

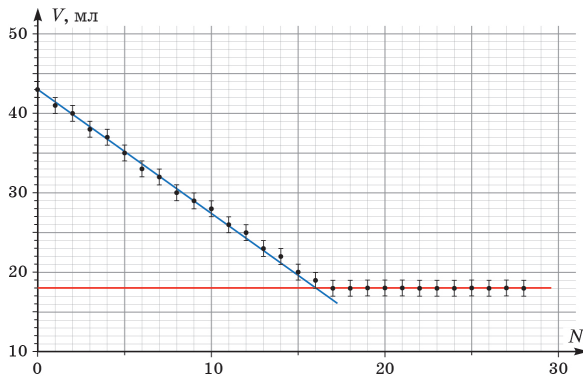
Возможные решения

Задача №9-1. Индийский чай

Все приведенные ниже **промежуточные** величины соответствуют авторской установке и могут отличаться от ваших! Несколько раз наберем полный шприц воды и добавим ее в мерный цилиндр. Ограничители на шприце позволяют каждый раз набирать равные объемы воды. Снимем зависимости $V_B(N)$ и $V(N)$, где V_B – отметка на шкале мерного цилиндра, соответствующая верхней границе воды (см. область 1 на рисунке); V – отметка на шкале мерного цилиндра, соответствующая верхней границе неизвестной жидкости (см. область 2 на рисунке); N – количество добавленных полных шприцов воды.

N	V_B , мл	V , мл	N	V_B , мл	V , мл	N	V_B , мл	V , мл
0	43	43	10	64	27	20	83	18
1	45	41	11	66	26	21	84	18
2	47	40	12	68	25	22	85	18
3	50	38	13	70	23	23	86	18
4	52	37	14	73	22	24	87	18
5	54	35	15	75	20	25	88	18
6	56	33	16	76	19	26	90	18
7	58	32	17	78	19	27	91	18
8	60	30	18	80	18	28	92	18
9	62	29	19	81	18			

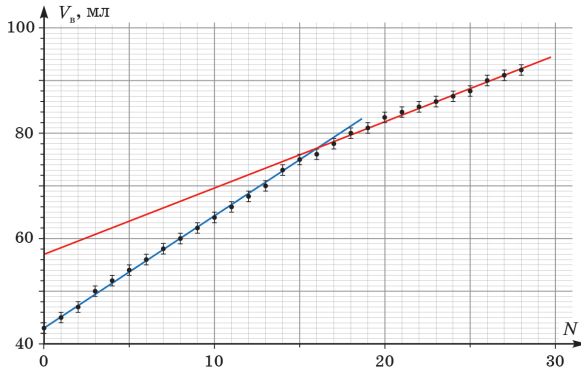
Построим график $V(N)$ и проанализируем полученную зависимость.



На графике заметны два линейных участка: на первом – тело частично погружено в неизвестную жидкость, а на втором уже полностью находится в воде.

Проведя прямые, можно определить V_0 – первоначальный объём жидкости в мерном цилиндре. Горизонтальная прямая соответствует $V_0 = 18$ мл. Следовательно, объём вытесняемой телом неизвестной жидкости при свободном плавании равен $\Delta V = 43 - 18 = 25$ мл. С помощью графика можно определить в какой момент тело полностью выходит из нижней жидкости. В данном случае эта точка $N = 16$.

Построим график зависимости $V_B(N)$.



На графике виден излом – момент, когда тело полностью оказывается в воде.

Красная линия позволяет узнать какой истинный объём воды мы добавляли в ходе эксперимента (если бы в измерительный цилиндр не было погружено тело). Пересечению прямых соответствует значение $V_{B1} = 77$ мл. Точка пересечения с вертикальной осью позволяет найти $V_{B2} = 57$ мл. Разность этих двух значений равна объёму V_{B0} налитой с помощью шприца воды.

$$V_{B0} = V_{B1} - V_{B2} = 77 - 57 = 20 \text{ мл.}$$

Для нахождения объёма шприца учтем, что за весь эксперимент было налито $92 - 57 = 35$ мл воды, что соответствует 28 шприцам, откуда $V_{ш} = 1,25$ мл.

Из графика зависимости $V_B(N)$ можно найти объём ΔV_B вытесненной телом воды:

$$\Delta V_B = V_{B1} - (V_{B0} + V_0) = 77 - (20 + 18) = 39 \text{ мл}$$

Погрешность измеренных величин определяется в первую очередь погрешностью мерного цилиндра ($\pm 0,5$ мл). Учитывая это: $\Delta V = (25 \pm 1)$ мл, $\Delta V_B = (39 \pm 1)$ мл, $V_{ш} = (1,25 \pm 0,07)$ мл. Условие плавания тела в неизвестной жидкости:

$$\rho \Delta V = m$$

Условие плавания в воде:

$$\rho_{\text{в}} \Delta V_{\text{в}} = m$$

Таким образом $\rho \Delta V = \rho_{\text{в}} \Delta V_{\text{в}}$

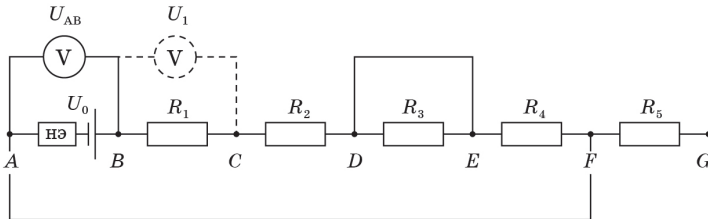
$$\rho = \rho_{\text{в}} \Delta V_{\text{в}} / \Delta V = 1,0 \cdot 39 / 25 = (1,6 \pm 0,1) \text{ г/см}^3$$

$$m = 1,6 \cdot 25 = (40 \pm 6) \text{ г}$$

Задача №9-2. Вах-вах!

1. Измеряем величины сопротивлений резисторов «серого» ящика поочередно подключая омметр к контактам BC , CD , DE , EF и FG ($R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$, $R_4 = 40 \text{ Ом}$, $R_5 = 80 \text{ Ом}$).

2. Одним проводом замыкаем цепь нелинейного элемента, подключая его к контакту A и к любому из контактов $C - G$. Вторым проводом шунтируем какие-либо отдельные резисторы или их группы, получая различные величины R нагрузочного сопротивления (см. пример).

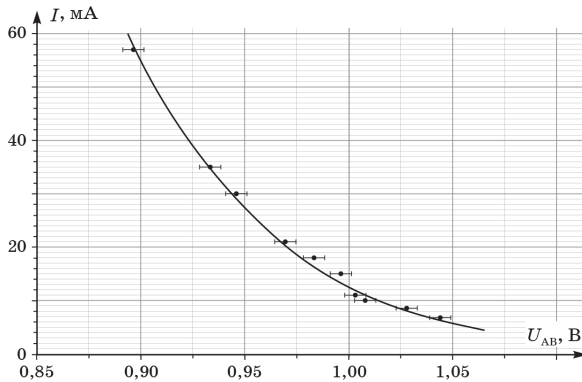


3. Для каждого R измеряем напряжение U_{AB} на контактах AB (столбцы 2 и 4 таблицы); оно равно разности напряжения источника и напряжения на нелинейном элементе $U_{AB} = U_0 - U$.

4. Для определения силы тока в цепи измеряем напряжение U_1 на резисторе R_1 (контакты BC) или напряжение U_2 на резисторе R_2 (контакты CD) (используем тот резистор, который не закорочен в данном измерении). Значения измеренных величин приведены в столбцах 5 и 6 таблицы. Для каждого измерения U вычисляем силу тока I в цепи и заносим результат в таблицу (столбец 7).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	U_{AB}	ΔU_{AB}	R	U_1	U_2	I	ΔI	U	ΔU
	мВ	мВ	Ом	мВ	мВ	мА	мА	мВ	мВ
1	895	11	15		567	57	3	705	11
2	934	11	25	177		35	3	666	11
3	946	11	30		300	30,0	1,4	654	11
4	969	12	45	107		21	2	631	12
5	982	12	55		177	17,7	0,9	618	12
6	992	12	65	75		15,0	1,3	608	12
7	1010	12	85	56		11,2	1,1	591	12
8	1020	12	95		102	10,2	0,6	585	12
9	1030	12	115		85	8,5	0,5	574	12
10	1040	12	135	34		6,8	0,8	563	12

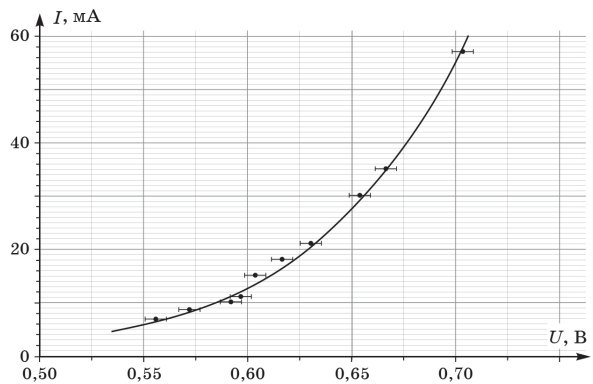
5. Строим график зависимости I от U_{AB} .



6. С помощью графика зависимости $I(U_{AB})$ находим, что при $I = 20$ мА $U_{AB} = 0,97$ В. По условию, при таком токе напряжение на нелинейном элементе $U = 0,63$ В. Так как $U_{AB} = U_0 - U$, получаем $U_0 = U_{AB} + U = 1,6$ В.

7. Пересчитываем значения U_{AB} в напряжение на нелинейном элементе U по формуле $U = U_0 - U_{AB}$ и подставляем соответствующие значения в столбец 9 таблицы.

8. По данным столбцов 7, 9 и 10 таблицы строим ВАХ нелинейного элемента.



Задача Ru22-9-E1. Индийский чай
Шифр

$\Sigma =$

	Пункт разбалловки	Балл	Наличие
1.1	Таблица измерений объёмов от числа добавленных шприцев:	0.00	
1.3	5 и более точек на первом участке	0.90	
1.4	3-4 точек на первом участке	0.40	
1.5	5 и более точек на втором участке	0.90	
1.6	3-4 точек на втором участке	0.40	
1.7	В таблице указаны единицы измерения объёмов.	0.20	
1.8	Примечание: в случае отсутствия результатов прямых измерений баллы за дальнейшие действия, основывающиеся на них не ставятся (в т.ч. построение графиков, расчёт погрешностей, etc.).		
1.10	График $V(N)$:	0.00	
1.11	График занимает от 70% до 100% формата А5	0.50	
1.12	График занимает 50%-70% или более 100%	0.20	
1.13	Оси подписаны и указаны единицы измерения. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
1.14	Шкалы удобно и правильно оцифрованы. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
1.15	Не менее 80% точек перенесено верно	0.50	
1.16	Проведены прямые (без предыдущего пункта не оценивается)	0.50	
1.17	Нанесены кресты погрешностей	0.50	
1.18	График зависимости $Vв(N)$		
1.19	График занимает 70% до 100% формата А5	0.50	
1.20	График занимает 50%-70% или более 100%	0.20	
1.21	Оси подписаны и указаны единицы измерения. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
1.22	Шкалы удобно и правильно оцифрованы. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
1.23	Не менее 80% точек перенесено верно	0.50	
1.24	Проведены прямые (без предыдущего пункта не оценивается)	0.50	
1.25	Нанесены кресты погрешностей	0.50	
1.27	Правильная интерпретация участков прямых и точек их пересечений	1.00	
2.1	Из зависимости $V(N)$ найден начальный объём V_0 . Примечание: результаты, полученные из неверных рассуждений не оцениваются.		
2.2	горизонтальный участок проведён по 5 точкам и более	1.00	
2.3	горизонтальный участок проведён по 3-4 точкам	0.50	
2.4	Найден объём ΔV неизвестной жидкости, вытесняемой телом	0.50	
2.5	Найден объём налитой воды $V_{в0}$	0.50	
2.6	Найден объём $V_{в1}$	0.50	
2.7	Найдено значение $\Delta V_{в}$	0.50	
2.8	Найден $V_{ш}$ Диапазон $[1,1 - 1,3 \text{ мл}]$	1.00	
2.9	Оценена погрешность найденных объёмов (оценивается только при попадании в диапазон).	0.50	
3.1	Записано условие плавания в неизвестной жидкости в терминах сил тяжести и Архимеда.	1.00	
3.2	Записано условие плавания в неизвестной жидкости без аргументации	0.50	
3.3	Записано условие плавания в воде в терминах сил тяжести и Архимеда.	1.00	
3.4	Записано условие плавания в воде без аргументации	0.50	
3.5	Найдена плотность неизвестной жидкости $\rho_{ж}$. Примечание: оцениваются только результаты, полученные с учётом действительной формы тела.		
3.6	узкие ворота – $[1,5 - 1,7] \text{ кг/л}$	2.00	
3.7	широкие ворота – $[1,4 - 1,8] \text{ кг/л}$	1.00	
3.8	Оценена погрешность $\rho_{ж}$ (только при условии попадания в диапазон).	0.50	
4.0	Примечание: результаты, полученные из неверных рассуждений не оцениваются.		
4.2	Определена масса m плавающего тела. Диапазон – $[33 - 47] \text{ г}$	1.50	
4.3	Оценена погрешность m (только при условии попадания в диапазон).	0.50	

Задача Ru22-9-E2. Вах-вах!
Шифр

$\Sigma =$

	Пункт разбалловки	Балл	Наличие
1.0	Измерения омметром:		
1.2	Получено значение $R_{BC} = [4,3 - 5,7]$ Ом	0.50	
1.3	Получено значение $R_{CD} = [8,5 - 11,5]$ Ом	0.50	
1.4	Получено значение $R_{DE} = [17 - 23]$ Ом	0.50	
1.5	Получено значение $R_{EF} = [34 - 46]$ Ом	0.50	
1.6	Получено значение $R_{FG} = [68 - 92]$ Ом	0.50	
1.7	Описан способ включения схемы для получения зависимости $I(U_{AB})$	0.50	
1.9	Описан способ измерения силы тока в цепи путем измерения напряжения на одном из резисторов	0.50	
1.10	Таблица измерений напряжения на контактах AB :		
1.11	не менее 11 точек, с указанием обозначений замкнутых контактов	1.00	
1.12	5-10 точек, с указанием обозначений замкнутых контактов	0.50	
1.13	не менее 11 точек, без указания обозначений замкнутых контактов	0.50	
1.14	5-10 точек, без указания обозначений замкнутых контактов	0.20	
1.15	Приведена в таблице абсолютная погрешность ΔU_{AB}	0.20	
1.16	Если сила тока измерялась с помощью мультиметра в режиме амперметра, за все последующие пункты участник получает 0,0 баллов.		
1.17	Таблица измерений напряжения на одном из нагрузочных резисторов:		
1.18	не менее 11 точек, с указанием обозначений замкнутых контактов и резистора, на котором измеряется напряжение	1.00	
1.19	5-10 точек, с указанием обозначений замкнутых контактов и резистора, на котором измеряется напряжение	0.50	
1.20	не менее 11 точек, без указания обозначений замкнутых контактов и резистора, на котором измеряется напряжение	0.50	
1.21	5-10 точек, без указания обозначений замкнутых контактов и резистора, на котором измеряется напряжение	0.20	
1.23	Вычислены значения силы тока по напряжениям на резисторе, и занесены в таблицу. Учитываются только "хорошие" точки, равномерно распределённые в требуемом диапазоне токов – попадающие в последовательные неперекрывающиеся 10%-ные интервалы – и нанесённые на график ВАХ.		
1.24	не менее 7 хороших точек	2.00	
1.25	5-6 хороших точек	1.00	
1.27	Приведена в таблице абсолютная погрешность ΔI	0.30	
2.1	Оси подписаны. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
2.2	Удобная оцифровка. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
2.3	График занимает не менее 70% формата А5	0.50	
2.4	График занимает 50%-70%	0.20	
2.5	Не менее 80% точек нанесены верно	0.50	
2.6	Нанесены кресты погрешностей	0.20	
2.7	Кривая имеет характерный вид	0.40	
2.8	Проведена сглаживающая кривая	0.40	
3.1	Определено напряжение U_{AB} на контактах AB при силе тока 20 мА.	1.00	
3.2	Определено напряжение источника $U_0 = [1,5 - 1,7]$ В	1.00	
3.3	Формула для пересчета $U = U_0 - U_{AB}$	1.00	
3.4	Занесение пересчитанных результатов U в таблицу	1.00	
3.5	График ВАХ нелинейного элемента:		
3.6	Оси подписаны. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
3.7	Удобная оцифровка. Примечание: без графика этот пункт оценивается 0,0.	0.50	
3.8	График занимает не менее 70% формата А5	0.50	
3.9	занимает 50%-70%	0.20	
3.10	Не менее 80% точек нанесены верно	0.50	
3.11	Нанесены кресты погрешностей	0.20	
3.12	Кривая имеет характерный вид	0.40	
3.13	Проведена сглаживающая кривая	0.40	
3.15	График ВАХ в требуемом диапазоне:		
3.16	занимает от 70-110% формата А5	2.00	
3.17	занимает 50-70% или от 110-120%	1.00	