

ФИЗИКА, 2020

**ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ
И РЕЗУЛЬТАТЫ**
личной олимпиады
Школьного учебно-научного турнира
по физике «ШУНТ»
(26 февраля – 2 марта 2020 г.)



Печатается по решению учебно-методического совета КОГАОУ ДО «Центр дополнительного образования одарённых школьников» и методической комиссии Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ»

Задания, решения и результаты личной олимпиады Школьного учебно-научного турнира по физике «ШУНТ» (26 февраля – 2 марта 2020 г.). – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2020. – 16 с.

Авторы и источники задач

Коханов К. А.: 8.1

Перевощиков Д. В.: 7.2, 8.2, 9.1, 9.2.

Сорокин А. П.: 7.1, 7.2, 8.2, 9.2.

Курилов М. С.: 9.1, 9.2

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. (сост.), Перевощиков Д.

Научная редакция

Кантор П. Я., Коханов К. А.

Подписано в печать 27.02.2020.

Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 0,75

Тираж 270 экз.

© Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение дополнительного образования «Центр дополнительного образования одарённых школьников», Киров, 2020

ЗАДАНИЯ

ЗАДАЧА 7.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНУЩИХ И ВСПЛЫВАЮЩИХ ТЕЛ

Оборудование: 5 одинаковых металлических тел, тело цилиндрической формы, цилиндрический сосуд, шприц (5 мл), линейка (30 см), пластиковый стаканчик (200 мл) с водой ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$), миллиметровая бумага для построения графиков.

Задания:

1. Поместите все металлические тела в цилиндрический сосуд. Снимите зависимость высоты уровня воды в цилиндрическом сосуде h от объёма налитой в него воды V . Постройте график зависимости $h(V)$. Используя график, определите объём одного металлического тела.

2. Определите объём одного металлического тела любым другим методом, отличающимся от описанного в п. 1.

3. Определите плотность тела цилиндрической формы.

Примечания:

1. Объём цилиндра равен $V_{\text{ц}} = \pi r^2 h$, где $\pi = 3,14$, где r – радиус основания, h – высота цилиндра.

2. На тело полностью или частично погруженное в жидкость действует выталкивающая сила Архимеда $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_n$, где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, V_n – объём погруженной части тела.

ЗАДАЧА 7.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ №1

Оборудование: 7 резиновых колец, «косичка» из 7 связанных резиновых колец, линейка (30 см), мерная лента (1 м), штатив с лапкой и муфтой, нить, три груза массой $m = 100$ г каждый, ножницы (по требованию), миллиметровая бумага для построения графиков.

Задания:

1. Определите длину l каждого резинового кольца в недеформированном состоянии. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ кольца	1	2	3	4	5	6	7
l , м							

2. Определите площадь поперечного сечения S каждого резинового кольца в недеформированном состоянии. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ кольца	1	2	3	4	5	6	7
S , м ²							

3. Определите коэффициент жёсткости k каждого резинового кольца. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ кольца	1	2	3	4	5	6	7
k , Н/м							

4. Рассчитайте для каждого кольца модуля Юнга $E = \frac{kl}{S}$. Найдите среднее значение модуля Юнга $E_{cp} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_7}{7}$. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ кольца	1	2	3	4	5	6	7
E , Н/м ²							
E_{cp} , Н/м ²							

5. Измерьте зависимость абсолютного удлинения «косички» Δl из резиновых колец от количества колец. Для этого подвесьте все три груза к первому кольцу «косички» и измерьте его удлинение, после подвесьте грузы ко второму кольцу «косички» и измерьте суммарное удлинение двух колец и т. д. После этого рассчитайте удлинение, приходящееся на одно резиновое кольцо в «косичке» $x_N = \frac{\Delta l}{N}$. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ кольца	1	2	3	4	5	6	7
l , м							
Δl , м							
x_N , м							

Постройте график зависимости x_N от номера резинового кольца в «косичке». Объясните получившуюся зависимость.

ЗАДАЧА 8.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИНКИ

Оборудование: пластинка из оргстекла неправильной формы и постоянной толщины, 2 линейки (40 см), лист белой бумаги, весы с точностью измерений до 0,01 г, пластиковый стаканчик (200 мл), вода ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$).

Задания:

1. Определите как можно точнее толщину пластинки. Опишите используемый метод определения толщины. Найдите абсолютную и относительную погрешности измерений.

2. Определите объём пластинки. Найдите абсолютную и относительную погрешности измерений.

3. Определите давление, которое оказывает неподвижно лежащая пластинка на горизонтальную поверхность стола. Найдите абсолютную и относительную погрешности измерений.

Примечания:

1. Объёмом нанесённого на пластинку из оргстекла рисунка можно пренебречь.

2. Если расчётная формула представлена функцией вида $f(x_1, x_2) = x_1 \pm x_2$, то абсолютная погрешность может быть найдена по формуле $\Delta f = \Delta x_1 + \Delta x_2$; если

$f(x_1, x_2, x_3) = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ или $f(x_1, x_2, x_3) = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_3}$, то $\Delta f = f \cdot \left(\frac{\Delta x_1}{x_1} + \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{\Delta x_3}{x_3} \right)$.

3. Относительной погрешностью называется величина равная отношению абсолютной погрешности к значению измеряемой величины.

ЗАДАЧА 8.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ №2

Оборудование: два резиновых кольца, линейка (40 см), пластиковый стаканчик (200 мл), нить, 10 гаек одинаковой массы, канцелярская зажим для бумаг (маленький и большой), крючок из канцелярской скрепки, ножницы (по требованию), миллиметровая бумага для построения графиков.

Задания:

1. Найдите модуль Юнга $E = \frac{kl_0}{S}$ материала, из которого изготовлено резиновое кольцо (l_0 – длина резинового кольца, S – площадь поперечного сечения резинового кольца в недеформированном состоянии; k – коэффициент жёсткости резинового кольца).

Примечание: для пп. 2-3 используется новое кольцо.

2. Измерьте зависимость относительного удлинения разрезанного резинового кольца $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ от количества гаек при последовательном увеличении количества гаек в подвешенном стаканчике. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

N, шт	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l, м											
Δl , м											
ε											

3. Измерьте зависимость относительного удлинения разрезанного резинового кольца $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ от количества гаек при последовательном уменьшении количества гаек в подвешенном стаканчике. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

N, шт	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
l, м											
Δl , м											
ε											

4. Вычислите остаточную деформацию резинового кольца $\Delta l_{ост} = l_{ост} - l_0$, используя данные из пп. 2-3. Объясните причины появления остаточной деформации.

5. Постройте графики зависимости относительного удлинения ε от количества гаек N для пп. 2-3 на одном листе миллиметровой бумаги. Найдите площадь получившейся фигуры. Объясните причины несовпадения зависимостей $\varepsilon(N)$ при растяжении с увеличением и уменьшением деформации. Каков физический смысл получившейся фигуры?

ЗАДАЧА 9.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Оборудование: два гальванических элемента АА (1,5 В), отсек для элемента с контактами типа «крокодил», мультиметр, секундомер, миллиметровая бумага для построения графиков.

Задания:

1. Определите заряд Q , который протечёт по цепи при полной разрядке элемента в режиме короткого замыкания.

2. Определите электрическую энергию W , запасённую в элементе.

3. Будем называть потенциалом элемента отношение $\varphi = \frac{|\Delta W|}{\Delta Q}$, где ΔW – изменение энергии элемента при прохождении по цепи заряда ΔQ . Рассчитайте среднее значение потенциала элемента $\varphi_{cp} = \frac{W}{Q}$. Сравните его с численным значением начальной ЭДС элемента. Объясните результат.

Примечания:

1. Считайте, что выданный вам элемент в режиме короткого замыкания полностью разряжается примерно за 20-25 минут. Изменением сопротивления цепи в процессе разрядки элемента можно пренебречь.

2. В режиме короткого замыкания батарейка может выдавать большие токи, поэтому необходимо использовать предел амперметра на 10 А!

3. Работа источника в цепи находится по формуле: $\Delta A = E\Delta Q$, где E – электродвижущая сила (ЭДС) источника, равная напряжению на его зажимах в режиме холостого хода, а ΔQ – протекший через источник заряд.

ЗАДАЧА 9.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВОГО КОЛЬЦА №3

Оборудование: резиновое кольцо, линейка (50 см), пластиковый стаканчик (200 мл), нить, 10 гаек одинаковой массы, канцелярский зажим для бумаг (маленький и большой), крючок из канцелярской скрепки, ножницы (по требованию), миллиметровая бумага для построения графиков.

Задания:

1. Измерьте зависимость относительного удлинения разрезанного резинового кольца $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ от количества гаек при последовательном увеличении количества гаек в подвешенном стаканчике. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

N, шт.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l, м											
Δl , м											
ε											

2. Измерьте зависимость относительного удлинения разрезанного резинового кольца $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ от количества гаек при последовательном уменьшении количества гаек в подвешенном стаканчике. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

N, шт.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
l, м											
Δl , м											
ε											

3. Повторите три цикла измерений (п.п. 1-2) для одного и того же разрезанного кольца. Полученные значения запишите в дополнительно построенные в вашем отчете таблицы.

4. Для каждого цикла измерений п. 3 постройте свои графики зависимости относительного удлинения ε от количества гаек N на одном листе миллиметровой бумаги.

5. По каждому графику из п. 4 найдите площадь «лепестка» гистерезиса. Полученные значения представьте в виде следующей таблицы.

№ опыта	1	2	3
$S_{\text{фигуры}}$			

Постройте график зависимости площади «лепестка» гистерезиса от номера опыта. Предложите гипотезу объясняющую получившуюся зависимость.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 7.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНУЩИХ И ВСПЛЫВАЮЩИХ ТЕЛ

1. Поместим в цилиндрический сосуд все металлические тела. Аккуратно с помощью шприца добавим в сосуд известный объём воды V , затем измерим высоту столба воды h линейкой. Занесём полученные данные (зависимость высоты уровня от объёма добавленной жидкости) в таблицу. Продолжим заполнение таблицы до максимального объёма воды, вмещающегося в сосуд. Построим график зависимости $h(V)$ на листе миллиметровой бумаги. График представляет собой кривую, выходящую из начала координат и переходящую в прямую в тот момент, когда все металлические тела полностью скроются под слоем жидкости. Из графика следует, что линейный характер зависимости начинается после объёма $V_{погр} = 50 \text{ см}^3$ (с этого момента добавляемая жидкость распределяется равномерно по всему сечению сосуда). По угловому коэффициенту наклона этой части графика

(см. рис. 7.1) найдем площадь сечения сосуда $S = \frac{\Delta V}{\Delta h}$.

Для нахождения углового коэффициента проведём экстраполяцию линейного участка, продлив его до пересечения с горизонтальной осью. В результате получим значение суммарного объёма металлических тел. Это позволит определить объём одного металличе-

ского тела: $V_m = \frac{|V_1|}{N}$.

2. Оценивается любой разумный метод. Например, поместим в цилиндрический сосуд все металлические тела. Добавим столько воды, чтобы все металлические тела оказались под водой. Отметим уровень поверхности воды. Достанем все металлические тела. Добавим такой объём воды $V_{доб}$, чтобы её поверхность сравнялась с меткой. Разделив $V_{доб}$ на количество тел, найдем объём одного тела.

3. Для определения плотности необходимо найти объём и массу цилиндрического тела. Для нахождения объёма тела измерим его радиус и высоту. Радиус тела найдём через периметр, для чего аккуратно, чтобы избежать проскальзывания, прокатим тело по линейке целое число оборотов N и измерим пройденное расстояние L (то есть длину N периметров). Тогда $\frac{L}{N} = 2\pi r$, откуда $r = \frac{L}{2\pi N}$. Измерим высоту тела h и рассчитаем

объём цилиндра по формуле: $V = \pi r^2 h = \frac{r^2 h}{4\pi N^2}$.

Для определения массы тела нальём определенное количество жидкости в цилиндрический стакан. Измерим уровень h_0 . Поместим тело в цилиндрический сосуд. При плавании $\rho_0 V_n g = mg$. Измерим новый уровень жидкости h . Изменение уровня жидкости в цилиндрическом сосуде связано с объёмом погруженной части тела $V_n = S(h - h_0)$. Тогда масса тела равна $m = \rho_0 S(h - h_0)$, плотность $\rho = \frac{m}{V}$.

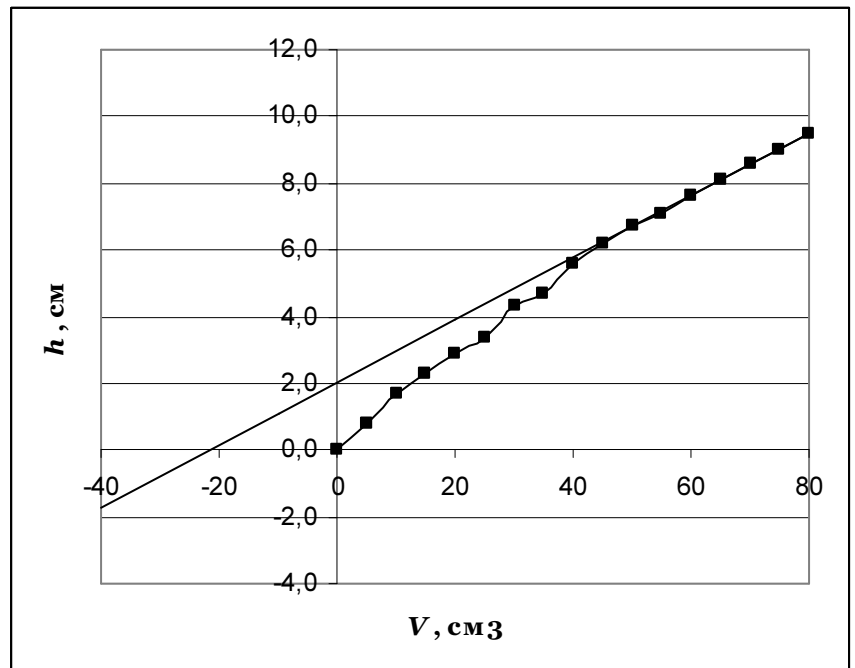


Рис. 7.1

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего	
1.1	Снята требуемая зависимость высоты уровня воды в цилиндрическом сосуде от объёма налитой в него воды	< 10 точек	0	2
		10-14 точек	1	
		15-17 точек	2	
1.2	Построен график на миллиметровой бумаге	грамотно оформлены оси	1	2
		аккуратно нанесены точки	1	
1.3	Выполнена экстраполяция линейного участка	проведена прямая	1	2
		определена точка пересечения с горизонтальной осью	1	
1.4	Найден объём металлического тела	4-5 см ³	2	2
		3-6 см ³	1	
2.1	Использование иного метода измерения объёма металлического тела		2	2
2.2	Найден объём металлического тела	4-5 см ³	2	2
		3-6 см ³	1	
3.1	Описан метод определения объёма тела		2	2
3.2	Определён объём тела		1	1
3.3	Описан метод определения массы тела		2	2
3.4	Определена массы тела		1	1
3.5	Найдена плотность тела	960 кг/м ³	2	2

ЗАДАЧА 7.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ №1

1. Для определения длины кольца отметим на нём начальную точку, сделав на ней узелок нити. Совместим начальную точку кольца с нулевым делением линейки. Плотнo фиксируя пальцами кольцо во избежание проскальзывания, медленно и аккуратно прокручиваем его вдоль делений линейки до начальной точки и измеряем «пройденное» кольцом расстояние l . Длина линейки позволяет провести эту операцию, как минимум два раза.

2. Поперечное сечение резинового кольца можно представить в виде прямоугольника со сторонами d_1 и d_2 , тогда $S = d_1 d_2$. Толщину сторон d можно определить методом рядов: прикладываем к линейке первую часть резинового кольца, плотно прикладываем вторую часть резинового кольца к первой, потом перекладываем первую часть и т. д. Операцию повторяем не менее 10 раз. Разделив получившуюся длину на количество повторений, найдем сторону d_1 . Аналогично находим сторону d_2 . Производим расчет площади: $S = d_1 d_2$.

3. Привяжем к резинового кольцу две нити в диаметрально противоположных точках. С помощью одной нити закрепим кольцо на лапке штатива, с помощью другой – подвесим грузик. Измерим длину растянутого кольца l . Тогда, сила упругости кольца уравновешивает силу тяжести грузика: $2k_0 2(l - l_0) = mg$. Коэффициент $1/4$ появляется из-за того, что жёсткость половинок кольца между узелками нити в 2 раза больше целой части, и они обе участвуют в процессе растяжения. В итоге $k_0 = \frac{mg}{4(l - l_0)}$.

4. Для каждого выданного кольца рассчитаем модуль Юнга по формуле: $E = \frac{kl}{S}$,

Среднее значение найдём по формуле: $E_{cp} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_7}{7}$.

5. Измерим зависимость абсолютного удлинения «косички» из резиновых колец от их количества. Для этого подвесим груз к первому кольцу «косички» и измерим его удлинение, после подвесим груз ко второму кольцу «косички» и измерим суммарное

удлинение двух колец и т. д. После этого рассчитаем удлинение, приходящееся на одно резиновое кольцо в «косичке» по формуле: $x_N = \frac{\Delta l}{N}$.

График зависимости x_N от номера резинового кольца в «косичке» представляет собой горизонтальную линию, так как $mg = k_N \Delta l$, и с учетом того, что $k_N = \frac{k_0}{N}$, получим

$$x_N = \frac{\Delta l}{N} = \frac{mg}{k_0} = \text{const}.$$

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего
1.1	Описание методики определения длины	2	2
1.2	Заполнение таблицы	2	2
2.1	Описание методики определения площади	2	2
2.2	Заполнение таблицы	2	2
3.1	Описание методики определения коэффициента жёсткости	2	2
3.2	Заполнение таблицы	2	2
4.1	Расчёт модуля Юнга материала резинового кольца	2	2
5.1	Описание особенностей измерений	1	1
5.2	Заполнение таблицы	2	2
5.3	Построение графика	2	2
5.4	Объяснение получившейся кривой	1	1

ЗАДАЧА 8.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИНКИ

1. Для определения толщины пластинки воспользуемся методом клина (рис. 8.1). Поскольку треугольники OAB и OCD подобны, то: $AB = \frac{OB \cdot CD}{OD}$. Проанализируем точность метода.

Относительная погрешность измерения толщины пластинки равна $\varepsilon_{AB} = \frac{\Delta AB}{AB} = \frac{\Delta OB}{OB} + \frac{\Delta CD}{CD} + \frac{\Delta OD}{OD}$. Так как все измерения

длин проводятся линейкой, то их абсолютная погрешность одинакова и составляет $\Delta OB = \Delta CD = \Delta OD = \Delta l = 1$ мм. Тогда

$\varepsilon_{AB} = \Delta l \left(\frac{1}{OB} + \frac{1}{CD} + \frac{1}{OD} \right)$. Для повышения точности необходимо

минимизировать сумму в скобках. Поэтому длину отрезка OD нужно взять при его максимальном значении, то есть равным практически всей длине предоставленной линейки. При увеличении $\angle O$ отрезок CD увеличивается, а отрезок OB уменьшается, также верно и обратное: при уменьшении $\angle O$ отрезок CD

уменьшается, а отрезок OB увеличивается. Значит, в нашей методике измерений отрезки CD и OB связаны, и для достижения большей точности необходимо проводить измерения при таком $\angle O$, чтобы отрезки CD и OB были примерно равны. Расстояния OB и OD измерим непосредственно линейкой, а CD отметим на листе бумаги, после измерив линейкой. В эксперименте $h = 1$ мм, абсолютная погрешность: $\Delta h = h \Delta l \left(\frac{1}{OB} + \frac{1}{CD} + \frac{1}{OD} \right)$,

относительная погрешность: $\varepsilon_{AB} = \Delta l \left(\frac{1}{OB} + \frac{1}{CD} + \frac{1}{OD} \right)$.

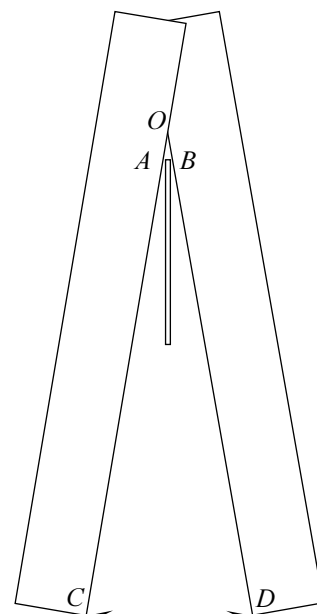


Рис. 8.1

2. Для определения объёма пластинки используем связь выталкивающей силы (Архимеда) с объёмом её погруженной части. Поместив на весы стаканчик с водой, определим суммарную массу стаканчика с водой. Обнулим показания весов. На пластинке

проведем прямую линию, разделив её примерно на две равные части (для повышения точности метода). Погрузим первую часть пластинки под воду так, чтобы уровень жидкости совпадал с проведённой линией. На погружённую часть пластинки действует сила Архимеда, так же как и со стороны пластинки действует на воду сила равная по модулю силе Архимеда. Следовательно, показания весов станут равны $m_1 = \rho_v V_1$, где V_1 – объём погружённой части пластинки в первом опыте. Теперь погрузим в воду вторую часть пластинки, откуда найдем $m_2 = \rho_v V_2$, где V_2 – объём погружённой части пластинки во втором опыте. Тогда объём всей пластинки равен $V = V_1 + V_2 = \frac{(m_1 + m_2)}{\rho_v}$. Абсолютная погрешность равна $\Delta V = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{\rho_v}$, относительная – $\varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{m_1 + m_2}$.

3. Для нахождения давления пластинки необходимо найти её массу и площадь поверхности. Определим массу пластинки, измерив её на весах. Площадь боковой поверхности можно найти, используя найденные ранее объём и толщину пластинки $S = \frac{V}{h}$. Тогда давление равно $p = \frac{mg}{S} = \frac{mgh}{V}$, абсолютная погрешность –

$$\Delta p = p \cdot \left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta V}{V} \right), \text{ относительная } - \varepsilon_p = \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta V}{V}.$$

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего
1.1	Описан метод определения толщины пластинки	подобие	3
1.2	Описаны особенности, повышающие точность метода		1
1.3	Измерены отрезки OB, CD и OD		1
1.4	Определена толщина пластинки	0,9-1,1	2
		0,8-1,2	1
1.5	Сделан расчёт погрешностей	абсолютная	1
		относительная	1
2.1	Описан метод определения объёма		2
2.2	Определён объём пластинки	точность > 90%	2
		точность > 80%	1
2.3	Сделан расчёт погрешностей	абсолютная	1
		относительная	1
3.1	Измерена масса пластинки		1
3.2	Рассчитано давление	точность > 90%	2
		точность > 80%	1
3.3	Сделан расчёт погрешностей	абсолютная	1
		относительная	1

ЗАДАЧА 8.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВЫХ КОЛЕЦ №2

1. См. решение пп. 1-4 7 класса. Но в отличие от 7 класса, модуль Юнга должен быть найден не в единицах СИ, а с учётом выбранной единицы измерения массы, например, условной массы гайки.

2. Разрежем резиновое кольцо; один конец при помощи нити привяжем к большой канцелярской клипсе, а к другому привяжем маленькую канцелярскую клипсу, к которой прикрепим пластиковый стаканчик. Будем последовательно опускать в стаканчик гайки, измеряя абсолютное удлинение Δl . Относительное удлинение равно $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.

3. Будем последовательно вынимать из стаканчика гайки, измеряя абсолютное удлинение Δl и рассчитывая относительное $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.

4. Когда все гайки из стаканчика будут вынуты, кольцо по-прежнему будет растянуто относительно начальной длины l_0 . Остаточная деформация резинового кольца составит $\Delta l_{ост} = l_{ост} - l_0 = 0,02$ м. Причинами появления остаточной деформации можно считать необратимые процессы, происходящие в материале резинового кольца при его сильной деформации.

5. Графическая зависимость относительного удлинения кольца от количества гаек иллюстрирует явление упругого гистерезиса, имеющего вид «лепестков» (см. график на рис. 8.2).

Площадь лепестка гистерезиса характеризует энергию, поглощённую материалом резинового кольца за цикл деформации. В данном опыте мы получаем площадь в виде безразмерной величины, однако, она через постоянный коэффициент связана с упомянутой выше энергией. При необходимости несложно провести расчёт. Однако, для анализа это не требуется.

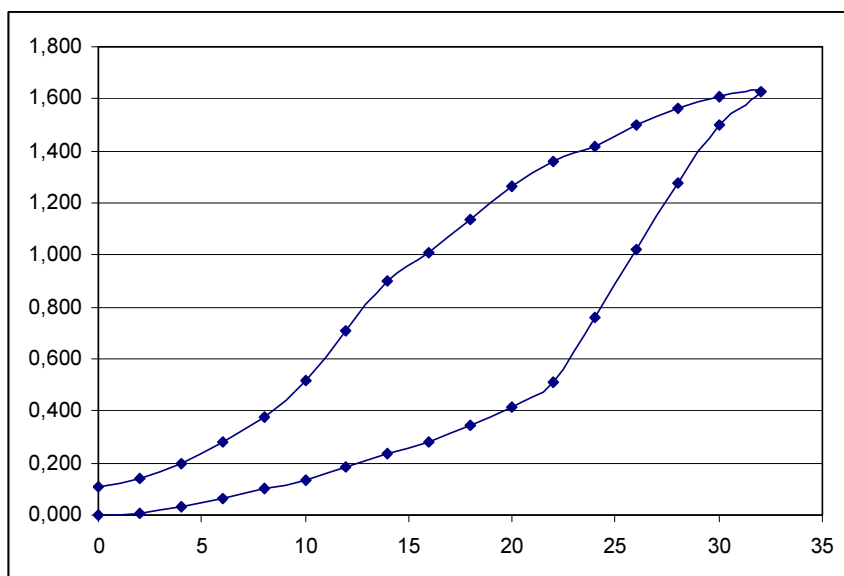


Рис. 8.2

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего
1.1	Описана методика определения длины, площади и коэффициента жесткости	2	2
1.2	Определено значение модуля Юнга	2	2
2.1	Заполнена таблица п.2	1	
2.1	Заполнена таблица п.2	2	2
3.1	Заполнена таблица п.3	2	2
4.1	Определена остаточная деформация	1	1
4.2	Описаны причины явления	1	1
5.1	Построен график зависимости относительной деформации от количества грузов	4	4
5.2	Определена площадь фигуры	2	2
5.3	Объяснены причины несовпадения зависимостей $\varepsilon(N)$	2	2
5.4	Объяснён физический смысл фигуры	2	2

ЗАДАЧА 9.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Измерим ЭДС элемента, подключив к нему вольтметр на пределе измерений 2 В. Получим $E = 1,5$ В. Измерим ток короткого замыкания элемента $I_{кз}$, подключив к нему амперметр на пределе измерений 10 А. Далее найдём общее сопротивление цепи:

$$r = r_{\text{батарейки}} + r_{\text{амперметра}} = \frac{E}{I_{кз}}$$

Соберём цепь из элемента и амперметра (с пределом 10 А). Снимем зависимость тока, протекающего по цепи «элемент + амперметр» от времени. В среднем за 20–25 мин разрядки в режиме короткого замыкания элемент теряет более 95% запасённого в нём заряда. В интервале 25–30 мин происходит плавное увеличение внутреннего сопротивления элемента в три раза по сравнению с начальным, при времени разрядки большем 30 мин, происходит резкое увеличение внутреннего сопротивления в десятки раз, используемая модель становится неверной. Исходя из этого, интервал времени должен составлять 20–25 мин. После внесения полученных данных в таблицу, строим

график зависимости $I(t)$. Примерный вид графика представлен на рис. 9.1. В зависимости

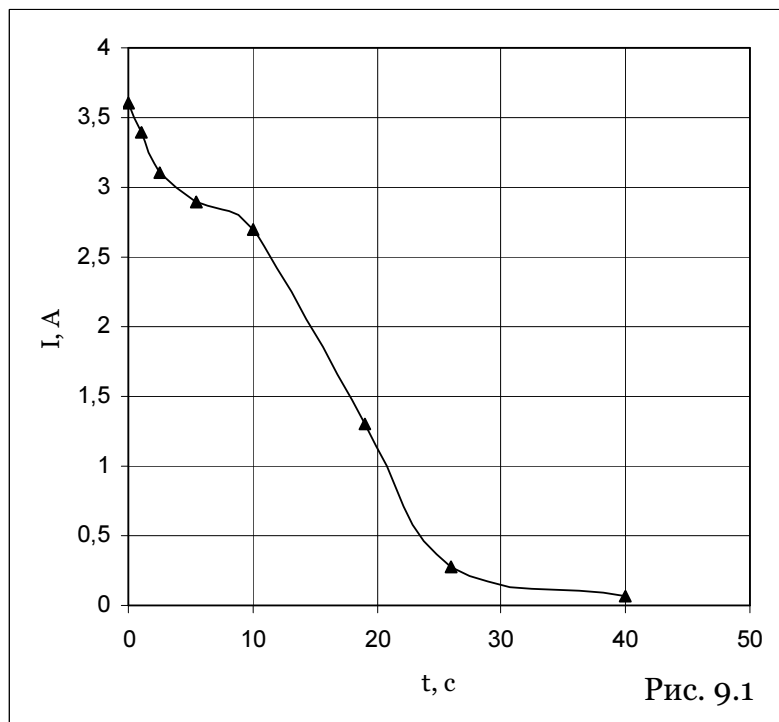


Рис. 9.1

от батарейки, начальные значения тока могут достигать 4-7 А. Площадь под графиком численно равна заряду, протекшему через амперметр, и, следовательно, ранее запасенному в элементе Q .

2. Запишем закон Ома для цепи п. 1: $E = Ir$. Пренебрегая изменением сопротивления цепи, можем записать $E(t) = I(t)r$. Вся работа, совершённая элементом выделяется в виде тепла, тогда мощность $P(t) = E(t)I(t) = I^2(t)r$. Запасённую в элементе электрическую энергию W можно найти, рассчитав площадь под графиком зависимости $P(t)$.

3. Среднее значение потенциала элемента равно $\varphi_{cp} = \frac{W}{Q}$. Полу-

ченное значение меньше численного значения начальной ЭДС элемента. Это можно объяснить тем, что численно значение начальной ЭДС совпадает с максимальным значением потенциала, и это значение всегда больше среднего.

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего
1.1	Найдена начальная ЭДС элемента	1	1
1.2	Рассчитано общее сопротивление цепи	1	1
1.3	Снята зависимость $I(t)$	<11 точек	4
1.4		11-20 точек	
1.5		21-30 точек	
1.6	Общее время измерений лежит в интервале 20-25 мин	2	2
1.7	Построен график зависимости $I(t)$	2	2
1.8	Определён заряд через площадь под графиком зависимости $I(t)$	2	2
2.1	Записан закон Ома или Кирхгофа для цепи	1	1
2.2	Указано, что электрическая энергия элемента равна теплоте выделившейся в цепи	1	1
2.3	Построен график зависимости $P(t) = I^2(t)r$	2	2
2.4	Определена энергия как площадь под графиком зависимости $P(t)$	2	2
2.5	Произведён расчет среднего потенциала элемента	1	1
2.6	Дано объяснение полученному результату	1	1

ЗАДАЧА 9.2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИНОВОГО КОЛЬЦА №3

1. Разрежем резиновое кольцо; один конец при помощи нити привяжем к лапке штатива, а к другому привяжем пластиковый стаканчик. Будем последовательно опускать в стаканчик гайки, измеряя абсолютное удлинение Δl и рассчитывая относитель-

$$\text{ное } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

2. Последовательно вынимаем из стаканчика гайки, измеряя абсолютное удлинение Δl , рассчитывая относительное $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$.

3. Повторим измерения пп.1-2 три раза с одним и тем же образцом. Результаты измерений всех циклов занесём в таблицы и определим зависимость относительного удлинения от количества гаек.

4. Построим три графика на миллиметровой бумаге. Графическая зависимость относительного удлинения кольца от количества гаек иллюстрирует явление упругого гистерезиса (рис. 9.2).

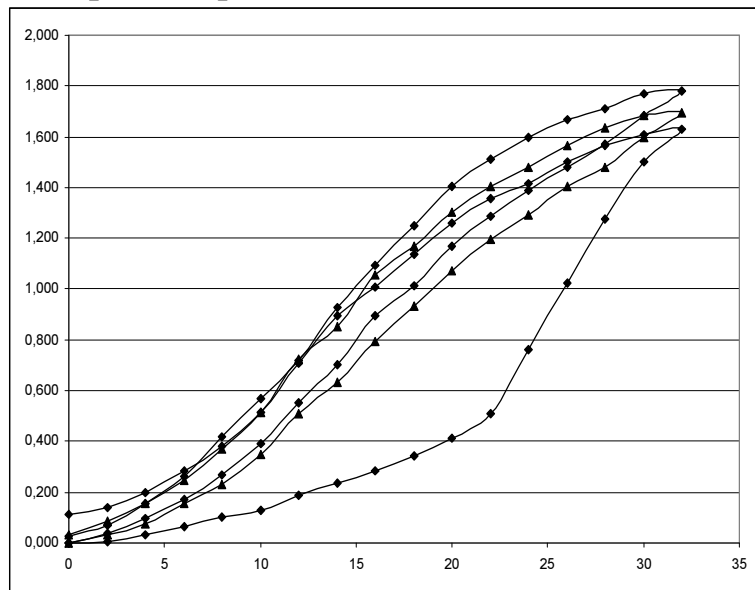


Рис. 9.2

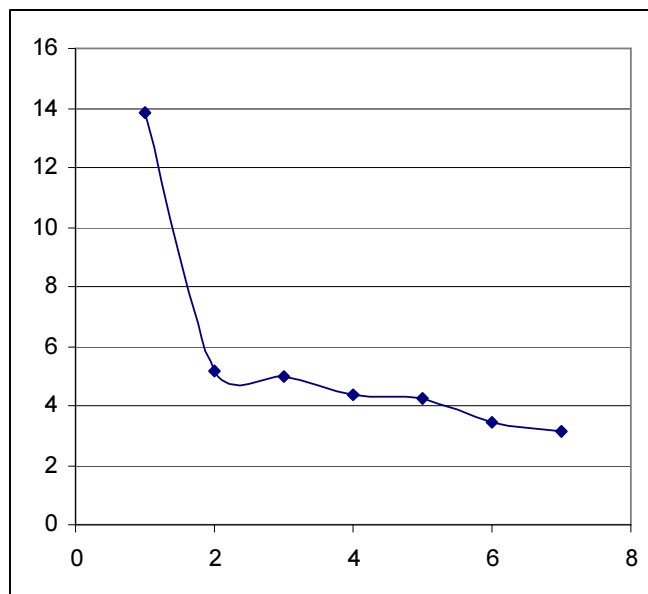


Рис. 9.3

5. Площадь лепестка гистерезиса пропорциональна энергии, поглощённой материалом резинового кольца за цикл деформации. В данном опыте мы получаем площадь в виде безразмерной величины, однако она через постоянный коэффициент связана с энергией. При необходимости несложно провести расчёт энергии. Однако, для анализа получившейся зависимости этого не требуется. При первом растяжении резинового кольца происходит максимальное изменение внутренней структуры резины (см. табл., рис. 9.3). При этом происходит диссипация большого количества механической энергии, поэтому в первом опыте площадь лепестка гистерезиса максимальна. Уже при второй деформации все основные внутренние процессы завершились и количество поглощенной энергии значительно ниже. Последующие деформации демонстрируют медленное линейное убывание поглощаемой энергии.

Табл. для построения графика рис. 9.3

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
S лепестка	13,87	5,17	5,01	4,35	4,25	3,45	3,15

Критерии для оценивания

№	Критерий	Баллы	Всего
1.1	Произведён первый цикл измерений (11 точек)	при увеличении деформации	4
		при уменьшении деформации	
2.1	Произведён второй цикл измерений (11 точек)	при увеличении деформации	4
		при уменьшении деформации	
3.1	Произведён третий цикл измерений (11 точек)	при увеличении деформации	4
		при уменьшении деформации	
4.1	Построены графики для трех циклов	3	3
5.1	Определены площади лепестков гистерезиса в каждом цикле	3	3
5.2	Построен график зависимости площади лепестка гистерезиса от номера цикла	1	1
5.3	Высказана гипотеза, объясняющая полученный фрагмент зависимости	1	1

ДИПЛОМАНТЫ ЛИЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ

№	Фамилия	И.	Кл.	Город	ОУ	Команда	Лига	1	2	Σ	Награда	ПП в ЛМШ
1	Щукин	В.	7	Якутск	РЛИ	Эрэл	П	15	7	22	1 ст.	
2	Бякова	М.	7	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	12	8	20	1 ст.	
3	Муравьев	М.	7	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	9	10	19	1 ст.	
4	Токарев	Е.	7	Киров	Лицей № 21	Щит	П	9	7	16	2 ст.	
5	Усольцева	П.	7	Киров	Лицей № 21	Молекулы	П	8	7	15	2 ст.	
6	Гордин	М.	7	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-3	П	6	8	14	2 ст.	
7	Петухов	К.	7	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-2	П	9	5	14	2 ст.	
8	Сизова	П.	7	Киров	Лицей № 21	Молекулы	П	7	7	14	2 ст.	
9	Одинцов	А.	7	Киров	Лицей № 21	Молекулы	П	5	8	13	3 ст.	
10	Ивановская	П.	7	Киров	Лицей № 21	Молекулы	П	8	2	10	3 ст.	
11	Анисимов	Д.	7	Киров	Лицей № 21	Щит	П	4	5	9	ПГ	
12	Владимиров	Г.	7	Киров	ЛЕН	Квазарик	П	4	5	9	ПГ	
13	Тупицын	Н.	7	Киров	ЛЕН	Квазарик	П	4	5	9	ПГ	
14	Стеценко	Г.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-2	П	4	17	21	1 ст.	ДА
15	Куимов	Д.	8	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	6	13	19	2 ст.	ДА
16	Шахнович	Г.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-3	П	4	14	18	2 ст.	ДА
17	Перетягтько	В.	8	Пермь	СОШ № 9	Пермь-9-8	П	7	10	17	2 ст.	ДА
18	Назаренко	Е.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-3	П	6	10	16	2 ст.	ДА
19	Старотиторов	К.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-2	П	5	9	14	3 ст.	
20	Черанев	А.	8	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	4	10	14	3 ст.	
21	Копышова	В.	8	Челябинск	ФМЛ № 31	ФМЛ31	П	3	10	13	3 ст.	
22	Рычкова	М.	8	Пермь	СОШ № 9	Пермь-9-8	П	1	11	12	3 ст.	
23	Наумов	А.	8	Челябинск	ФМЛ № 31	ФМЛ31	П	8	3	11	3 ст.	
24	Парыгина	У.	8	Пермь	СОШ № 9	Пермь-9-8	П	4	7	11	3 ст.	
25	Шелехов	С.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-2	П	3	8	11	3 ст.	
26	Шевчук	Н.	8	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-2	П	3	7	10	3 ст.	
27	Гребенкин	И.	8	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	0	9	9	ПГ	
28	Константинова	Э.	8	Пермь	СОШ № 9	Пермь-9-8	П	1	8	9	ПГ	
29	Вороненко	Е.	8	Пермь	СОШ № 9	Пермь-9-8	П	2	6	8	ПГ	
30	Ившин	А.	8	Киров	КФМЛ	КФМЛ 7-8	П	1	7	8	ПГ	
31	Ишимов	Н.	8	Киров	ВГГ	Брейн-индукция	П	0	8	8	ПГ	
32	Рыжковский	Г.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Боевые Оп-пельсины	В	17	18,5	35,5	1 ст.	ДА
33	Векшин	К.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Боевые Оп-пельсины	В	8	18,5	26,5	2 ст.	ДА
34	Глухих	Е.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Легкие физиономы	В	10	15	25	2 ст.	ДА
35	Кондратьев	Д.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	9	15	24	2 ст.	ДА
36	Кузнецов	И.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	8	15	23	2 ст.	ДА
37	Оленев	Н.	9	Киров	КФМЛ	Бунт	В	15	8	23	2 ст.	ДА
38	Преин	Д.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	8,5	13	21,5	3 ст.	
39	Кононов	В.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Боевые Оп-пельсины	В	6	15	21	3 ст.	
40	Петров	Д.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Легкие физиономы	В	15	6	21	3 ст.	
41	Пермяков	С.	9	Киров	КФМЛ	Поздняк метаться	В	1	19	20	3 ст.	
42	Шендрик	А.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Боевые Оп-пельсины	В	1	18,5	19,5	3 ст.	
43	Ширяев	Д.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	11	8	19	3 ст.	
44	Мисковец	Г.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	2	15	17	ПГ	
45	Нефёдова	Е.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Легкие физиономы	В	6	11	17	ПГ	
46	Петров	А.	9	Екатеринбург	СУНЦ	Легкие физиономы	В	4	13	17	ПГ	
47	Килинкаров	Г.	9	С.-Пб.	ФМЛ № 239	239-1	В	1	15	16	ПГ	
48	Лучинин	К.	9	Киров	ВГГ	Брейн-индукция	В	0	15	15	ПГ	
49	Савельев	А.	9	Киров	ЛЕН	Квазарище	В	0	15	15	ПГ	
50	Санников	Г.	9	Якутск	РЛИ	Эрэл	В	10	5	15	ПГ	