



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

ФИЗИКА, 2021

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

личной олимпиады

Школьного учебно-научного турнира

по физике «ШУНТ»

(11 – 14 марта 2021 г.)



**Киров
2021**

Печатается по решению методического совета Кировского областного государственного автономного образовательного учреждения дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников» (протокол № 2 от 26.02.2021 г.) и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (11 – 14 марта 2021 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2021. – 12 с.

Авторы и источники задач

Первощиков Д. В.: 7.2, 8.1, 8.2, 9.1, 9.2

Сорокин А. П.: 7.1, 8.1, 9.1

Методической комиссией Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» рассматриваются предложения по задачам для личной олимпиады
Адрес для переписки: shunt.ph@mail.ru

Компьютерная вёрстка

Сорокин А., Первощиков Д. (сост.)

Научная редакция

Кантор П. Я., Коханов К. А.

Подписано в печать 10.03.2021.

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 0,4

Тираж 230 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2021

ЗАДАНИЯ

ЗАДАЧА 7.1. НОВОЕ ВЕЩЕСТВО

Профессор открыл в лаборатории новое вещество с изменяющейся плотностью и попросил Шунтика исследовать зависимость массы этого вещества m от занимаемого им объёма V . С помощью мензурки Шунтик определил объёмы V различных порций вещества, а с помощью весов – их массы m . Результаты измерений он занёс в таблицу (табл. 7.1).

Табл. 7.1

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$V, \text{см}^3$	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
$m, \text{г}$	0	197	391	585	779	831	883	935	1543	2151	2759

Задания

1. Используя занесённые в табл. 7.1 данные, постройте на миллиметровой бумаге график зависимости массы m от объёма V .

2. Используя построенный график, определите максимальную и минимальную плотность вещества (ρ_{\max} и ρ_{\min}).

3. Используя построенный график, определите максимальную и минимальную среднюю плотность вещества ($\rho_{\text{ср. max}}$ и $\rho_{\text{ср. min}}$).

Примечание

Под средней плотностью следует понимать плотность, полученную по результатам одного измерения.

ЗАДАЧА 7.2. СЛОЁНАЯ ЖИДКОСТЬ V.1

На горизонтальную поверхность стола поставили сосуд и налили в него два слоя несмешивающихся жидкостей с высотами h_1 и h_2 и плотностями ρ_1 и ρ_2 соответственно. Затем взяли цилиндрическое тело и, подвесив его на нити к динамометру, начали медленно опускать в сосуд с жидкостями. Зависимость показаний динамометра F от расстояния между нижним основанием тела и дном сосуда h приведена в таблице (табл. 7.2).

Табл. 7.2

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$h, \text{см}$	55	51	50	49	48	47	46	36	35	34	33	32	31	20
$F, \text{Н}$	6,3	6,3	6,3	5,4	4,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,3	3	2,7	2,7	2,7

Задания

1. Используя занесённые в табл. 7.2 данные, постройте на миллиметровой бумаге график зависимости показаний динамометра F от высоты h .

2. Используя построенный график, определите высоты слоёв жидкостей h_1 и h_2 .

3. Используя построенный график, определите плотности жидкостей ρ_1 и ρ_2 .

Примечания

1. Известно, что на тело, погружённое в жидкость, действует сила Архимеда $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{ж}} g V_m$, где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, V_m – объём погружённой части тела, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

2. Считайте, что объём тела мал по сравнению с объёмом сосуда, поэтому при его погружении в жидкости высоты их уровней не изменяются.

3. Площадь поперечного сечения цилиндрического тела $S = 100 \text{ см}^2$, его плотность – $\rho_m = 2100 \text{ кг/м}^3$.

ЗАДАЧА 8.1. СНЕГОУБОРКА

Профессор сконструировал снегоуборочного робота, который может двигаться по прямой или поворачивать на 90° . Шунтик написал программу-траекторию для робота (табл. 8.1).

Табл. 8.1

$x, \text{ м}$	0	1	1	-1	-1	2	2	-2	-2	2
$y, \text{ м}$	0	0	1	1	-1	-1	2	2	-2	-2

Оказалось, что из-за скапливающегося снега скорость робота v уменьшается в зависимости от пройденного им пути s (табл. 8.2).

Табл. 8.2

$s, \text{ м}$	0	5	10	15	20	25
$v, \text{ м/с}$	1,28	0,64	0,47	0,33	0,28	0,22

Задания

1. Используя занесённые в табл. 8.1 данные, постройте на миллиметровой бумаге траекторию движения робота в координатах y и x ; определите пройденный роботом путь s .

2. Используя занесённые в табл. 8.2 данные, постройте на миллиметровой бумаге график зависимости величины обратной скорости $1/v$ от пройденного пути s , полагая, что на каждом 5-метровом участке эта величина зависит от пройденного расстояния по линейному закону.

3. Используя построенный в задании 2 график, определите время, затраченное роботом на уборку снега, пренебрегая возможными задержками на поворотах.

ЗАДАЧА 8.2. СЛОЁНАЯ ЖИДКОСТЬ V.2

На горизонтальную поверхность стола поставили сосуд и налили в него три слоя несмешивающихся жидкостей с высотами h_1 , h_2 и h_3 и плотностями ρ_1 , ρ_2 и ρ_3 соответственно. Затем взяли цилиндрическое тело и, подвесив его на нити к динамометру, начали медленно опускать в сосуд с жидкостями. Зависимость показаний динамометра F от расстояния между нижним основанием тела и дном сосуда h приведена в таблице (табл. 8.3).

Табл. 8.3

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$h, \text{ см}$	55	51	50	49	48	47	46	36	35	34	33	32	31	11	10	9,5	9	-	-
$F, \text{ Н}$	6,3	6,3	6,3	5,4	4,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,3	3	2,7	2,7	2,7	2,7	1,8	0,8	0	0

Задания

1. Используя занесённые в табл. 8.3 данные, постройте на миллиметровой бумаге график зависимости показаний динамометра F от высоты h .

2. Используя построенный график, определите высоты слоёв жидкостей h_1 , h_2 и h_3 .

3. Используя построенный график, определите плотности жидкостей ρ_1 , ρ_2 и ρ_3 .

Примечания

1. Считайте, что объём тела мал по сравнению с объёмом сосуда, поэтому при погружении его в жидкости высоты их уровней не изменяются.

2. Площадь поперечного сечения цилиндрического тела $S = 100 \text{ см}^2$, его плотность – $\rho_m = 2100 \text{ кг/м}^3$.

ЗАДАЧА 9.1. СЕРАЯ ЗВЕЗДА

Шунтик нашёл электрический серый ящик с тремя выводами. Согласно прилагающейся инструкции, элементы внутри него соединены звездой, однако часть инструкции оказалась повреждена, поэтому узнать, какие именно элементы находятся внутри серого ящика и их параметры не получилось.

Шунтик измерил зависимость силы тока I_{12} , протекающего через серый ящик, от приложенного к нему напряжения (вольт-амперная характеристика) для выводов 1-2, подключив плюс источника к выводу 1, а минус к выводу 2. После этого он провёл измерения силы тока I_{21} , изменив подключение источника: минус к выводу 1, а плюс к выводу 2. Аналогичные измерения были проведены для выводов 2-3 и 1-3 (табл. 9.1).

Табл. 9.1

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$U, \text{В}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{12}, \text{мА}$	68	113	158	207	252	297	342	378	428	468	514
$I_{21}, \text{мА}$	-68	-23	23	72	117	162	207	243	293	333	378
$I_{23}, \text{мА}$	0	0	0	0	0	81	216	324	473	595	730
$I_{32}, \text{мА}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$I_{31}, \text{мА}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$I_{13}, \text{мА}$	0	0	0	7	74	142	209	264	338	399	466

Задания

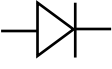
1. Используя занесённые в табл. 9.1 данные, исследуйте зависимость силы тока, протекающего через серый ящик, от приложенного напряжения $I(U)$ для всех выводов, для этого постройте на миллиметровой бумаге графики: $I_{12}(U)$, $I_{21}(U)$, $I_{23}(U)$, $I_{13}(U)$.

2. Определите простейшую схему соединения элементов в сером ящике.

3. Используя построенные графики, определите параметры элементов, находящихся внутри серого ящика.

Примечания

1. Внутри серого ящика могут быть следующие элементы: батарейки, резисторы, диоды.

2. Диод – это элемент цепи (его условное обозначение: ) , который при одной полярности приложенного напряжения не пропускает ток, а при другой полярности пропускает любой ток в направлении стрелки, если величина приложенного напряжения хотя бы незначительно превышает определенное значение U_0 , называемое напряжением открытия диода. Зависимость протекающего тока от приложенного напряжения для диода представлена на графике 9.1.

3. Пример резисторов, соединённых звездой, приведён на рисунке 9.1.

4. Все измерительные приборы и источник считайте идеальными.

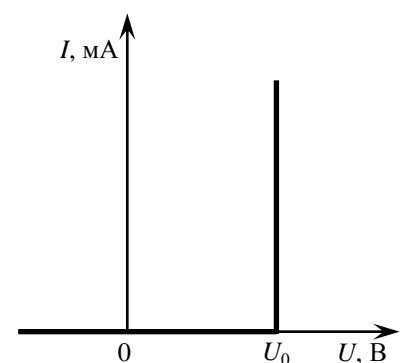


График 9.1

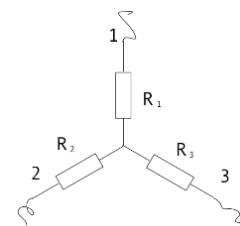


Рисунок 9.1

ЗАДАЧА 9.2. ГРАВИТАЦИОННАЯ ШАХТА

Известно, что ускорение свободного падения у поверхности Земли около $g_0 \approx 10 \text{ м/с}^2$. Однако с изменением высоты h ускорение свободного падения изменяется: $g = g(h)$. Были проведены измерения ускорения свободного падения для разных высот, отсчитываемых от поверхности Земли (табл. 9.2).

Табл. 9.2

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
h , тыс. км	-6	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	4	7	13	20	34	48
g , м/с ²	0,54	2,17	3,52	5,17	6,78	8,28	7,40	5,69	3,73	2,23	1,06	0,57	0,24	0,13

Задания

1. Используя занесённые в табл. 9.2 данные, постройте на миллиметровой бумаге график зависимости ускорения свободного падения g от высоты h .

2. Используя построенный график, определите значения радиуса Земли R_0 и ускорения свободного падения g_0 у поверхности Земли.

3. Используя построенный график, определите, какую работу нужно совершить, чтобы переместить тело массой $m = 1 \text{ кг}$ с глубины $R_0/2$ на высоту $R_0/2$.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ

ЗАДАЧА 7.1. НОВОЕ ВЕЩЕСТВО

1. На миллиметровой бумаге построим график зависимости массы m от объёма V (график 7.1).

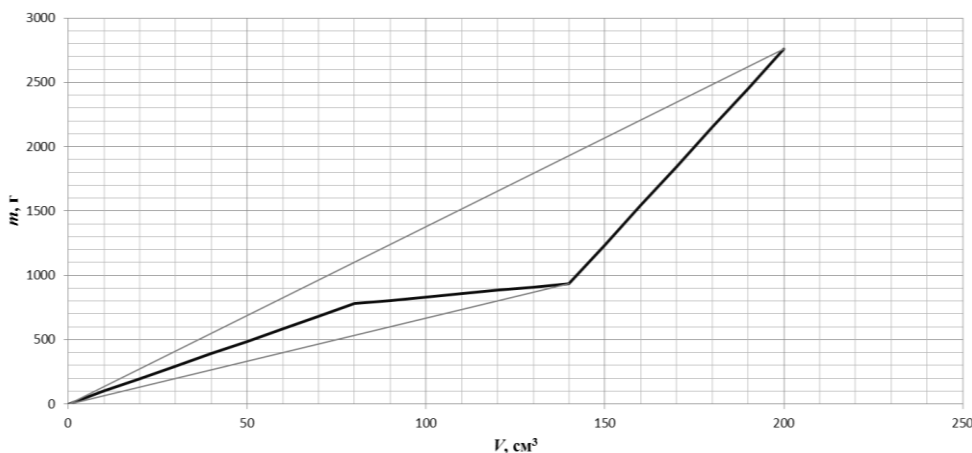


График 7.1

2. По графику определим максимальную и минимальную плотность как угловой коэффициент наклона самого крутого и самого пологого участков графика (1) $\rho_{max} = 30,4$ г/см³, $\rho_{min} = 2,6$ г/см³.

3. По графику определим максимальную и минимальную среднюю плотность как угловой коэффициент наклона прямых, проведённых из начала координат к наиболее выступающим точкам графика (2), $\rho_{cp. max} = 13,8$ г/см³, $\rho_{cp. min} = 6,7$ г/см³.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	График 7.1 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2.1	Рассуждение (1)	2
2.2	Определены значения ρ_{max} [28;33] г/см ³ , ρ_{min} [2,4;2,8] г/см ³	2
	ρ_{max} [26;28) г/см ³ и (33;35) г/см ³ , ρ_{min} [2,2;2,4) г/см ³ и (2,8;3,0) г/см ³	1
3.1	Рассуждение (2)	2
3.2	Определены значения $\rho_{cp. max}$ [12,4;15,2] г/см ³ , $\rho_{cp. min}$ [6,0;7,4] г/см ³	2
	$\rho_{cp. max}$ [11,7;12,4) г/см ³ и (15,2;15,9) г/см ³ , $\rho_{cp. min}$ [5,7;6,0) и (7,4;7,7) г/см ³	1

ЗАДАЧА 7.2. СЛОЁНАЯ ЖИДКОСТЬ

1. На миллиметровой бумаге построим график зависимости силы F от высоты h (график 7.2).

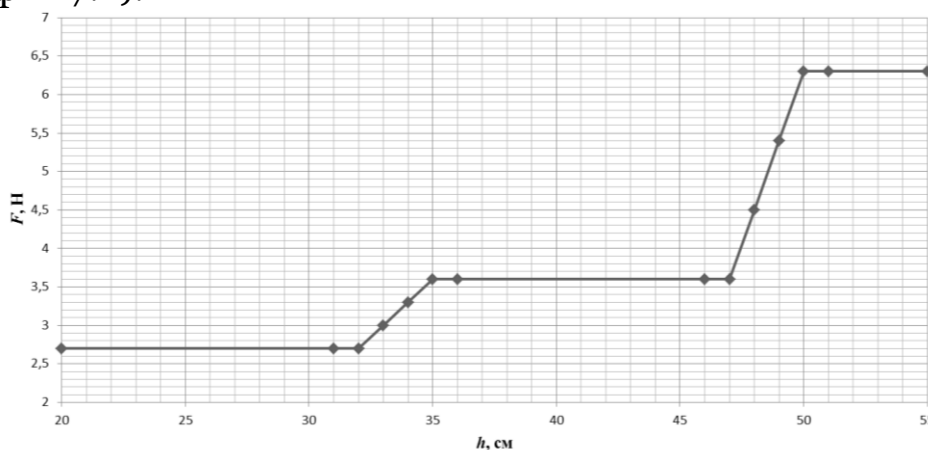


График 7.2

2. По графику определим высоты слоёв жидкостей h_1 и h_2 . Проанализировав график, можно сделать вывод, что высоты, при которых начинают изменяться показания динамометра, – это высоты когда нижнее основание цилиндрического тела оказывается на уровне границы раздела жидкостей (1). Тогда $h_1 = 0,50 \text{ м} - 0,35 \text{ м} = 0,15 \text{ м}$, $h_2 = 0,35 \text{ м}$ (нумерация жидкостей сверху вниз).

3. По графику определим плотности жидкостей ρ_1 и ρ_2 . Проанализировав наклонные участки графика, можно сделать вывод, что высота тела $h_0 = 0,03 \text{ м}$, а его объём $V_m = Sh_0 = 0,0003 \text{ м}^3$. Из горизонтального участка $h > 0,5 \text{ м}$ можно найти силу тяжести, действующую на тело $F_m = 6,3 \text{ Н}$ (также её можно найти по формуле $F_m = \rho_0 g V_m$).

Из горизонтального участка графика $h \in (0,35; 0,47) \text{ м}$ можно найти силу Архимеда, действующую на тело со стороны первой жидкости, как разность силы тяжести и показаний динамометра $F_1 = F_m - 3,6 = 2,7 \text{ Н}$ (2). Тогда плотность первой жидкости $\rho_1 = F_1 / (g V_m) = 900 \text{ кг/м}^3$.

Аналогично из горизонтального участка графика $h < 0,32 \text{ м}$ можно найти силу Архимеда, действующую на тело со стороны второй жидкости $F_2 = F_m - 2,7 = 3,6 \text{ Н}$. Тогда плотность второй жидкости $\rho_2 = F_2 / (g V_m) = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	График 7.2 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2.1	Рассуждение (1)	2
2.2	Определены значения $h_1 [0,14;0,16] \text{ м}$, $h_2 [0,34;0,36] \text{ м}$	2
	$h_1 [0,13;0,14) \text{ м}$ и $(0,16;0,17] \text{ м}$, $h_2 [0,33;0,34) \text{ м}$ и $(0,36;0,37] \text{ м}$	1
3.1	Рассуждение (2)	2
3.2	Определены значения $\rho_1 [850;950] \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 [1140;1260] \text{ кг/м}^3$	2
	$\rho_1 [800;850) \text{ кг/м}^3$ и $(950;1000] \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 [1080;1140) \text{ кг/м}^3$ и $(1260;1320] \text{ кг/м}^3$	1

ЗАДАЧА 8.1. СНЕГОУБОРКА

1. На миллиметровой бумаге построим траекторию движения робота и определим пройденный им путь s (график 8.1).

Путь робота состоит из двух участков длиной $s_1 = 1 \text{ м}$, двух участков длиной $s_2 = 2 \text{ м}$, двух участков длиной $s_3 = 3 \text{ м}$, трёх участков длиной $s_4 = 4 \text{ м}$. Суммарный путь пройденный роботом $s = 2s_1 + 2s_2 + 2s_3 + 3s_4 = 24 \text{ м}$.

2. На миллиметровой бумаге построим график зависимости величины обратной скорости $1/v$ от пройденного пути s (график 8.2).

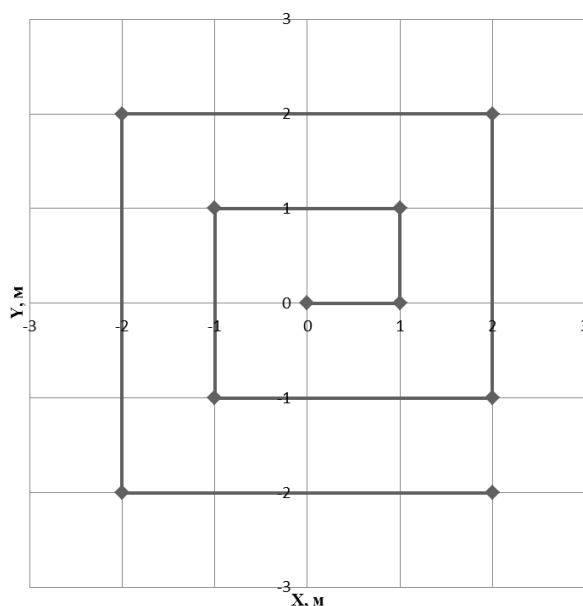


График 8.1

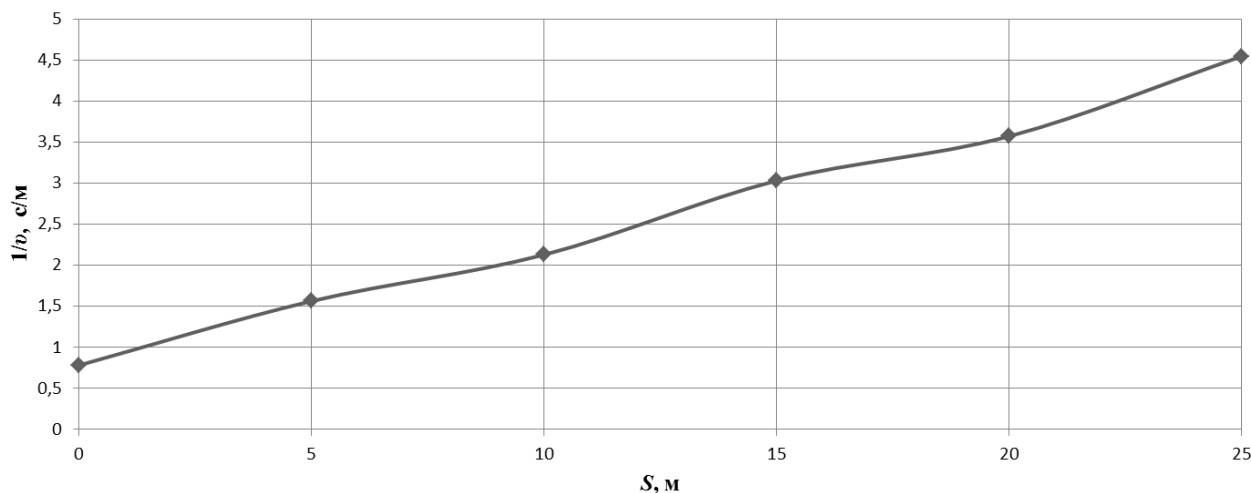


График 8.2

3. Используя построенный график 8.2, можно посчитать время, как площадь под графиком $\Delta t = 1/v \cdot \Delta s$ (1). То есть время, затраченное роботом на уборку снега, можно найти, посчитав площадь трапеции ограниченной горизонтальной осью, вертикальной осью, вертикальной прямой $s = 24$ и участком графика. Тогда время, затраченное на уборку снега, $t = 61$ с.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1.1	График 8.1 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
1.2	Определён пройденный роботом путь s [23;25] м	2
2	График 8.2 (по 0,5 б за: подписи осей, грамотный масштаб, точки из таблицы, верная кривая)	2
3.1	Рассуждение (1)	2
3.2	Определено время движения робота t [58;64] с	2
	t [56;58] с и (64;66] с	1

ЗАДАЧА 8.2. СЛОЁНАЯ ЖИДКОСТЬ V.2

1. На миллиметровой бумаге построим график зависимости силы F от высоты h (график 8.3).

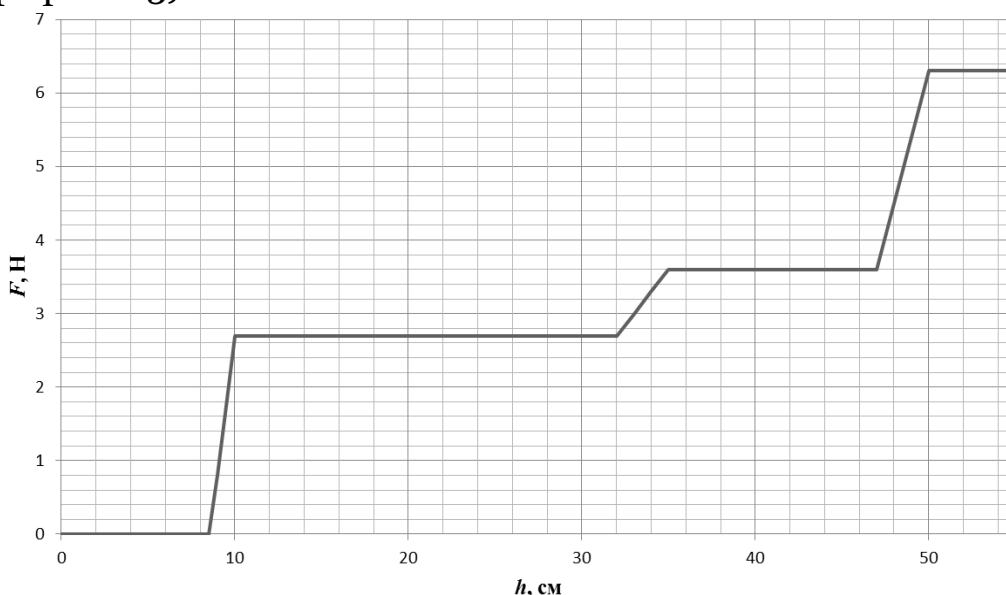


График 8.3

2. По графику определим высоты слоёв жидкостей h_1 , h_2 и h_3 . Проанализировав график, можно сделать вывод, что высоты, при которых начинают изменяться показания динамометра, – это высоты когда нижнее основание цилиндрического тела оказывается на уровне границы раздела жидкостей (1). Тогда $h_1 = 0,5 \text{ м} - 0,35 \text{ м} = 0,15 \text{ м}$, $h_2 = 0,35 \text{ м} - 0,1 \text{ м} = 0,25 \text{ м}$, $h_3 = 0,1 \text{ м}$ (нумерация жидкостей сверху вниз).

3. По графику определим плотности жидкостей ρ_1 , ρ_2 и ρ_3 . Проанализировав наклонные участки графика, можно сделать вывод, что высота тела $h_0 = 0,03 \text{ м}$, а его объём $V_m = Sh_0 = 0,0003 \text{ м}^3$. Из горизонтального участка $h > 0,5 \text{ м}$ можно найти силу тяжести, действующую на тело $F_m = 6,3 \text{ Н}$ (также её можно найти по формуле $F_m = \rho_0 g V_m$).

Из горизонтального участка график $h \in (0,35; 0,47) \text{ м}$ можно найти силу Архимеда, действующую на тело со стороны первой жидкости, как разность силы тяжести и показаний динамометра $F_1 = F_m - 3,6 = 2,7 \text{ Н}$ (2). Тогда плотность первой жидкости $\rho_1 = F_1 / (g V_m) = 900 \text{ кг/м}^3$.

Аналогично из горизонтального участка графика $h \in (0,1; 0,32) \text{ м}$ можно найти силу Архимеда, действующую на тело со стороны второй жидкости $F_2 = F_m - 2,7 = 3,6 \text{ Н}$. Тогда плотность второй жидкости $\rho_2 = F_2 / (g V_m) = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Поскольку ширина третьего наклонного участка графика меньше высоты тела, то тело не погружается полностью в третью жидкость (3). Сила натяжения нити (а, следовательно, показания динамометра) на этом участке будет иметь вид $F(\Delta h) = F_m - (\rho_3 \Delta h + \rho_2 (h - \Delta h)) g S$, где Δh – глубина погружения тела в третью жидкость. Сгруппировав слагаемые $F(\Delta h) = (F_m - \rho_2 h g S) - (\rho_3 - \rho_2) g S \Delta h$ можно заметить, что коэффициент наклона этого участка $k_3 = (\rho_3 - \rho_2) g S$, откуда $\rho_3 = \rho_2 + k_3 / (g S) = 3100 \text{ кг/м}^3$ (из графика $k_3 = 190 \text{ Н/м}$). Также плотность третьей жидкости можно найти из точки пересечения третьего наклонного участка графика с горизонтальной осью $\rho_3 = F_m / (g S h_3) - \rho_2 (h / h_3 - 1) = 3100 \text{ кг/м}^3$, где $h_3 = 0,014$ – ширина третьего наклонного участка (максимальная глубина погружения тела в третью жидкость), которую можно найти из графика.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	График 8.3 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2.1	Рассуждение (1)	1
2.2	Определены значения $h_1 [0,14;0,16] \text{ м}$, $h_2 [0,24;0,26] \text{ м}$, $h_3 [0,09;0,11] \text{ м}$	2
3.1	Рассуждение (2)	1
3.2	Определены значения $\rho_1 [850;950] \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 [1150;1250] \text{ кг/м}^3$	1
3.3	Рассуждение (3)	1
3.4	Определено значение $\rho_3 [3000;3200] \text{ кг/м}^3$	2
	$\rho_3 [2900;3000] \text{ кг/м}^3$ и $[3200;3300] \text{ кг/м}^3$	1

ЗАДАЧА 9.1. СЕРАЯ ЗВЕЗДА

1. На миллиметровой бумаге построим вольт-амперные характеристики (ВАХ) для выводов 1-2, 2-1, 2-3, 1-3 (график 9.2).

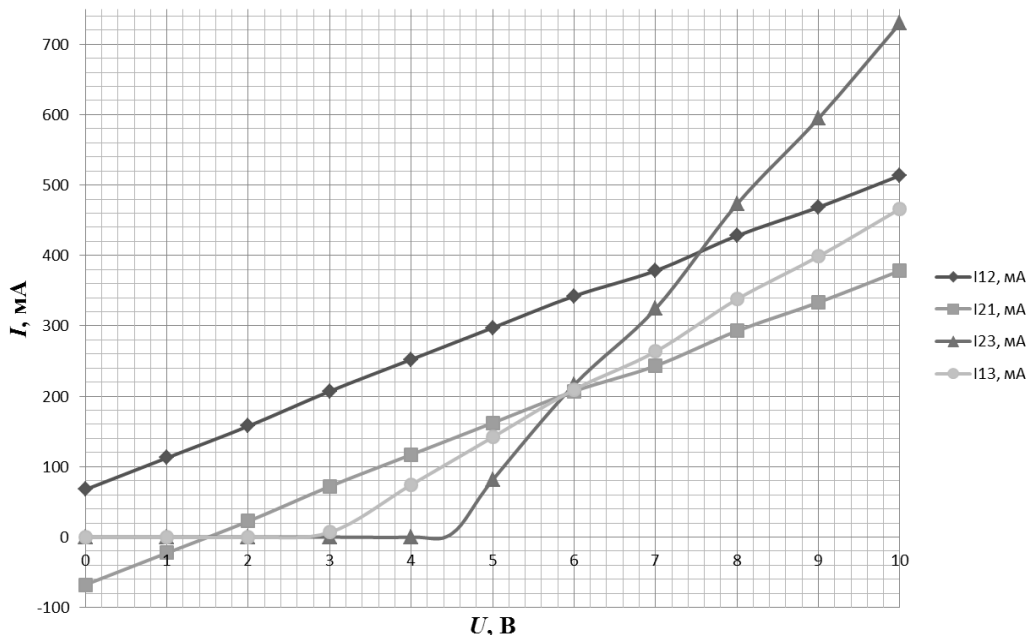


График 9.2

2. Определим простейшую схему соединения элементов в сером ящике, для этого проанализируем таблицу измерений и построенные в п. 1 графики.

А) При внешнем напряжении, приложенном к выводам 3-1 и 3-2, ток не течёт. При внешнем напряжении, приложенном к выводам 1-3 и 2-3, ток не течёт до определенного значения приложенного напряжения. Значит, на ветви 3 звезды расположен диод, пропускающий ток в направлении вытекания из вывода 3.

Б) При нулевом внешнем напряжении между выводами 1-2 и 2-1 течёт ток, отличающийся только знаком. Тогда можно утверждать, что между выводами 1-2 находится батарейка, расположенная положительным полюсом к выводу 2. Так как напряжение открытия диода для вывода 1-3 меньше, чем для выводов 2-3, то возможны два варианта схемы серого ящика (рис. 9.2).

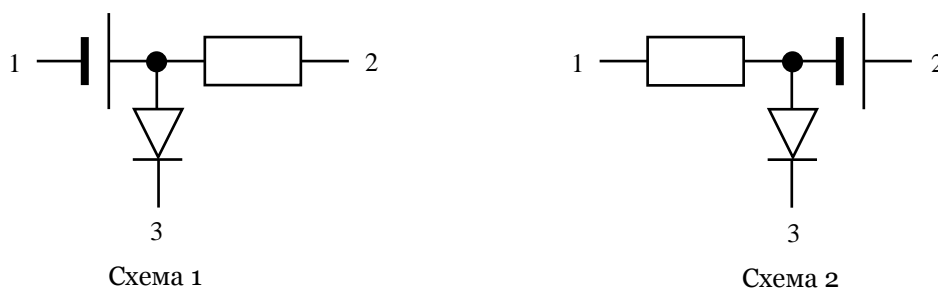


Рисунок 9.2

3. Используя полученные в п. 1 графики, определим параметры элементов. Из точки пересечения ВАХ 2-1 с горизонтальной осью или из разности напряжений открытия диода ВАХ 1-3 и 2-3, определяем напряжение батарейки $U_6 = 1,5$ В.

Из ВАХ 1-3 и 2-3 определяем напряжение открытия диода. Для схемы 1 – $U_д = 4,5$ В, для схемы 2 – $U_д = 3$ В.

Из наклонных участков ВАХ 1-3 и 2-3 определяем сопротивления батарейки и резистора. Для схемы 1 – $R_Б = 15$ Ом, $R_P = 7,5$ Ом; для схемы 2 – $R_Б = 7,5$ Ом $R_P = 15$ Ом.

Примечание: оценивается обоснованное предположение любой схемы (рис. 9.2). Рассмотрение обоих вариантов не требуется.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Графики 9.2 (ВАХ) для выводов 1-2, 2-1, 2-3, 1-3 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки и верную кривую)	4
2.1	Рассуждение А)	1
2.2	Рассуждение Б)	2
3.1	Напряжение батарейки U_6 [1,4;1,6] В	1
3.2	Напряжение открытия диода U_0 [2,8;3,2] В или [4,3;4,7] В	1
3.3	Сопротивления батарейки R_B и резистора R_P [14;16] Ом и [7;8] Ом	1

ЗАДАЧА 9.2. ГРАВИТАЦИОННАЯ ШАХТА

1. Построим график зависимости ускорения свободного падения g от высоты h . (график 9.3).

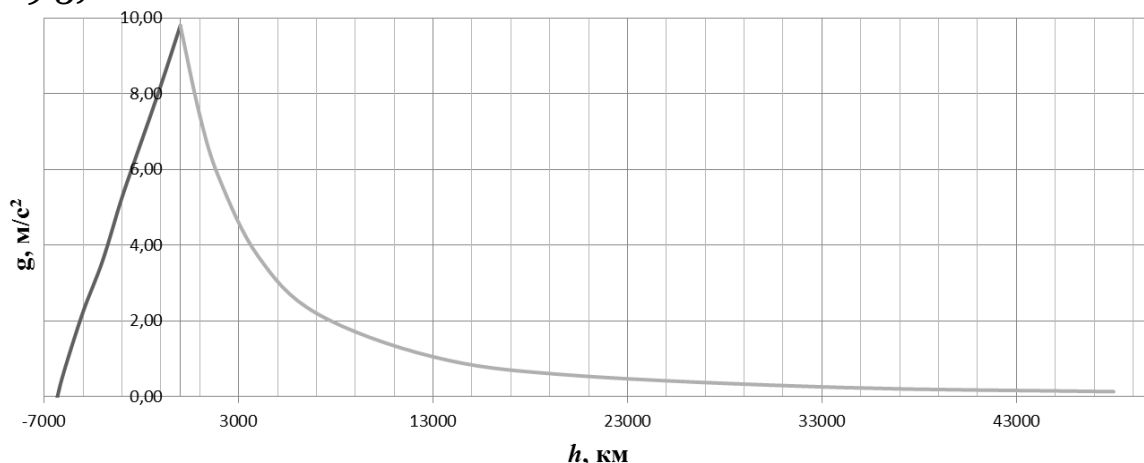


График 9.3

2. По графику определим точные значения радиуса Земли и ускорения свободного падения у поверхности Земли. Для этого продлим линейный участок графика до пересечения с осями (1). Из точки пересечения линейного участка с вертикальной осью найдём значение ускорения свободного падения на поверхности Земли $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$. Из точки пересечения линейного участка с горизонтальной осью найдём значение радиуса Земли $R_0 = 6,4 \cdot 10^3 \text{ км}$.

3. Так как $A = mg\Delta h$, то искомая работа равна площади под графиком, ограниченной горизонтально осью, прямыми $h_1 = -R_0/2$ и $h_2 = R_0/2$ (2). Посчитаем площадь по клеточкам, не забыв умножить на размерность одной клеточки, и получим $A \approx 44,5 \text{ кДж}$.

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	График 9.3 (по 0,5 б за: подписи осей, разумный масштаб, экспериментальные точки, верную кривую)	2
2.1	Рассуждение (1)	2
2.2	Определено значение g_0 [9,5;10,1] м/с ²	1
2.3	Определено значение R_0 [6,3;6,5] 10^3 км	1
3.1	Рассуждение (2)	2
3.2	Определено значение A [42;47] кДж	2
	A [40;42) кДж и (47;49) кДж	1