что если один из концов цепочки закрепить, а другой равномерно перемещать в горизонтальном направлении, то работа внешней силы пойдёт на увеличение потенциальной энергии цепочки, то есть $A_{\text{внеш}} = mg\Delta h$, где Δh – изменение высоты центра тяжести цепочки.

- Легко найти положение центра тяжести при $\alpha = 90^\circ$ ($l = 0$): он будет находиться на расстоянии $L/4 = 25$ см ниже точки подвеса.
- Работа внешней силы пропорциональна площади под графиком $T_x(l)$ на участке от $l = 0$ см до $l = 85$ см. Площадь можно посчитать по клеточкам: $A_{\text{внеш}} \approx 10$ мДж.
- Расстояние от уровня точек подвеса до центра тяжести оказывается равным:

$$\text{Ответ: } h_{ц} = \frac{L}{4} - \frac{A_{\text{внеш}}}{mg} \approx 14\text{см}$$

7^{1.00} Расстояние h по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса, если цепочку натянуть, потянув вниз за середину как показано на рисунке.

Если потянуть середину цепочки вниз, то она примет форму двух боковых сторон равнобедренного треугольника. Центр тяжести будет располагаться на середине высоты данного треугольника. Её можно измерить непосредственно (хотя это и не очень удобно), или посчитать по теореме Пифагора:

$$\text{Ответ: } h = \frac{1}{2} \sqrt{(L/2)^2 - (l/2)^2} \approx 13\text{см}$$

Разбалловка

I Условие

II Решение

III Разбалловка

1^{3.00} Определите массу m цепочки.

Масса листа	
Длина листа (29,5-29,9 см)	0.20
Ширина листа (20,8-21,2 см)	0.20
Результат для массы (с ед. измерения) узкие ворота (4,9-5,1 г) — 0,6 широкие ворота (4,8 – 5,2 г) — 0,3	2 × 0.30
Масса цепочки	
Правило моментов (формула)	0.50
Результаты измерений плеч (с единицами измерений)	0.50
Масса (с ед. измерения) узкие ворота (9,5-10,5 г) — 1 широкие ворота (9,0-11,0 г) — 0,5	2 × 0.50

2^{3.00} Подвесьте цепочку на двух зубочистках, закрепленных на крышке стола, так, чтобы точки подвеса находились на одном уровне. Снимите зависимость угла α между цепочкой у точек крепления и горизонтом от расстояния l между точками подвеса (см. рисунок). Измерения проведите для диапазона значений l от 0 до 90 см.

Таблица прямых измерений угла от расстояния между точками крепления цепочки (точка соответствующая $l = 100$ см не засчитывается)	
указаны единицы измерения	0.50
M1 3-6 точек	0.50
M2 7-11 точек (охват всего интервала расстояний l от 0 см до 90 см с шагом не более чем 15 см)	1.50
M3 12 и более точек (охват всего интервала расстояний l от 0 см до 90 см с шагом не более чем 15 см)	2.50

3^{4.00} Постройте график (формат A5) зависимости горизонтальной составляющей T_x силы натяжения цепочки в точке крепления от l .

Формула для $T_x(\alpha)$	
Формула	0.50
Обоснование (вывод)	0.50
График $T_x(l)$. Примечание: оценивается только при правильном методе определения углов и горизонтальных составляющих сил натяжения нити.	
В таблице сделана колонка для горизонтальной проекции силы, вычислены силы $T_x(l)$ (с указанием единиц измерения)	0.50
оси подписаны и оцифрованы, указаны единицы измерения	0.50
разумный масштаб	0.50
верно нанесены точки на график	0.50

проведена гладкая кривая	1.00
--------------------------	------

4^{3.00} Определите какую минимальную работу A нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между точками подвеса цепочки от 0 до 50 см.

Работа по увеличению расстояния между точками крепления	
Описание метода нахождения работы как площади под графиком $T_x(l)$	2.00
результат (с ед. измерения) ворота узкие (2,1-2,5 мДж) — 1,0 ворота широкие (1,6 – 3,0 мДж) — 0,5	2 × 0.50

5^{2.00} Силу натяжения цепочки в нижней точке.

Нахождение T_0 ($l = 85$см)	
указано, что $T_0 = T_x(l)$	1.00
результат (с ед. измерения) ворота узкие (40 - 44 мН) — 1,0 ворота широкие (36 - 48 мН) — 0,5	2 × 0.50

6^{4.00} Расстояние $h_{ц}$ по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса.

Нахождение центра тяжести висящей цепочки при $l = 85$см	
M1 идея использования закона сохранения энергии	1.00
M1 нахождение положение центра тяжести сложенной цепочки	0.50
M1 формула, связывающая работу с увеличением потенциальной энергии цепочки	0.50
M1 Значение работы (с ед. измерения) ворота узкие (9,0 -11,0 мДж) — 1 ворота широкие (8,0 -12,0 мДж) — 0.5	2 × 0.50
M1 положение центра тяжести (с ед. измерения) ворота узкие (14,0 - 15,0 см) ворота широкие (13,5-15,5 см)	2 × 0.50
Нахождение центра тяжести висящей цепочки при $l = 85$см (альтернативный метод)	
M2 идея использования определения центра тяжести (с формулой)	0.50
M2 измерение вертикальных координат середин участков цепочки (каждый участок — не более 20 звеньев)	1.50
M2 положение центра тяжести (с ед. измерения) ворота узкие (14,0 - 15,0 см) — 2,0 ворота широкие (13,5-15,5 см) — 1,0	2 × 1.00

7^{1.00} Расстояние h по высоте от центра тяжести цепочки до уровня точек подвеса, если цепочку натянуть, потянув вниз за середину как показано на рисунке.

Нахождение центра тяжести натянутой цепочки при $l = 85$ см (либо формула - теорема Пифагора, либо прямое измерение) (с ед. измерения) ворота (12,5 см - 14,0 см)	1.00
--	------

zuzu - we are what they grow beyond.

Решение

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

¹ 15.00 Снимите и изобразите на одном графике (формат А5) участки ВАХ диода для 4-х температур из диапазона 20°C – 60°C (для каждой ВАХ достаточно получить 5 точек в интервале токов от 5мА до 15мА).

Сопrotивления резисторов магазина измеряются омметром. $R_{BC} = 5,00\text{M}$, $R_{CD} = 100\text{M}$, $R_{DE} = 200\text{M}$, $R_{EF} = 400\text{M}$, $R_{FG} = 800\text{M}$ (в разных установках величины сопротивлений могут отличаться от указанных в пределах 10 %).

Для снятия ВАХ необходимо подключить диод в прямом направлении к контакту А и контактам С, D, E, F или G магазина сопротивлений. Дополнительные точки ВАХ в интересующем диапазоне могут быть получены при соединении проводом различных контактов магазина.

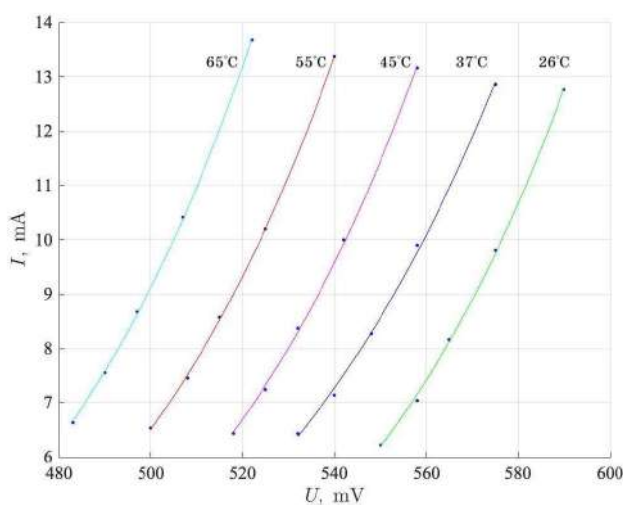
Снять 5 точек ВАХ в пределах от 5 до 15мА, можно, например, при величинах сопротивлений магазина: 750M, 950M, 1150M, 1350M, 1550M. Напряжение измеряется вольтметром непосредственно на контактах, к которым подключен диод. Сила тока рассчитывается через напряжение на одном из последовательно включенных резисторов. В данном решении измерялось напряжение на резисторе $R_{CD} = 9,80\text{M}$.

За время измерения одной ВАХ температура в термостате изменяется не более чем на 1°C, и этим можно пренебречь. Для увеличения скорости остывания системы в интервале между измерениями пластиковый стакан можно вливать из пенопластового стакана, но на время снятия ВАХ первоначальную конструкцию термостата необходимо восстанавливать.

В данном решении ВАХ снимались при 65, 55, 45, 37 и 26 °C. В таблице представлены полученные результаты. Условные обозначения: U – напряжение на диоде, I – сила тока через диод.

$T = 26\text{ }^\circ\text{C}$	U_d , мВ	550	590	565	575	558
	U_r , мВ	61	125	80	96	69
	I , мА	6,22	12,76	8,16	9,80	7,04
$T = 37\text{ }^\circ\text{C}$	U_d , мВ	530	575	548	558	540
	U_r , мВ	62	126	81	97	70
	I , мА	6,33	12,86	8,27	9,90	7,14
$T = 45\text{ }^\circ\text{C}$	U_d , мВ	518	558	532	542	525
	U_r , мВ	63	129	82	98	71
	I , мА	6,43	13,16	8,37	10,00	7,24
$T = 55\text{ }^\circ\text{C}$	U_d , мВ	500	540	515	525	508
	U_r , мВ	64	131	84	100	73
	I , мА	6,53	13,37	8,57	10,20	7,45
$T = 65\text{ }^\circ\text{C}$	U_d , мВ	483	522	497	507	490
	U_r , мВ	65	134	85	102	74
	I , мА	6,63	13,67	8,67	10,41	7,55

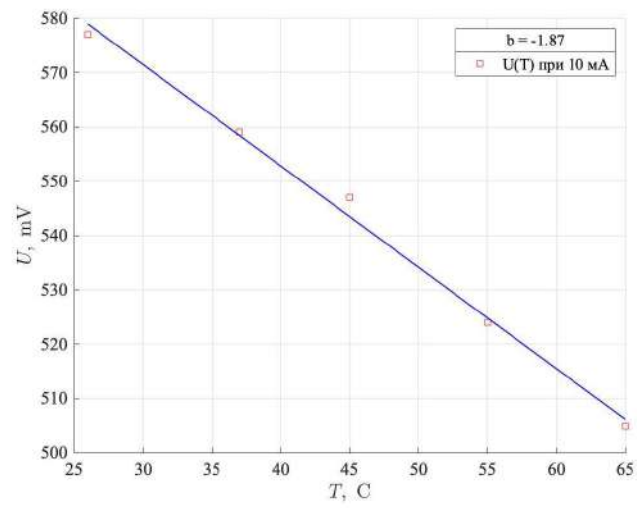
На рисунке представлены фрагменты пяти ВАХ при разных температурах (слева-направо уменьшение температуры).



² 3.50 По результатам измерений постройте график (формат А5) зависимости напряжения на диоде U_x от температуры T при силе тока $I_x = 10\text{мА}$.

Из графиков находим напряжение на диоде при токе $I = 10\text{мА}$.

T , °C	26	37	45	55	65
U_{10} , мВ	577	559	547	524	505



3^{1.50} По графику зависимости $U_x(T)$ определите ТКН диода.

По графику зависимости $U_x(T)$ находим $\eta = -1,87 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$, что согласуется со справочными данными для кремниевых полупроводниковых диодов.

Ответ: $\eta = -1,87 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$

Разбалловка

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

¹ 15.00 Снимите и изобразите на одном графике (формат А5) участки ВАХ диода для 4-х температур из диапазона 20°C – 60°C (для каждой ВАХ достаточно получить 5 точек в интервале токов от 5мА до 15мА).

Измерено хотя бы одно сопротивление из магазина сопротивлений	0.50
Предложен способ (есть электрическая схема или описание) включения диода и вольтметра	0.50
Описан способ (есть электрическая схема или описание) изменения напряжения на диоде для снятия ВАХ	1.00
Отмечено, что во время измерений диод, термометр и окружающая среда находятся в тепловом равновесии (температура перестает изменяться)	0.20
Таблица 1 пункты ниже:	
Указана температура в диапазоне от 20 до 65 С, при которой производятся измерения в следующих двух пунктах. Примечание: баллы за следующие 2 пункта ставятся, если указано значение температуры.	0.10
Таблица измерений напряжений на диоде и соответствующего напряжения на добавочном сопротивлении при данной температуре. Примечание: без указания номинала сопротивления или его порядкового номера, точек подключения вольтметра, закороченных точек за пункт ставится половина баллов. не меньше 5 — 0,6 3 или 4 — 0,3 меньше 3 — 0	2 × 0.30
Из таблицы измерений напряжения получены значения силы тока через диод в интервале от 5 до 15 мА при измеренных напряжениях на диоде для данной температуры. Примечание: учитываются только те значения силы тока, интервал между которыми не меньше 1 мА. Количество "хороших" точек: не меньше 5 — 1,5 3 или 4 — 1,0 1 или 2 — 0,5	3 × 0.50
Таблица 2 пункты ниже:	
Указана температура в диапазоне от 20 до 65 С, при которой производятся измерения в следующих двух пунктах. Примечание: баллы за следующие 2 пункта ставятся, если указано значение температуры.	0.10
Таблица измерений напряжений на диоде и соответствующего напряжения на добавочном сопротивлении при данной температуре. Примечание: без указания номинала сопротивления или его порядкового номера, точек подключения вольтметра, закороченных точек за пункт ставится половина баллов. не меньше 5 — 0,6 3 или 4 — 0,3 меньше 3 — 0	2 × 0.30
Из таблицы измерений напряжения получены значения силы тока через диод в интервале от 5 до 15 мА при измеренных напряжениях на диоде для данной температуры. Примечание: учитываются только те значения силы тока, интервал между которыми не меньше 1 мА. Количество "хороших" точек: не меньше 5 — 1,5 3 или 4 — 1,0 1 или 2 — 0,5	3 × 0.50
Таблица 3 пункты ниже:	
Указана температура в диапазоне от 20 до 65 С, при которой производятся измерения в следующих двух пунктах. Примечание: баллы за следующие 2 пункта ставятся, если указано значение температуры.	0.10
Таблица измерений напряжений на диоде и соответствующего напряжения на добавочном сопротивлении при данной температуре. Примечание: без указания номинала сопротивления или его порядкового номера, точек подключения вольтметра, закороченных точек за пункт ставится половина баллов. не меньше 5 — 0,6 3 или 4 — 0,3 меньше 3 — 0	2 × 0.30

Из таблицы измерений напряжения получены значения силы тока через диод в интервале от 5 до 15 мА при измеренных напряжениях на диоде для данной температуры. Примечание: учитываются только те значения силы тока, интервал между которыми не меньше 1 мА. Количество "хороших" точек: не меньше 5 — 1,5 3 или 4 — 1,0 1 или 2 — 0,5	3 × 0,50
Таблица 4 пункты ниже:	
Указана температура в диапазоне от 20 до 65 С, при которой производятся измерения в следующих двух пунктах. Примечание: баллы за следующие 2 пункта ставятся, если указано значение температуры.	0,10
Таблица измерений напряжений на диоде и соответствующего напряжения на добавочном сопротивлении при данной температуре. Примечание: без указания номинала сопротивления или его порядкового номера, точек подключения вольтметра, закороченных точек за пункт ставится половина баллов. не меньше 5 — 0,6 3 или 4 — 0,3 меньше 3 — 0	2 × 0,30
Из таблицы измерений напряжения получены значения силы тока через диод в интервале от 5 до 15 мА при измеренных напряжениях на диоде для данной температуры. Примечание: учитываются только те значения силы тока, интервал между которыми не меньше 1 мА. Количество "хороших" точек: не меньше 5 — 1,5 3 или 4 — 1,0 1 или 2 — 0,5	3 × 0,50
График. Примечание: если построен один график или построено несколько графиков в разных осях, то оцениваются только 1.22, 1.24, 1.26.	
Выбран разумный масштаб, оси подписаны и оцифрованы Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0	0,50
Верное указание соответствия между графиками и температурами.	0,20
Не менее 80% точек перенесено верно (по 0,2 для каждой зависимости)	4 × 0,20
Проведены сглаживающие линии (без предыдущего пункта не оценивается)	2,00
Кривые имеют характерный вид	0,50

2^{3,50} По результатам измерений постройте график (формат А5) зависимости напряжения на диоде U_x от температуры T при силе тока $I_x = 10\text{ мА}$.

Определены значения напряжений на диоде при силе тока $I_0 = 10\text{ мА}$ (есть таблица или выноски на графике).	1,00
График зависимости напряжения на диоде U_0 от температуры T при силе тока $I_0 = 10\text{ мА}$	
Выбран разумный масштаб, оси подписаны и оцифрованы Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0	0,50
Верно нанесены все экспериментальные точки из таблицы измерений или из графиков ВАХ	1,00
Проведена прямая (без предыдущих пунктов не оценивается)	1,00

3^{1,50} По графику зависимости $U_x(T)$ определите ТКН диода.

Произведены вычисления углового коэффициента k наклона прямой (есть пояснения на основании каких данных произведён расчёт)	0,50
Коэффициент наклона (без предыдущего пункта не оценивается): $K = -(1,8 - 2,0)\text{ мВ/С} — 1,0\text{ балл}$ $K = -(1,7 - 2,1)\text{ мВ/С} — 0,3\text{ балла}$ $K = -(1,6 - 2,2)\text{ мВ/С} — 0,1\text{ балл}$ $K = +(1,8 - 2,0)\text{ мВ/С} — 0,2\text{ балла}$ $K = +(1,7 - 2,1)\text{ мВ/С} — 0,1\text{ балла}$ $K = +(1,6 - 2,2)\text{ мВ/С} — 0,0\text{ баллов}$	10 × 0,10

10-Е1. Оптический «серый ящик»

Выданный вам «Серый ящик» состоит из прямого кругового цилиндра с показателем преломления n_1 , внутри которого расположен другой прямой круговой цилиндр с показателем преломления n_2 (рис. 1), оси которых параллельны, а высоты равны.

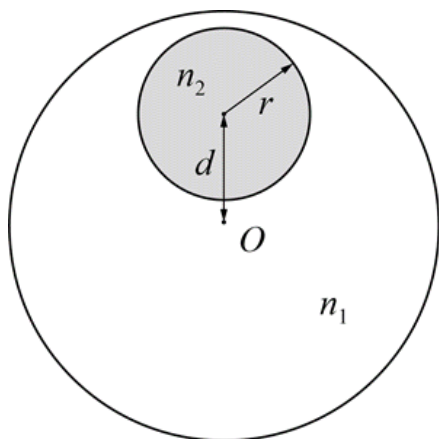


Рис. 1

Торцы (основания) «серого ящика» закрыты непрозрачными накладками. Оси цилиндров перпендикулярны плоскостям непрозрачных накладок. С помощью выданного вам оборудования определите:

- 1 Показатель преломления n_1 .
- 2 Радиус внутреннего цилиндра r .
- 3 Расстояние между осями цилиндров d .
- 4 Какой из показателей преломления n_1 или n_2 больше? Ответ обоснуйте.

Оборудование: «Серый ящик», лист миллиметровой бумаги формата А3 (в качестве оборудования), карандаш, лазер, три линейки, скотч.

ВАЖНО!

- На первой странице чистовика укажите номер выданного вам «серого ящика».
- Обязательно подробно опишите собранную вами установку, выполняемые опыты и построения, приведите схематичные рисунки.
- Листы миллиметровой бумаги формата А4 разрешено использовать только для построения графиков.

10-Е2. Электрический серый ящик

Вам выдан «серый ящик», электрическая схема которого частично известна (рис. 1). Сопротивление резистора $R = (1.00 \pm 0.05) \text{ Ом}$. Цвета выводов «серого ящика» соответствуют подписям на схеме. На местах пяти кружочков располагаются пять элементов: две одинаковые (в пределах погрешности производства) лампочки накаливания, два одинаковых резистора сопротивлением $r = (52 \pm 1) \text{ Ом}$ каждый и светодиод. На месте каждого кружочка располагается ровно один элемент. Лампочки и светодиод выведены наружу, и вы можете видеть когда и как ярко они светятся.

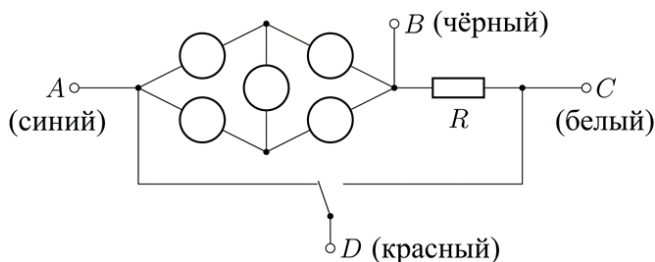


Рис. 1

С помощью предложенного оборудования определите:

- 1 Вольт-амперную характеристику участка АВ и постройте ее график. Нарисуйте схему вашей установки.
- 2 Схему расположения элементов в сером ящике. Нарисуйте схему с указанием цвета проводов, положения элементов и направления включения диода. Аргументируйте предложенный вариант.
- 3 Номинальную мощность лампы накаливания (мощность лампы при номинальном напряжении), если известно, что номинальное напряжение лампы равно 3.0 В.
- 4 Вольт-амперную характеристику лампы.

Очень важно!

- Регулируемый источник разрешается подключать только к белому и синему выводам.
- В случае порчи источника или серого ящика из-за короткого замыкания оборудование не заменяется.
- В начале работы обязательно укажите номер выданного вам серого ящика.
- Погрешность оценивать не нужно.
- Мультиметр можно использовать только в режимах вольтметра или омметра.
- Извлекать батарейки из держателя запрещено. Новые батарейки выдаваться не будут.
- Регулируемый источник работает в штатном режиме только при его подключении к выводам А (синий) и С (белый). Вы не сможете убедиться в его работоспособности, отключив его от схемы и подключив к нему напрямую вольтметр.
- Для подключения источника вы можете использовать только его красный и черный провода. Любые другие способы подключения к источнику и его элементам запрещены.
- Миллиметровая бумага формата А4 может использоваться только для построения графиков.

Оборудование: «серый ящик», регулируемый источник тока, мультиметр (можно использовать только как вольтметр или омметр), четыре колодки для соединения проводов, два кусочка пластиковой трубки.



Решение

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Показатель преломления n_1 .

2^{??} Радиус внутреннего цилиндра r .

3^{??} Расстояние между осями цилиндров d .

4^{??} Какой из показателей преломления n_1 или n_2 больше? Ответ обоснуйте.

Разбалловка

I Условие

§ Решение

M Разбалловка

1^{??} Показатель преломления n_1 .

Качество метода определения показателя преломления n_1	None
<p>M1 Метод, использующий закон преломления.</p> <p>1. Измерение углов с высокой степенью точности - 2 балла 2. Измерение углов с низкой степенью точности: - 1 балл</p> <p>- использованы малые расстояния для определения тригонометрических функций углов; - построение касательной "на глазок"; - геометрические методы, чувствительные к точности проведения прямых; - использование приближений малых углов для больших углов;</p> <p>Примечание : если в работе не описан способ измерения углов, то считается, что углы измерены с низкой степенью точности.</p>	4 × 0.50
<p>Количество измерений:</p> <p>>5 измерений - 5 × 0,5 б 5 измерений - 4 × 0,5 б 3-4 измерения - 3 × 0,5 б 2 измерения - 2 × 0,5 б 1 измерение - 1 × 0,5 б</p> <p>Примечание 1 : при отсутствии в работе первичных данных пункт оценивается в ноль баллов. Примечание 2 : если качество метода оценено в ноль баллов, то баллы за измерения не ставятся.</p>	5 × 0.50
Расчётная формула для n_1 , выраженная через измеряемые величины в явном виде.	1.00
<p>Значение n_1</p> <p>1,45 ≤ n_1 ≤ 1,55 - 2 × 1 балл 1,40 ≤ n_1 ≤ 1,60 - 1 × 1 балл</p> <p>Примечание : при некорректных измерениях этот подпункт оценивается в ноль баллов.</p>	2 × 1.00
<p>Обоснованная оценка погрешности n_1</p> <p>Примечание : при отсутствии в работе первичных данных пункт оценивается в ноль баллов.</p>	0.50

2^{??} Радиус внутреннего цилиндра r .

<p>Качество метода поиска r и d</p> <p>Примечание : Только проведение прямой, соединяющей оси цилиндров и касательных к малому цилиндру, проходящих через ось большого и другие способы, позволяющие определить только соотношение между r и d - 0,5 балла. Примечание : решения, предполагающие однородную плотность по массе отдельных частей выданного оборудования, оцениваются в ноль баллов. Примечание : решения, использующие точку пересечения двух биссектрис с малым углом между ними без дополнительных проверок оцениваются в 1 балл.</p>	4 × 0.50
<p>Количество измерений</p> <p>≥ 8 - 4 × 0,5 балла 6-7 - 3 × 0,5 балла 4-5 - 2 × 0,5 балла 3 - 1 × 0,5 балла</p>	4 × 0.50
<p>Значение r</p> <p>2,7 ≤ r ≤ 3,3 см 2 × 1 балл 2,5 ≤ r ≤ 3,5 см 1 × 1 балл</p> <p>Примечание : при некорректных измерениях верный ответ оценивается в ноль баллов.</p>	2 × 1.00
Обоснованная оценка погрешности r	0.50

3^{??} Расстояние между осями цилиндров d .

Значение d $(3,2 \leq d \leq 3,8)$ см - 2 x 1 балл $(3,0 \leq d \leq 4,0)$ см - 1 x 1 балл Примечание : при некорректных измерениях верный ответ оценивается в ноль баллов.	2 x 1.00
Обоснованная оценка погрешности d .	0.50

4^{??} Какой из показателей преломления n_1 или n_2 больше? Ответ обоснуйте.

Метод определения соотношения между показателями преломления n_1 и n_2 Примечание : баллы ставятся только при наличии корректного обоснования, в том числе приближенные построения хода лучей "на глазок" не учитываются.	2 x 1.00
Получен правильный ответ $n_2 < n_1$ Примечание : при некорректных или необоснованных рассуждениях ответ оценивается в ноль баллов.	1.00

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

11-Е1. Капилляр

При ламинарном (без завихрений) течении жидкости по трубке скорость движения изменяется от нуля у стенки трубки до максимального значения на ее оси (параболический профиль скоростей). Так как соседние слои жидкости движутся с различными скоростями, между ними возникает сила трения, значение которой характеризуется физической величиной η , называемой коэффициентом вязкости. Согласно формуле Пуазейля, объем жидкости Q , протекающий по трубке в единицу времени (расход), связан с коэффициентом вязкости соотношением

$$Q = \frac{\Delta p \pi r^4}{8 \eta l},$$

где Δp – разность давлений на концах трубки, r – радиус трубки, l – длина трубки. При этом формула Пуазейля применима, только если длина трубки удовлетворяет соотношению $l \gg l_0 \sim \frac{1}{\eta} \sqrt{\rho \sigma r^3}$, иначе параболический профиль скоростей не успеет установиться. Здесь ρ – плотность жидкости, σ – коэффициент поверхностного натяжения.

Вам предлагается определить вязкость выданной Вам неизвестной жидкости.

Оборудование: шприц с неизвестной жидкостью вместимостью 5 мл, шприц с подкрашенной водой вместимостью 10 мл, капилляры диаметром 0,3 мм (10 штук), линейка, секундомер, пластина из оргстекла.

Примечание: Выданные Вам салфетки предназначены для поддержания рабочего места сухим и чистым и не входят в состав оборудования. Миллиметровая бумага может использоваться только для построения графиков и также не входит в состав оборудования. Пластина из оргстекла предлагается в качестве рабочей поверхности для проведения экспериментов. Спички нужны только как заглушки для шприцев и также не входят в состав оборудования.

Задание

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 $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.

Примечание: краевой угол смачивания – угол, который образуется между касательной к поверхности

жидкости в точке ее контакта с твердой поверхностью (рис. 1).

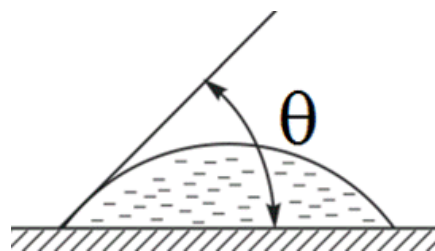


Рис. 1

- 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 параболического профиля скоростей l_0 .

Примечания

- Замена капилляров и жидкости не предусмотрена, поэтому тщательно планируйте свои действия. Если при выполнении отдельного измерения у Вас осталась неиспользованной значительная часть капилляра, Вы можете аккуратно отломить ее и использовать еще раз. Часть капилляра, в которой побывала жидкость, повторно использовать нельзя из-за изменения свойств поверхности при смачивании.
- При длительном нахождении исследуемой жидкости на открытом воздухе некоторые легколетучие компоненты в ее составе могут частично испаряться, что существенно повлияет на качество результатов.

11-Е2. Электрический серый ящик

Вам выдан «серый ящик», электрическая схема которого частично известна (рис. 1). Сопротивление резистора $R = (1,00 \pm 0,05) \text{ Ом}$. Цвета выводов «серого ящика» соответствуют подписям на схеме. На местах пяти кружочков располагаются пять элементов: две одинаковые (в пределах погрешности производства) лампочки накаливания, два одинаковых резистора сопротивлением $r = (52 \pm 1) \text{ Ом}$ каждый и светодиод. На месте каждого кружочка располагается ровно один элемент. Лампочки и светодиод выведены наружу, и вы можете видеть, когда и как ярко они светятся.

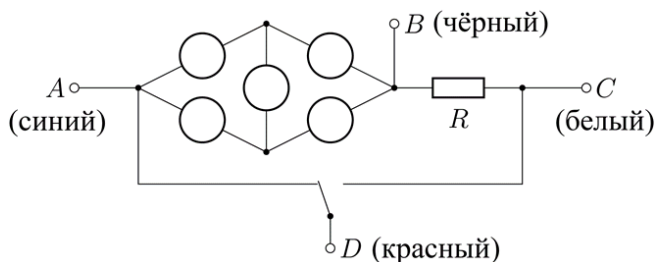


Рис. 1

С помощью предложенного оборудования:

- 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.

Погрешность оценивать не нужно!

Очень важно!

- В начале работы обязательно укажите номера выданных вам серого ящика и источника тока.
- Мультиметр можно использовать только в режимах вольтметра или омметра.
- Регулируемый источник разрешается подключать только к белому и синему выводам.
- В случае порчи источника или серого ящика из-за короткого замыкания оборудование не заменяется.
- Извлекать батарейки из держателя запрещается. Новые батарейки выдаваться не будут.
- Регулируемый источник работает в штатном режиме только при его подключении к выводам А (синий) и С (белый). Вы не сможете убедиться в его работоспособности, отключив его от схемы и подключив к нему напрямую вольтметр.
- Вы можете использовать для подключения источника только его красный и черный провода. Любые другие способы подключения к источнику или его элементам категорически запрещаются.

Оборудование: «серый ящик», регулируемый источник тока, мультиметр (можно использовать только как вольтметр или омметр), две колодки для соединения проводов, два кусочка черной пластиковой трубки. Миллиметровая бумага формата А4 может использоваться только для построения графиков.

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