

[Английский язык](#)

[Библиотека в школе](#)

[Биология](#)

[География](#)

[Дошкольное образование](#)

[Здоровье детей](#)

[Информатика](#)

Физика

№20

[Искусство](#)

[История](#)

[Классное руководство](#)

[Литература](#)

[Математика](#)

[Начальная школа](#)

[Немецкий язык](#)

[Педагогика](#)

[Русский язык](#)

[Спорт в школе](#)

[Управление школой](#)

[Французский язык](#)

[Химия](#)

[Школьный психолог](#)

О.Г. ЦАРЬКОВА



Физический практикум

Для 7–10 классов
с углублённым
изучением физики

БИБЛИОТЕЧКА «ПЕРВОГО СЕНТЯБРЯ»

Серия «Физика»

Выпуск 20

О.Г. Царькова

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

**Для 7–10 классов с углублённым
изучением физики**

Москва

«Чистые пруды»

2008

ВВЕДЕНИЕ

Сейчас, во время реформы школьного образования, программы изучения физики в разных школах очень сильно отличаются друг от друга и от программ прошлых лет. К большому сожалению, обычно не в лучшую сторону. Количество часов сильно сокращено и будет сокращаться дальше. Это значит, что получить хотя бы основные, базисные, сведения об окружающем мире и законах, в соответствии с которыми происходят физические явления и процессы, школьники не смогут. Когда я училась в школе, почти все учебники начинались фразой: «Физика – наука опытная». С тех пор прошёл не один десяток лет, школьное оборудование, видимо, сильно потрепалось и вышло из строя, и эта фраза незаметно исчезла. Впрочем, не только она. Теряется весь смысл изучения физических явлений без личного наблюдения, без моделирования, без возможности хотя бы «потрогать своими руками». При ограничении количества часов ученики в первую очередь теряют возможность выполнять лабораторные работы.

В школах физматпрофиля возможность эта ещё осталась. Практические работы проводятся в виде фронтальных лабораторных работ, работ физического практикума. В любом случае школьники должны знать соответствующий теоретический материал и порядок действий. При наличии готовых описаний, аналогичных давно используемым на вузовских физических кафедрах, существенно экономится время, затрачиваемое на работу в классе: подготовившись дома, на самом уроке ученики занимаются непосредственным её выполнением. Рекомендации по проведению работ в параллели классов определяются в зависимости от конкретной школьной программы и уровня знаний учеников (как по физике, так и по математике).

1. Измерение модуля упругости резины

(9-й, 10-й классы)

Цель работы. Изучение растяжения резины, измерение модуля упругости двух образцов и сравнение полученных результатов. Определение границ применимости закона Гука по результатам измерений.

Оборудование. 1) Набор грузов известного веса; 2) штангенциркуль или измерительная линейка; 3) две резиновые полоски разной ширины; 4) штатив для фронтальных работ; 5) трибометр лабораторный; 6) нити суровые для подвеса образцов.

Теория. В сечении любого деформируемого тела возникают силы упругости, препятствующие разрыву тела на части. При упругих деформациях связь между удлинением тела Δl и силой F , вызывающей это удлинение, выражается законом Гука: $k = \frac{ES}{l_0}$, где l_0 – начальная длина образца, S – его сечение, E – константа, характеризующая упругие свойства материала (модуль Юнга).

В привычной с 7-го класса записи данного закона $F = k \cdot \Delta l$ не учитывается, что площадь поперечного сечения образца при растяжении меняется. Таким образом, коэффициент жёсткости $k = \frac{ES}{l_0}$ не является постоянной величиной, а поэтому не может характеризовать упругие свойства данного материала (в отличие от модуля Юнга).

Часто закон Гука записывают в более простом виде:

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (1)$$

где σ – механическое напряжение (отношение модуля силы упругости F к площади поперечного сечения S), а ε – относительное удлинение (отношение абсолютного удлинения Δl к начальной длине образца).

Известно, что резина может значительно изменять свою длину и площадь сечения в процессе деформации. Считая, что при этом объём резины (как твёрдого тела) остаётся практически постоянным, можно

записать: $S_0 l_0 = S(l_0 + \Delta l) = S l_0 \left(1 + \frac{\Delta l}{l_0}\right)$, т.е. $S = S_0(1 + \varepsilon)$ и

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{S_0}{1 + \varepsilon}} = \sigma_0(1 + \varepsilon). \quad (2)$$

Построение различных графиков растяжения – зависимостей $F(\varepsilon)$, $\sigma_0(\varepsilon)$ и $\sigma(\varepsilon)$ – для резиновых образцов разной ширины позволяет увидеть, что в пределах малой относительной деформации $\varepsilon < \varepsilon_{\text{нр}}$ (около 5%) можно не учитывать разницу между σ_0 и σ , а при деформациях около 10% её уже необходимо учитывать (рис. 1.1). По графику

зависимости $\sigma(\epsilon)$ можно определить предел пропорциональности $\sigma_{пр}$ и соответствующее числовое значение относительной деформации $\epsilon_{пр}$.

По полученным значениям рассчитывается модуль упругости

$$E = \frac{\sigma_{пр}}{\epsilon_{пр}}.$$

Сравнение соответствующих графиков и рассчитанных величин для двух образцов позволяет определить, из одинаковой или разной резины выполнены образцы. Для сравнительного анализа (который должен быть обязательно отражён в выводе лабораторной работы!) графики лучше всего располагать попарно, один под другим, с одинаковым масштабом по соответствующим осям.

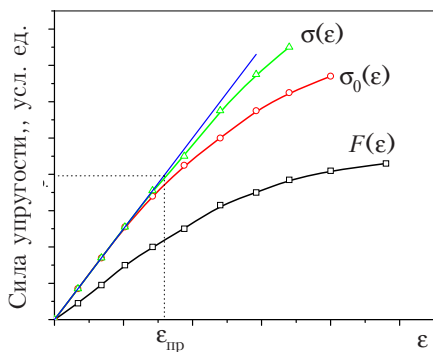


Рис. 1.1. Качественные графики растяжения резинового образца

Порядок работы

1. Измерьте ширину a_{01} , a_{02} и толщину b_{01} , b_{02} недеформированных резиновых жгутов штангенциркулем или измерительной линейкой (рис. 1.2). Запишите измеренные значения в тетрадь с учётом погрешностей измерений δa_{01} , δa_{02} и δb_{01} , δb_{02} .

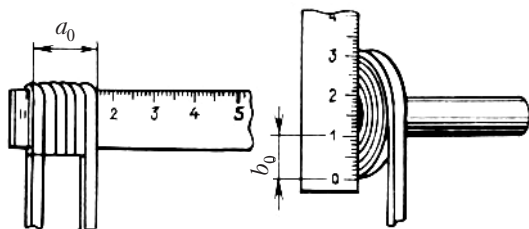


Рис. 1.2. Способ измерения ширины и толщины резинового жгута с помощью линейки

2. Вычислите площадь поперечного сечения $S_0 = 2a_0b_0$ каждого резинового жгута. Обратите внимание на то, что жгут имеет форму кольца*, а значит, площадь поперечного сечения образца будет в два раза

*Нами использовались закольцованные резиновые полоски из набора «Красные чемоданы».

больше, чем у одинарной полоски. Запишите рассчитанное значение

в тетрадь с учётом погрешности: $\delta S_0 = S_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta a_0}{a_0}\right)^2 + \left(\frac{\delta b_0}{b_0}\right)^2}$.

3. Измерьте начальную длину каждого резинового жгута l_{01} и l_{02} , сложив кольцо по диаметру (именно в таком виде образец будет нагружаться). Запишите измеренное значение в тетрадь с учётом погрешностей δl_{01} и δl_{02} .

4. Суровой нитью привяжите исследуемый жгут к лапке штатива. Рядом вертикально закрепите трибометр для измерения удлинения резины в процессе эксперимента.

5. Для записи измерений подготовьте таблицу:

№ образца	№ опыта	$F = mg, \text{ Н}$	$\Delta l \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$\delta(\Delta l) \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$	$\delta\varepsilon$	$\sigma_0 = \frac{F}{S_0}, \text{ 10}^5 \text{ Па}$	$\delta\sigma_0, \text{ 10}^5 \text{ Па}$	$\sigma = \sigma_0(1+\varepsilon), \text{ 10}^5 \text{ Па}$	$\delta\sigma, \text{ 10}^5 \text{ Па}$
1, узкий	1	0,5								
	2	1								
	3	1,5								
	4	2								
	5	2,5								
	6	3								
	7	3,5								
	8	4								
2, широкий	1	1								
	2	2								
	3	3								
	4	4								
	5	5								
	6	6								
	7	7								
	8	8								

Примечание 1. Погрешности следует рассчитывать по формулам:

$$\delta\varepsilon = \varepsilon \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2 + \left(\frac{\delta l_0}{l_0}\right)^2}; \quad \delta\sigma_0 = \sigma_0 \cdot \frac{\delta S_0}{S_0}; \quad \delta\sigma = \sigma \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta(\sigma_0)}{\sigma_0}\right)^2 + \left(\frac{\delta\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2}.$$

Погрешности $\delta(\Delta l)$ и δl_0 – это погрешности измерительного прибора (приборная погрешность). Вес гирь берётся без погрешности, по номиналу.

Примечание 2. Промежуточные вычисления должны делаться с точностью, несколько превосходящей точность измерений, чтобы избежать неоправданных ошибок, связанных с вычислениями. При вычислениях обычно сохраняют на один знак больше, чем будет оставлено в окончательном ответе.

6. Приступайте к выполнению измерений: исследуемый образец нагружайте последовательно грузами известного веса (0,5 Н; 1 Н; 1,5 Н; 2 Н и т.д.) и для каждой нагрузки измеряйте соответствующие деформации резины Δl . Особое внимание стоит обратить на так называемое *упругое последствие*, которое состоит в том, что образец начинает деформироваться не сразу после начала действия силы, а спустя некоторое время. Поэтому деформацию образца следует измерять через 1–2 мин после очередного увеличения нагрузки.

7. Результаты измерений и вычислений записывайте в таблицу. Все необходимые вычисления должны выполняться в тетради.

8. После окончания измерений, проведённых с образцом 1, повторите пункты 4, 6, 7 для образца 2.

9. По результатам, представленным в таблице, постройте три графика для каждого образца: 1 – график зависимости F от ϵ ; 2 – график зависимости σ_0 от ϵ ; 3 – график зависимости σ от ϵ . Выберите правильные масштабы по осям, это важно. Экспериментальные точки нанесите с рассчитанными погрешностями (в виде крестиков). Это позволит провести через них более плавные экспериментальные кривые, аналогичные представленным на рис. 1.1. Графики желательно строить непосредственно во время работы (можно без погрешностей), чтобы исключить грубые ошибки опыта, т.е. успеть перемерить.

10. По графику зависимости σ (ϵ) определите пределы применимости закона Гука, а также модуль Юнга для каждого образца и запишите рассчитанные значения в тетрадь.

11. По результатам, полученным в лабораторной работе, сформулируйте вывод, проанализировав построенные графики и сравнив полученные результаты для двух резиновых жгутов.

Литература

Руководство к лабораторным занятиям по физике / Под ред. Гольдина Л.Л. – М.: Наука, 1973.

Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11-м классах общеобразовательных учреждений / Под ред. Букова В.А. и Никифорова Г.Г. – М.: Просвещение, Учеб. лит., 1996.

Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика-10. – М.: Просвещение, АО «Московские учебники», 1996.

Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для угл. изучения физики / Под ред. Мякишева Г.Я. – М.: Дрофа, 2002.

2. Изготовление модели машины Атвуда и измерение с её помощью ускорения свободного падения (9-й, 10-й классы)

Цель работы. Изучение работы машины Атвуда и её изготовление.

Оборудование. 1) Пластмассовый блок; 2) набор грузов; 3) кусок пластилина; 4) штатив с крепежом; 5) метровая линейка или измерительная лента; 6) секундомер; 7) шёлковая нить длиной около 1 м; 8) весы с набором разновесов.

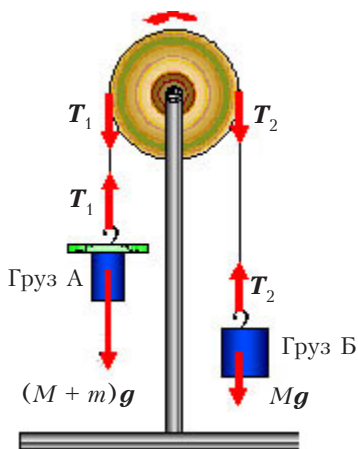


Рис. 2.1. Устройство машины Атвуда

Теория. Машина Атвуда предназначена для исследования закона движения тел в поле земного тяготения. Естественное всего, конечно, изучить данный закон, наблюдая свободное падение тел. Однако этому мешает большое ускорение свободного падения. Поэтому такой опыт возможен либо при очень большой высоте прибора (намного больше высоты комнаты), либо при помощи специальных методов, позволяющих точно измерять небольшие (доли секунды) промежутки времени. Причём стоит заметить, необходимо исключить погрешность, связанную со временем реакции экспериментатора (тоже доли секунды). Избежать этого позволяет машина Атвуда (рис. 2.1).

Лёгкий пластмассовый блок вращается вокруг оси, укрепленной в верхней части стойки. Через блок перекинута лёгкая нерастяжимая шёл-

ковая нить, на концах которой висят одинаковые грузы массой M каждый. На груз А помещается перегрузок массой m . В начале опыта груз Б удерживается неподвижно на уровне пола. При освобождении груза Б нить с грузами выходит из равновесия и начинает двигаться ускоренно.

Найдём закон движения груза А. Будем пользоваться неподвижной системой координат, центр которой совмещён с осью блока, а ось X направлена вниз.

На груз А действуют две силы: сила тяжести $(M + m)g$ и сила натяжения левой части нити T_1 . По второму закону Ньютона:

$$(M + m)g + T_1 = (M + m)a,$$

где a – ускорение груза А. В проекциях на ось X это выражение приобретает вид:

$$(M + m)g - T_1 = (M + m)a. \quad (1)$$

Применим второй закон Ньютона к движению груза Б. В силу нерастяжимости нити ускорение груза Б равно ускорению груза А по абсолютной величине и направлено в противоположную сторону: $-a$. Обозначив натяжение правого конца нити через T_2 , в проекциях на ось X получаем:

$$Mg - T_2 = -Ma. \quad (2)$$

Несмотря на то, что блок достаточно лёгкий, он имеет массу (обозначим её $m_{\text{бл}}$), поэтому, по основному уравнению динамики вращательного движения, в проекциях на ось X имеем:

$$T_1 r - T_2 r = J \frac{a}{r} = \frac{m_{\text{бл}} r^2}{2} \cdot \frac{a}{r} = \frac{m_{\text{бл}} r a}{2}, \quad (3)$$

где J – момент инерции блока, r – его радиус. Это уравнение связывает моменты сил $T_1 r$ и $T_2 r$ с угловым ускорением блока a/r .

Из соотношений (1)–(3) получаем систему уравнений с тремя неизвестными T_1 , T_2 , a :

$$(M + m)g - T_1 = (M + m)a;$$

$$Mg - T_2 = -Ma;$$

$$T_1 - T_2 = \frac{m_{\text{бл}} a}{2}, \quad (4)$$

решив которую относительно ускорения a , получим

$$a = \frac{mg}{2M + m + \frac{1}{2}m_{\text{бл}}}. \quad (5)$$

Таким образом, движение груза А происходит равноускоренно в соответствии с уравнением (5). Ускорение a при небольшой массе перегрузка ($m \ll M$) существенно меньше g , поэтому его легче измерить.

По формуле (5) можно определить величину ускорения g . Эксперимент осложняется тем, что нет простых способов *прямого* измерения ускорения a . Поэтому воспользуемся косвенным методом: измерим путь s , пройденный грузом А за время движения t , найдём a из

формулы $s = \frac{at^2}{2}$, а затем с помощью соотношения (5) получим вы-

ражение для ускорения свободного падения:

$$g = \frac{2s \left(2M + m + \frac{1}{2}m_{\text{бл}} \right)}{mt^2}. \quad (6)$$

Замечание 1. При выводе формулы (5) не учитывалась сила трения в оси блока. Силу трения можно скомпенсировать с помощью пластилина, сделав из него добавочный перегрузок такой массы, чтобы после прикрепления к грузу А сила трения в оси блока компенсировалась весом этого перегрузка и груз А равномерно двигался по вертикали. Массой пластилина в расчётах можно пренебречь.

Замечание 2. При измерении времени t кроме случайных возникают ещё и систематические погрешности. Они связаны с тем, что наблюдатель включает секундомер не в тот самый момент, когда груз Б отрывается от пола, и выключает его не тогда, когда груз А касается

пола, а с некоторым опозданием, которое зависит от скорости реакции экспериментатора и, как показывает практика, никогда не равна нулю. Как видно из выражения (6), увеличение времени на величину систематической ошибки приводит к тому, что рассчитанное ускорение свободного падения будет несколько меньше, чем в действительности. Время реакции человека составляет доли секунды и, чтобы вызванная этим систематическая погрешность не сильно влияла на результат измерения, следует увеличить общее время движения. Для этого можно уменьшить массу перегрузки относительно массы груза (см. выражение (5) и (или) увеличить путь движения (длину нити).

К сожалению, первое приведёт к увеличению влияния силы трения в оси блока (чтобы не учитывать вес пластины, он должен быть много меньше веса перегрузки). Кроме того, нить тоже имеет вес, который сложным образом влияет на движение системы грузов, так как её длина с каждой стороны блока зависит от времени. Поэтому и вес нити должен быть значительно меньше веса перегрузки. Итак, все массы должны строго удовлетворять требованиям:

$$m_{\text{нит}} (m_{\text{пласт}}) \ll m \ll M. \quad (7)$$

Отсюда следует, что лучше увеличивать путь движения груза А. Для устранения случайных погрешностей следует многократно повторить опыт в одинаковых условиях. После этого результат измерения времени t усредняется, и для вычислений ускорения g используется именно усреднённое значение $t_{\text{ср}}$.

Порядок работы

1. Определив массу пластмассового блока $m_{\text{бл}}$ на весах, закрепите его в лапке штатива. Результат занесите в таблицу:

$m_{\text{бл}}$, кг	M , кг	m , кг	s , м		t , с		g , м/с ²
			$s_{\text{экс}}$	$s_{\text{ср}}$	$t_{\text{экс}}$	$t_{\text{ср}}$	

2. Привяжите к концам нити длиной около 1 м два груза массой по 0,1 кг, перекиньте нить через блок, установите штатив с грузами на краю стола.

3. Подберите добавочный груз из пластилина такой массы, чтобы прикрепление его к грузу А обеспечивало преодоление силы трения в оси блока и равномерное движение по вертикали. Массой пластилина в расчётах можно пренебречь.

4. Аккуратно положите перегрузок массой 0,01 кг на груз А и поднимите его на максимальную высоту, придерживая груз Б рукой у пола.

5. Измерьте высоту груза А от пола – длину пути груза А – $s_{\text{эксп}}$. Полученное значение занесите в таблицу.

6. С помощью секундомера определите время движения $t_{\text{эксп}}$ системы грузов пути $s_{\text{эксп}}$ и занесите в таблицу.

7. Повторите п. 4–6 восемь раз.

8. Рассчитайте средние арифметические значения пути $s_{\text{ср}}$ и времени $t_{\text{ср}}$.

9. Вычислите ускорение свободного падения по формуле (6).

10. Сформулируйте вывод.

Контрольные вопросы

1. Можно ли пренебречь силой трения в этой работе?

2. Можно ли пренебречь массой нити? пластилина? блока? Почему?

3. Находится ли расхождение между результатом измерений g и табличным значением ускорения свободного падения в пределах возможных погрешностей? Каких именно?

Литература

Руководство к лабораторным занятиям по физике / Под ред. Гольдина Л.Л. – М.: Наука, 1973.

Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Пономарёва А.В. Факультативный курс физики. 8 класс: Учеб. пособие для уч-ся. – М.: Просвещение, 1985.

Физика-10: Учеб. пособие для школ и классов с угл. изучением физики / Под ред. Пинского А.А. – М.: Просвещение, 1993.

3. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

(10-й класс)

Цель работы. Исследование влияния типа жидкости (воды и мыльного раствора) на эффекты смачивания ею стекла и подъёма в капилляре; определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Оборудование. 1) Капиллярная трубка известного внутреннего диаметра; 2) измерительная линейка; 3) две кюветы – с чистой водой и с мыльным раствором.

Теория. Потенциальная энергия микроскопических тел складывается из энергии взаимодействия его молекул (без учёта силы тяжести). Силы межмолекулярного сцепления быстро убывают с расстоянием – их действие практически прекращается на расстояниях порядка 10^{-9} м, поэтому потенциальная энергия каждой молекулы зависит только от её взаимодействия с ближайшими соседями.

Молекулы какого-либо физического тела можно разделить на два класса: «внутренние» молекулы, имеющие полный набор соседей, и «наружные» молекулы, с неполным набором соседей. Потенциальную энергию «внутренних» молекул примем за начало отсчёта энергии (которую, как известно, можно отсчитывать от любого уровня). «Внутренние» молекулы всегда можно превратить в «наружные», удалив часть соседей, но для этого необходимо совершить работу. Поэтому потенциальная энергия «наружных» молекул положительна. Величина этой энергии зависит от числа «наружных» молекул, а значит, и от площади поверхности. Такая энергия называется *поверхностной энергией*. Обозначив поверхностную энергию E , а площадь поверхности S , согласно сказанному, имеем $E = \sigma S$. Коэффициент пропорциональности σ носит название коэффициента поверхностного натяжения. Величина σ зависит от рода обеих соприкасающихся сред. Как нетрудно убедиться, коэффициент поверхностного натяжения имеет размерность энергии, отнесённой к единице поверхности, или, что то же, размерность силы, делённой на длину.

Наличие поверхностной энергии сильно сказывается на поведении жидкостей. В частности, форма, которую принимает жидкость, соответствует минимуму потенциальной энергии, складывающейся из энергии поверхностного натяжения и потенциальной энергии в поле тяжести.

При расчётах вместо энергии поверхностного натяжения нередко пользуются *силой поверхностного натяжения*, которая вводится следующим образом. Для изотермического увеличения поверхности жид-

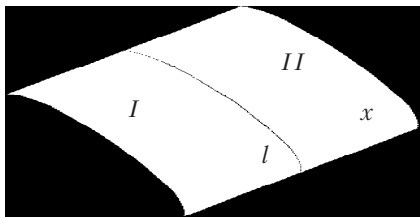


Рис. 3.1. Растяжение произвольно выбранной линии длиной l на величину dx в направлении X , перпендикулярном линии

кости на величину dS необходимо затратить энергию

$$dE = \sigma dS = \sigma l dx. \quad (1)$$

Соотношение (1) поясняется рис. 3.1. На поверхности выбирается произвольная линия длиной l . Увеличение поверхности происходит вследствие её «растяжения» на величину dx в перпендикулярном ей направлении.

Силу поверхностного натяжения F формально можно определить следующим образом:

$$F = -\frac{dE}{dx} = -\sigma \cdot \frac{dS}{dx} = -\sigma \cdot l, \quad (2)$$

где знак «минус» указывает на то, что сила направлена в сторону, противоположную смещению dx . Таким образом, F можно трактовать как некоторую силу постоянной погонной плотности σ , которая действует перпендикулярно произвольной линии длиной l и стремится «стянуть» разделённые этой линией участки жидкости I и II. Коэффициент поверхностного натяжения σ равен, таким образом, силе поверхностного натяжения, отнесённой к единице длины.

Сила поверхностного натяжения вызывает поднятие жидкостей в капиллярах (если жидкость смачивает стенки). При расчёте равновесного положения жидкости в капилляре следует помнить, что полная потенциальная энергия системы зависит от работы силы тяжести и от поверхностной энергии на границах жидкость–стенка капилляра, жидкость–воздух и стенки–воздух. Но для расчёта проще использовать не энергию, а силы поверхностного натяжения.

При небольшом диаметре капилляра высота столба жидкости у мениска мало зависит от того, как далеко от оси трубки находится рассматриваемая точка. Во всех точках мениска давление жидкости можно считать постоянным, а форму мениска – сферической. Рассмотрим условия равновесия воздушного сферического сегмента, ограни-

ченного пунктирной линией на рис. 3.2. Сверху на него действует сила атмосферного давления:

$$F_1 = Sp = \pi R^2 p, \quad (3)$$

где p – атмосферное давление.

Давление столба жидкости высотой h на горизонтальный уровень жидкости в сосуде равно ρgh (ρ – плотность жидкости), поэтому действующее на сегмент снизу давление воды именно на эту величину меньше атмосферного. Проекция на вертикальную ось (направленную вниз) соответствующей силы давления есть

$$F_2 = -\pi R^2(p - \rho gh).$$

Кроме этого, проекция силы поверхностного натяжения, действующей на выбранный сегмент (а конкретнее – на линию соприкосновения жидкости со стенками, длина которой $2\pi R$, перпендикулярно этой линии) со стороны стенок, равна $F_3 = -2\pi R\sigma \cos \alpha$. Множитель $\cos \alpha$ возникает из-за того, что результирующая сил поверхностного натяжения направлена вертикально.

При равновесии $F_1 + F_2 + F_3 = 0$, откуда

$$\sigma = \frac{R\rho gh}{2 \cos \alpha}. \quad (4)$$

Как видно, в расчётную формулу входит краевой угол α , величина которого зависит от соотношения между поверхностными энергиями на границах сред.

В данной лабораторной работе в качестве жидкости используются вода и мыльный раствор, а капилляр изготовлен из стекла, т.е. имеет полное смачивание, и можно положить $\cos \alpha = 1$:

$$\sigma = \frac{R\rho gh}{2}. \quad (5)$$

Примечание 1. Формула (4) позволяет по высоте поднятия жидкости и радиусу капилляра определить коэффициент поверхностного натяжения. Эта формула не вполне точна, поскольку при её выводе давление

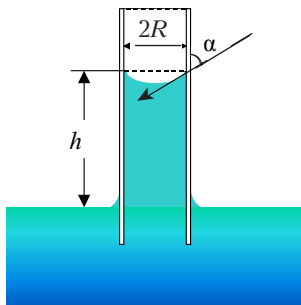


Рис. 3.2. Подъём смачиваемой жидкости в капилляре

жидкости считалось постоянным у всей поверхности мениска, что на самом деле места не имеет. Несколько более точная формула имеет вид:

$$\sigma = \frac{R\rho gh}{2} + \frac{R^2\rho gh}{6}. \quad (6)$$

При проведении измерений в классе экспериментальная погрешность слишком велика для обнаружения отличий одной формулы от другой. Сравнение формул (5)–(6) позволяет ещё раз вспомнить, что любая физическая формула имеет свои границы применимости. С другой стороны, при соблюдении некоторых условий не имеет смысла проводить громоздкие вычисления по более сложным формулам, когда можно ограничиться более простой.

Порядок работы

1. Капилляр и внутренние поверхности кювет промойте сначала спиртом, а потом водой. Заполните кюветы: одну – чистой водой, другую – мыльным раствором.

2. Погрузите капилляр в кювету так, чтобы под водой оказался конец трубки длиной не менее 5 мм. Внимательно следите за тем, чтобы внутрь поднимающегося столба воды не попали пузырьки воздуха.

3. Измерьте высоту подъёма воды.

4. Достав капилляр из кюветы с жидкостью, продуйте его, чтобы внутри не осталось капелек воды, разделённых воздушными прослойками; после чего опять погрузите его в кювету и повторите п. 2, 3 ещё два раза.

5. При стабильном повторении результатов занесите полученное значение в таблицу. В случае несовпадения тщательно повторяйте опыт со строгим соблюдением инструкций, пока не будет достигнуто совпадение показаний.

	h , м	ρ , кг/м ³	R , м	σ , Н/м	$\delta\sigma$, Н/м
Вода					
Мыльный раствор					

6. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения воды. Полученный результат занесите в таблицу.

7. Оцените погрешность эксперимента $\Delta\sigma$ по формуле

$$\Delta\sigma = \frac{\rho g}{2}(R \cdot \Delta h + h \cdot \Delta R),$$

приняв $\Delta h = 0,5$ мм и $\Delta R = 0,1$ мм.

8. Повторите п. 2–7, взяв кювету с мыльным раствором.

9. Сформулируйте вывод.

Примечание 2. Все вычисления выполняйте в тетради для лабораторных работ.

Литература

Руководство к лабораторным занятиям по физике / Под ред. Гольдина Л.Л. – М.: Наука, 1973.

Физика-10: Учеб. пособие для школ и классов с угл. изучением физики / Под ред. Пинского А.А. – М.: Просвещение, 1993.

4. Измерение удельной теплоты плавления льда

(8-й, 10-й классы)

Цель работы. Научиться измерять удельную теплоту плавления с помощью калориметра.

Оборудование. 1) Весы с гирями; 2) термометр; 3) кусочки льда; 4) измерительный стакан; 5) калориметр; 6) секундомер; 7) тряпка; 8) молоток (один на класс); 9) чайник с горячей водой (один на класс).

Теория. Тепло представляет собой энергию беспорядочного движения атомов и молекул, которая передаётся в результате теплообмена. Она не возникает и не исчезает, а только переходит от более нагретых тел к менее нагретым или превращается в другой вид энергии. Формула, связывающая количество теплоты Q с удельной теплоёмкостью c (количеством теплоты, необходимым для нагревания единицы массы вещества, из которого состоит тело, на 1 градус):

$$Q = cm(T_0 - T), \quad (1)$$

даёт возможность учесть перераспределение количества теплоты при установлении теплового равновесия при изменении температуры тела от начальной температуры T до температуры теплового равновесия T_0 . Например, при соприкосновении двух тел массами m_1 и m_2 , имеющих

удельные теплоёмкости c_1 и c_2 и нагретых до температур T_1 и T_2 соответственно, устанавливается равновесная температура T_0 . Математическое выражение закона сохранения энергии при теплообмене (в изолированной системе суммарная энергия не изменяется) имеет вид

$$c_1 m_1 (T_0 - T_1) + c_2 m_2 (T_0 - T_2) = 0 \quad (2)$$

и описывает закон сохранения энергии при теплообмене. Уравнение теплового баланса (2) справедливо, только если обмен энергией между рассматриваемыми телами и их окружением отсутствует, т.е. термодинамическая система изолирована. Предполагая, что $T_1 < T_0 < T_2$, уравнение (2) можно переписать в другом виде:

$$c_1 m_1 (T_0 - T_1) = c_2 m_2 (T_2 - T_0). \quad (3)$$

Из соотношения (3) следует, что тело m_1 как менее нагретое получило количество теплоты $c_1 m_1 (T_0 - T_1)$ от более нагретого тела m_2 , а тело m_2 отдало количество теплоты $c_2 m_2 (T_2 - T_0)$ телу m_1 . По закону сохранения энергии, количество теплоты, полученное телом m_1 , равно количеству теплоты, отданному телом m_2 .

Уравнение теплового баланса можно записать и для других видов теплообмена между телами. Для этого надо чётко определить причины передачи тепла. Если какие-то потери тепла учесть трудно, то следует создать такие условия для эксперимента, которые позволят уменьшить погрешности, связанные с неконтролируемым теплообменом.

Рассмотрим теплообменные процессы при смешивании в алюминиевом стакане калориметра горячей воды массой $m_{\text{в}}$ со льдом массой $m_{\text{л}}$. Лёд будет получать тепло от воды и начнёт таять, а температура воды будет понижаться. Плавление единицы массы вещества (переход из твёрдого состояния в жидкое) происходит при определённой температуре и требует затрат определённого количества теплоты, которое называется *удельной теплотой плавления* (она равна удельной теплоте кристаллизации вещества) λ . Количество теплоты, необходимое для таяния льда массой $m_{\text{л}}$, рассчитывается по формуле $Q_1 = \lambda m_{\text{л}}$. Температура таяния льда известна и равна 0°C . Холодная вода, только что получившаяся из растаявшего льда, при взаимодействии с тёплой водой будет нагреваться. Количество теплоты, которое будет затрачено

на нагрев воды от нуля до равновесного значения температуры T_0 , можно рассчитать в соответствии с выражением (1):

$$Q_2 = c_{\text{в}} m_{\text{л}} (T_0 - 0) = c_{\text{в}} m_{\text{л}} T_0, \quad (4)$$

где $c_{\text{в}}$ – теплоёмкость воды. Поскольку горячая вода смешивалась со льдом в стакане калориметра, в тепловом балансе системы необходимо учитывать теплообмен воды со стаканом. До того, как в воду опускают лёд, горячая вода находится в тепловом равновесии со стаканом, поэтому начальная температура у них одинаковая и равна температуре горячей воды $T_{\text{в}}$. После погружения в воду льда, температура воды и стакана понижается, и в конце эксперимента (когда лёд полностью растает) температура воды и стакана примет значение T_0 . Итак, количество теплоты, отданное горячей водой льду, в соответствии с (1) будет равно:

$$Q_3 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T_{\text{в}} - T_0). \quad (5)$$

а количество теплоты, переданное алюминиевым стаканом воде и льду:

$$Q_4 = c_{\text{ал}} m_{\text{ал}} (T_{\text{в}} - T_0), \quad (6)$$

где $c_{\text{ал}}$ – теплоёмкость алюминия, $m_{\text{ал}}$ – масса стакана. Систему стакан–вода–лёд можно считать изолированной, пренебрегая потерями тепла и вещества в окружающее пространство, (их достаточно трудно учесть, можно лишь постараться их минимизировать). Поэтому внутренний стакан калориметра помещают во внешний, пластмассовый. Между стаканами находится воздушная прослойка, плохо проводящая тепло. Чтобы уменьшить потери тепла и вещества при испарении воды с поверхности, воды в стакан следует налить около 150 мл (150 г), нагреть воду не слишком сильно (примерно до 35 °С), а льда взять примерно 30 г. Тогда теплотопотери в начале будут в какой-то мере скомпенсированы притоком тепла извне в конце эксперимента, когда температура после таяния льда станет ниже комнатной. Кроме того, лёд необходимо мелко наколоть, чтобы таяние происходило быстрее, а значит, неконтролируемых потерь тепла было меньше.

В итоге уравнение теплового баланса для данного эксперимента будет иметь вид:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4. \quad (7)$$

В левой части уравнения – полученное количество теплоты, а в правой части – отданное. Массы льда, горячей воды и алюминиевого стакана определяют с помощью весов с гирями; температура горячей воды и равновесная температура измеряются термометром; а теплоёмкости воды и алюминия берутся из таблиц: $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; $c_{\text{ал}} = 920 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$. Таким образом, из соотношения (6) можно получить выражение для удельной теплоты плавления льда и рассчитать его величину.

Следует помнить, что для определения количества значащих цифр в окончательном результате необходимо воспользоваться правилами приближённых вычислений (абсолютную погрешность эксперимента не учитывать): количество значащих цифр в расчётах должно быть на одну-две больше, но в ответе не может превышать количества значащих цифр в исходных величинах.

Примечание 1. Накануне проведения работы в морозильную камеру домашнего холодильника поставьте кювету с кипячёной водой. Кипячёная вода содержит гораздо меньше растворённого воздуха, поэтому лёд получается без пузырьков. Наличие пор может привести к тому, что часть льда внутри пузырьков растает, а значит, при взвешивании такого куска льда с водой появится дополнительная (и, может быть, достаточно значительная) погрешность определения массы льда, т.е. погрешность всего эксперимента тоже возрастёт. То же самое произойдёт, если вы забудете осушить кусок льда тряпочкой.

Примечание 2. Лёд удобнее всего переносить в металлическом термосе.

Порядок работы

1. В измерительный стакан налейте из чайника примерно 150 мл горячей воды.

2. Взвесьте на весах внутренний сосуд калориметра и, налив в него горячую воду, взвесьте вторично этот сосуд с водой, после чего определите массу воды.

3. Вставьте внутренний сосуд калориметра во внешний, опустите термометр в горячую воду.

4. Определите массу льда, предварительно осушив его тряпочкой.

5. Перед погружением лёд, обернутый тряпочкой, расколите молотком. Сразу после этого снимите показания термометра в горячей воде и быстро опустите в неё лёд.

6. Аккуратно помешивая смесь термометром, снимайте показания секундомера при каждом изменении температуры на 2 °С. Данные занесите в табл. 1:

Таблица 1

Температура, °С								
Время, с								

7. Постройте график зависимости температуры смеси воды и льда от времени. Отметьте минимальную достигнутую температуру calorиметра. Какому состоянию рассматриваемой системы тел соответствует минимальная температура?

8. Ещё раз взвесьте calorиметр и проверьте правильность определения массы льда и горячей воды.

9. Определите значение удельной теплоты плавления льда. Для этого сначала подставьте выражения для количеств теплоты Q_1 , Q_2 , Q_3 и Q_4 из соотношений $Q_1 = \lambda m_{\text{л}}$ и (4)–(6) в соотношение (7) и, выразив λ в общем виде, вычислите значение λ .

10. Измеренные и рассчитанные данные занесите в табл. 2:

Таблица 2

$m_{\text{ал}}$, кг	$m_{\text{в}}$, кг	$m_{\text{л}}$, кг	$T_{\text{в}}$, °С	T , °С	λ , Дж/(кг · град)

11. Сформулируйте вывод, обязательно отразив полученный в эксперименте результат и ответив на вопрос п. 7.

Дополнительный вопрос. Какими процессами, происходящими в рассматриваемой системе тел, объясняется падение температуры смеси до минимума и какими процессами объясняется рост температуры после минимума?

Литература

Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений / Под ред. Бурова В.А., Никифорова Г.Г. – М.: Просвещение, Учеб. лит., 1996.

Дубровский И.М., Егоров Б.В., Рябошапка К.П. Справочник по физике. – Киев: Наукова думка, 1986.

5. Исследование электризации тел при трении друг о друга (7-й, 8-й классы)

Цель работы. Научиться определять заряд наэлектризованных тел.

Оборудование. 1) Брусочек пенопласта (5 × 5 × 50 мм); 2) нить суровая для подвеса пенопласта; 3) штатив для фронтальных работ; 4) полоска из пористой резины (10 × 30 × 300 мм); 5) вспененный полиэтилен (10 × 30 × 300 мм); 6) полоска картонная (30 × 300 мм); 7) кусок овчины (50 × 100 мм); 8) полоска из оргстекла длиной около 30 см.

Теория. В повседневной жизни каждый из нас неоднократно наблюдал электризацию тел. Часто это явление возникает при трении различных тел друг о друга, но иногда происходит при краткосрочном взаимодействии тел: ударе или даже соприкосновении, при нагревании, световом облучении (используется в ксероксе). Поэтому выполнение данной работы требует повышенного внимания и аккуратности. Неосторожное движение может привести к незапланированной передаче заряда от одного тела к другому, при этом заряд изучаемого тела может совсем исчезнуть или поменять знак, что приведёт к неверной интерпретации результатов.

Электризация трением возникает при тесном соприкосновении двух тел, когда расстояние между частицами этих тел становится порядка межатомных расстояний в одном из них. Тогда часть электронов переходит с одного тела на другое. Процесс зависит от соотношения сил взаимодействия различных атомов со своими электронами с внешних оболочек. При этом говорят об энергии связи внешних электронов, выражая такое взаимодействие в единицах энергии. В атомах тех веществ, где электрон находится далеко от ядра и слабо с ним связан, энергия связи электрона с атомом мала, электрон может легко оторваться от атома. Атом при этом превращается в положительный ион, а вещество заряжается положительно. В веществах с большей энергией связи электрона с атомом последний может присоединить дополнительный электрон, образуя отрицательный ион. Вещество при этом заряжается отрицательно. Поэтому одно и то же вещество при контакте с различными веществами может получать заряд разного знака. При трении одинаковых материалов друг о друга они, как правило, не заряжаются, поскольку энергия связи у них одинаковая. Льдинки (снежинки) имеют разную кристаллическую структуру, разную массу. Это тоже ведёт к тому, что энергия связи с внешними электронами (а конкретнее электронами, наименее связанными со *всей* льдинкой) оказывается разной.

Итак, в результате взаимодействия двух различных тел поверхность первого тела приобретает положительный заряд (имеется недо-

статок электронов), а поверхность второго тела – отрицательный заряд (избыток электронов). При этом суммарный заряд взаимодействующей пары тел остаётся нейтральным (по закону сохранения заряда для изолированной системы). Поскольку взаимодействующие тела не бывают абсолютно гладкими, то тесное взаимодействие имеет место не на всей поверхности тел, а только на отдельных участках. Когда мы трём тела друг о друга, мы увеличиваем число таких участков тесного соприкосновения, в которых происходит разделение заряда, тем самым увеличивая общий переданный заряд каждому из тел.

Для успешного проведения работы необходимо соблюдать простые правила:

1. Перед экспериментом желательно проветрить класс. Например, как правило, в отапливаемом помещении воздух пересушен, проводимость воздуха уменьшена, а значит, нежелательный заряд снять с тела очень трудно.

2. Исследуемые тела должны быть чистыми и не иметь случайно образовавшихся зарядов. Для снятия таких зарядов достаточно каждое тело пронести над пламенем спиртовки или спички. Ионы пламени нейтрализуют скопившийся на теле заряд.

Порядок работы

1. Подвесьте пенопласт к лапке штатива за нить.
2. Зарядите оргстекло положительным зарядом трением о резину.
3. Передайте бруску пенопласта положительный заряд, слегка коснувшись его заряженным оргстеклом. Теперь брусок можно использовать как индикатор заряда (положительного или отрицательного), приводя его во взаимодействие с изучаемыми телами.
4. Для записи результатов и их анализа подготовьте таблицу:

Электризуемое тело	Тело, трением о которое производится электризация				
	Оргстекло	Резина	Полиэтилен	Картон	Овчина
Оргстекло					
Резина					
Полиэтилен					
Картон					
Овчина					

5. Зарядите предлагаемые предметы путём попарного трения друг о друга. Для этого возьмите первую пару тел и быстро потрите их большими сторонами для обеспечения хорошего контакта и передачи заметного заряда. Заряженные тела во время опыта продолжайте держать в руках, не допуская их контакта с другими телами (следует помнить, что и стол, и сосед по парте тоже являются другими телами).

6. Заряженное тело поднесите к индикатору и наблюдайте за отклонением пенопластового бруска. Не следует подносить исследуемый образец слишком близко, иначе при касании индикатор может перезарядиться другим по знаку зарядом. Если так всё же произошло, с помощью учителя нейтрализуйте неизвестный заряд. В этом случае лабораторную работу придётся начинать сначала (см. п. 2).

7. По поведению заряженных тел определите знаки их зарядов и занесите полученные результаты в подготовленную таблицу. На пересечении соответствующих строчки и колонки поставьте знак «+», «-» или «0» в соответствии с зарядом, приобретённым указанным в левой колонке телом при его трении о тело, указанное в верхней строчке. Например, при взаимодействии оргстекла с резиной знак заряда оргстекла ставится во вторую незаполненную клеточку первой строки, а заряд резины – в первую клеточку второй строки.

8. Возьмите следующую пару тел и повторите п. 5–7.

9. После заполнения таблицы проанализируйте полученные результаты и запишите вывод в тетрадь.

10. В качестве дополнительного задания расположите (запишите в тетрадь) исследованные материалы в порядке возрастания энергии связи электронов с атомами (или молекулами) вещества, основываясь на результатах эксперимента.

Литература

Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений / Под ред. Булова В.А., Никифорова Г.Г. – М.: Просвещение, Учеб. лит., 1996.

Элементарный учебник физики / Под ред. ак. Ландсберга Г.С. Т. 2. «Электричество и магнетизм». – М.: Физматлит, 2000.

Касьянов В.А. Физика-10: Учебник для образовательных учреждений. – М.: Дрофа, 2003.

6. Определение расстояния до удалённого тела

(8-й, 9-й классы)

Цель работы. Определение расстояния до удалённого тела.

Оборудование. 1) Лист плотной бумаги; 2) ножницы; 3) измерительная линейка; 4) бумажный транспортир; 5) измерительная лента.

Теория. Определение расстояний между различными точками на поверхности Земли или между Землёй и другими небесными телами – важная практическая задача современной жизни. Для измерения расстояния между двумя точками на Земле есть множество способов. Каждый может быть удобен, с одной стороны, но, с другой, может быть совершенно неподходящим или даже некорректным. Предположим, необходимо узнать расстояние между двумя городами. Что будет

являться ответом? Длина рельсов железнодорожных путей или длина шоссе? Если ответ нужен приближённый или интересна именно длина выбранного пути (например, чтобы рассчитать время на дорогу), то такие варианты ответов – именно то, что нужно. Но если имеется в виду расстояние на земной поверхности по прямой (вернее, по дуге, поскольку Земля – это не плоский блин, покоящийся на спинах слонов, а тело, напоминающее шар), то измерить длину дороги недостаточно – дороги не бывают совершенно прямыми.

С п о с о б 1. Определение расстояния до удалённого объекта, размеры которого известны.

Линейку необходимо расположить так, чтобы нижняя точка удалённого тела лежала в плоскости линейки (рис. 6.1). Отрезок, соединяющий глаз наблюдателя и основание удалённого предмета, на нижнем рисунке обозначен AC . Обозначив верхнюю точку удалённого тела как t , B , получаем прямоугольный треугольник $\triangle ABC$.

Из анализа рис. 6.1 можно сделать два важных вывода:

1) если $B_1C_1 \parallel BC$, то $\triangle ABC \sim \triangle AB_1C_1$ (треугольники подобны);

2) если расположить на отрезке $[B_1C_1]$ какой-либо предмет вертикального размера $a = |B_1C_1|$, то этот предмет «закроет» интересующий нас удалённый объект.

Введя обозначения $|BC| = d$, $|AC| = l$, $|AC_1| = b$, $|B_1C_1| = a$, из подобия

рассмотренных треугольников получаем: $\frac{a}{b} = \frac{d}{l}$, следовательно,

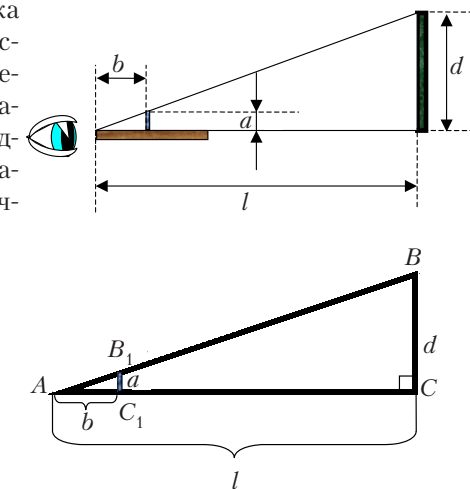


Рис. 6.1. Определение расстояния методом подобия

$$l = \frac{db}{a}. \quad (1)$$

Как видно, при известном размере удалённого объекта d , можно определить расстояние до него l . Размер предмета a , перекрывающего объект,

а также его расстояние до глаза b , расположенного в вершине треугольника, легко определить или задать заранее.

Задание 1. Вечером оцените расстояние до Луны (размер Луны 3476 км). Полученное значение сравните с табличным.

С п о с о б 2. Определение расстояния до удалённого объекта, размеры которого неизвестны.

Если удалённый объект – это телевизор на столе учителя, то его размеры, конечно, ему известны, но если объект – обломки дома, то его размеры неизвестны даже главному архитектору города. Поэтому для измерения, например, расстояния от подножия горы до её вершины применяют косвенный способ (рис. 6.2): сначала измеряют расстояние по прямой между двумя точками A и B , из которых видна вершина горы – точка C , – затем измеряют углы $\angle CAB$ и $\angle CBA$. По известной стороне и двум углам можно построить единственный треугольник $\triangle ABC$, а значит, однозначно определить длины сторон AC и BC , т.е. расстояние от т. A до вершины C (или от т. B до вершины C).

Длину отрезка $|AB|$ называют *базисом*. При измерениях расстояний от Земли до других небесных тел в пределах Солнечной системы в качестве базиса используют радиус Земли, при измерениях расстояний до ближайших звёзд базисом служит радиус земной орбиты. Только самые близкие к Земле звёзды при движении Земли по орбите вокруг

Солнца смещаются относительно «неподвижных» звёзд. Кажущееся перемещение близких к нам звёзд относительно более далёких называется *параллактическим смещением*. Оно подобно «перемещению» карандаша, поставленного перед глазами, относительно далеко расположенных предметов, если смотреть на него то одним, то другим глазом.

Но вернёмся к нашей горе... Задача ощутимо упрощается, если один из углов – прямой. Пусть экспериментатор находится в т. A . Для определения угла $\angle CAB$ на уровне глаза (второй глаз при этом лучше прикрыть) нужно расположить транспор-

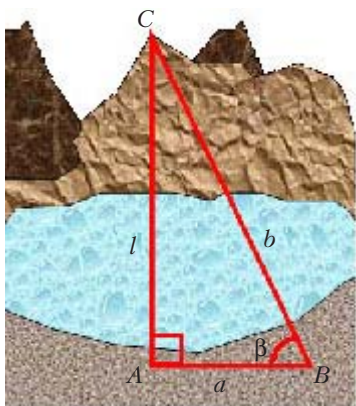


Рис. 6. 2. Измерение расстояния до удалённого объекта методом построения базиса

тир таким образом, чтобы центр транспортира, его нулевой отсчёт и т. С находились на одной прямой AC . Для ориентира в центр транспортира помещают булавку и «стреляют» глазом вдоль прямой AC . Зафиксировав транспортир, необходимо переместить глаз так, чтобы он, булавка в центре транспортира и т. В лежали на одной прямой AB . После чего скосить глаз и по транспортиру определить, где AB пересекает шкалу транспортира. Это и будет искомым $\angle CAB$. Если направление AB задать (с помощью транспортира) перпендикулярным AC , то $\angle CAB = 90^\circ$.

Задав направление AB , выбираем на этой прямой т. В (по возможности как можно дальше от т. А, это повысит точность измерений). Аналогичным образом определяем $\angle CBA$. Поскольку все точки $\triangle ABC$ уже заданы, определяем $\angle CBA$ «как есть». Обозначим $\angle CBA = \beta$, сторону $AC = l$, сторону $AB = a$. Тогда из прямоугольного треугольника $\triangle ABC$ с известной стороной a и углом β получаем искомое расстояние:

$$l = a \operatorname{tg} \beta. \quad (2)$$

Примечание. Определив расстояние до удалённого объекта вторым способом, можно найти видимые линейные размеры с помощью первого способа.

Порядок работы

Способ 1

1. Вырежьте из плотной бумаги или картона полосу шириной 4 мм.
2. Держа линейку в правой руке у щеки, направьте её на удалённый предмет (телевизор на столе).

3. Приставив к линейке сбоку вырезанную полосу и перемещая её вдоль линейки, найдите такое положение, при котором полоса точно закрывает телевизор по высоте, и произведите по шкале линейки отсчёт расстояния b от глаза до полосы (рис. 6.1).

4. По известным размерам телевизора d , полосы $a = 4$ мм и найденному расстоянию b , определите расстояние l до телевизора по формуле (1) и заполните таблицу:

Размер объекта d , м	Размер полосы a , м	Расстояние от полосы до глаза b , м	Расстояние до объекта l , м
	0,004		

Способ 2

5. Выберите в качестве удалённого объекта дом напротив окон класса.

6. В центр бумажного транспорта воткните булавку.

7. Расположите транспорт горизонтально на уровне глаза (второй прикройте) таким образом, чтобы глаз, булавка (т. A) и выбранная точка на доме (т. C) лежали на одной прямой (AC).

8. Определите направление базиса (AB) под углом 90° к прямой (AC): зафиксировав транспорт на том самом месте, на котором он находился при выполнении п. 7, переместите глаз так, чтобы глаз, булавка и отметка 90° на транспорте располагались на одной прямой (AB).

9. Выберите т. B на прямой (AB), как можно более удалённую от т. A , и измерьте длину базиса $|AB| = a$ измерительной лентой.

10. Переместившись в т. B , определите $\angle CBA = \beta$ аналогично тому, как вы определяли $\angle CAB$ (см. п. 7–8).

11. Определите $|AC| = l$ по формуле (2) и заполните таблицу:

Длина базиса a , м	Угол $\angle CBA = \beta$, град	Расстояние до объекта l , м

12. Сформулируйте общий для двух вариантов вывод.

Контрольные вопросы

1. Оцените границы погрешности измерений расстояния до удалённого объекта.

2. Предложите способы повышения точности измерений.

Литература

Кабардин О.Ф., Орлов В.А., Пономарёва А.В. Факультативный курс физики. 8 класс: Учеб. пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1985.

Об авторе

Ольга Германовна Царькова окончила МГУ им. М.В.Ломоносова в 1989 г., кандидат физико-математических наук, педагогический стаж 5 лет (МГТУ «Станкин», лицей «Вторая школа», ГОУ СОШ № 2007 с углублённым изучением физики и математики – с её открытия в 2003 г.). С 1989 г. работает в Институте общей физики им. А.М.Прохорова РАН, сейчас является старшим научным сотрудником. Автор более 50 печатных работ, из них 44 – научных. Лауреат всероссийского конкурса «Молодой учитель» 2005 г. среди учителей физики и математики, проводимого фондом «Династия», эксперт «Ярмарки идей на Юго-Западе», «Шага в будущее», член жюри Московской политехнической олимпиады, член оргкомитета «Лекций выдающихся учёных для учителей и старшеклассников», проводимых в ИОФ РАН. Более пятидесяти её учеников участвовали в различных олимпиадах и конференциях студентов и школьников по физике, международном конкурсе «Эрудиты планеты-2006» и занимали призовые места. Три ученика имеют печатные работы по результатам своей проектно-исследовательской деятельности.



Область научных интересов – взаимодействие лазерного излучения с веществом, оптические и теплофизические свойства твёрдых тел в области высоких температур.

Увлечения – снимать ролики о школьной жизни, организовывать праздники не только для учащихся и их родителей, но и для учителей.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Измерение модуля упругости резины	3
2. Изготовление модели машины Атвуда и измерение с её помощью ускорения свободного падения	8
3. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.....	13
4. Измерение удельной теплоты плавления льда	17
5. Исследование электризации тел при трении друг о друга	22
6. Определение расстояния до удалённого тела.....	24
Об авторе	29

УДК 372.853
ББК 74.262.22
Ц20

Общая редакция серии «Физика»: *Н.Д. Козлова, гл. редактор*

Автор – *О.Г. Царькова (кандидат физико-математических наук, методист ФМШ № 2007, старший научный сотрудник ИОФ РАН, г. Москва) <olga@kapella.gpi.ru>*

Царькова О.Г.

Ц20 Физический практикум : Для 7–10 классов с углублённым изучением физики / О.Г. Царькова. – М. : Чистые пруды, 2008. – 32 с. : ил. – (Библиотечка «Первого сентября», серия «Физика». Вып. 20).

ISBN 978-5-9667-0433-9

Предлагаются описания дополнительных по сравнению со стандартной школьной программой лабораторных работ физического практикума для профильных школ и классов с углублённым изучением физики.

УДК 372.853
ББК 74.262.22

Учебное издание

ЦАРЬКОВА Ольга Германовна

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Для 7–10 классов с углублённым изучением физики

Редакторы *К.Ю. Богданов, Н.Д. Козлова*

Корректор *Н.П. Соломатина*

Компьютерная верстка *Н.Д. Козлова, И.Д. Воронова*

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77–19078 от 08.12.2004 г.

Подписано в печать 20.02.2008

Формат 60×90^{1/16}. Гарнитура «Петербург». Печать офсетная. Печ. л. 2,0

Тираж экз. Заказ №

ООО «Чистые пруды», ул. Киевская, 24, Москва, 121165

Тел. (499) 249-28-77, <http://www.1september.ru>

Отпечатано с готовых диапозитивов в Раменской типографии

Сафоновский пр., д. 1, г. Раменское, МО, 140100

Тел. (495) 377-0783. E-mail: ramentip@mail.ru

ISBN 978-5-9667-0433-9

© ООО «Чистые пруды», 2008