

# О необходимости систематизации знаний при подготовке школьников к олимпиадам, ЕГЭ и вступительным испытаниям в ВУЗы по физике (на примере УМК по физике авторов А.В. Грачев, В.А. Погожев, А.М. Салецкий и др.)

Боков П.Ю., Грачев А.В., Иванова О.С.,  
Погожев В.А, Салецкий А.М.  
Россия, Москва, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

# Восприятие школьников

- Курс физики – бессистемный набор огромного числа не связанных между собой экспериментальных фактов, понятий, величин, законов, теорем и формул
- Результат – отсутствует ощущение целостности и логической стройности курса

# Восприятие школьников

- Даже у лучших школьников, как правило, знания по физике представляют собой бессистемный набор разрозненных сведений из разных разделов курса

# В чем причина?

# Пример

Механика Ньютона в некоторых УМК (9 класс).

Рассматриваются примеры сил в механике.  
И лишь в следующей главе появляются законы Ньютона. В 7 классе еще хуже.

## Результат

Вплоть до окончания 11 класса многие учащиеся не понимают, что представляют собой и как связаны различные силы (например, сила тяжести, сила нормальной реакции опоры и вес)

## Еще один пример

Все пишется правильно, и примеры хорошие, но не вводятся определения используемых понятий и физических величин (проекции вектора и т.п.), не формулируются аккуратно базовые законы. При этом учебник легкий (по массе) и выглядит небольшим.

## Результат

Либо учитель должен сам рассказывать и вводить определения (при условии, что он их знает), либо школьники должны искать дополнительные источники информации, либо у школьников нарастает непонимание и складывается неверная картина рассматриваемой ситуации.

# Задача – изменить ситуацию

Необходимо:

1. Убедить школьника в том, что курс физики представляет собой логически стройную теорию, базирующуюся на более чем ограниченном количестве утверждений

# Задача – изменить ситуацию

Необходимо:

2. Раскрыть школьникам логическую структуру построения курса: от аксиоматики и определений до практического применения (в частности, до решения задач)

# Задача – изменить ситуацию

3. При этом необходимо раскрыть школьнику логическую структуру построения каждого раздела физики

# Задача – изменить ситуацию

Пример – механика Ньютона

- Три закона Ньютона
- Три закона, описывающие индивидуальные свойства сил (Гука, Всемирного тяготения и Амонтона-Кулона)
- Все остальное (закон Архимеда, законы статики, законы сохранения) - следствия

# УМК «Физика» 7-9 и 10-11, базовый и профильный уровни

- Грачев А.В., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2008
- Погожев В.А., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2010
- Салецкий А.М., профессор, д.ф.-м.н., зав. кафедрой общей физики, Лауреат Ломоносовской премии 1998, 2004 (наука)
- Боков П.Ю., доцент, к.ф.-м.н., учитель физики Московской гимназии на Юго-Западе №1543
- Преподаватели кафедры общей физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

# Пример («Физика-7») – о необходимости введения СО



- Нет смысла говорить о движении, если не указана СО!

# Решение проблем

- Логически последовательное изложение каждого из разделов курса физики
- Наличие итоговых схем (таблиц), раскрывающих логическую структуру раздела
- По мнению аттестаторов, эффективность последовательного освоения каждого из разделов возрастает при параллельном изучении итоговых схем

# Требования к определению физической величины:

1. Однозначность
2. Рецепт либо измерения, либо расчета через уже определенные величины

## ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Импульс системы материальных точек:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Изменение импульса материальной точки в ИСО:

$$\Delta\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где  $\vec{F}$  – сумма всех действующих на тело сил,  $\Delta t$  – время их действия.

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta\vec{P} = (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}) \cdot \Delta t,$$

где  $\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}$  – сумма всех внешних сил.

### Закон сохранения импульса

Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы тел в ИСО не изменяется с течением времени (сохраняется).

Если  $(\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}}) = 0$ , то  $\Delta\vec{P} = 0$ .

### Закон сохранения проекции импульса

Если проекция на координатную ось ИСО суммы всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то проекция импульса системы тел на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется).

# О формулировках физических законов

- Корректные, понятные, удобные в применении

Пример:

- Закон сохранения – частный случай закона изменения

# Работа с формулировкой закона

Либо учить

Либо понимать

Выбор за вами

Не учить, а изучать!

# Примерная рекомендуемая последовательность вопросов про изучение закона

1. Объект (объекты)
2. Явление
3. Физические величины (**!важно – уже определенные!**)
4. Утверждение (например, в виде формулы)
5. Условие выполнимости утверждения (см. п. 4)

**!Важно!** п. 5 входит в формулировку закона

Пример: II закон Ньютона (примеры)

# Итог

Наличие итоговых таблиц (схем)

1. позволяет школьникам прочувствовать логическую структуру каждого из разделов
2. создает возможность поэтапного контроля

## СИЛЫ В МЕХАНИКЕ

Название силы	Обозначение	На какое тело действует	Какое тело действует	Чему равна по модулю	Куда направлена	Проявление действия силы
Сила тяжести	$m \cdot g$	На тело, находящееся у поверхности Земли	Земля	$m \cdot g$	Вертикально вниз	Притягивает к Земле
Сила упругости	$\vec{F}_{\text{упр}}$	На тело, вызвавшее деформацию	Деформированное тело	Пропорциональна деформации: $k \cdot \Delta l$	В сторону, противоположную деформации	Стремится сдвинуть деформирующее тело
Сила реакции горизонтальной опоры на свободно лежащее на ней тело	$\vec{N}$	На тело, лежащее на горизонтальной опоре	Горизонтальная опора	Сила тяжести тела	Вертикально вверх	Уравновешивает силу тяжести, прижимающую тело к опоре
Вес тела, лежащего на опоре	$\vec{P}$	На опору	Тело, лежащее на опоре	Сила реакции опоры	Вертикально вниз	Деформирует опору
Вес тела, висящего на подвесе	$\vec{P}$	На подвес	Висящее тело	Сила упругости подвеса	Вертикально вниз	Растягивает подвес
Сила сухого трения скольжения	$\vec{F}_{\text{тр}}$	На тело, скользящее по поверхности	Поверхность, по которой скользит тело	$\mu \cdot N$	В сторону, противоположную движению тела	Препятствует движению тела по поверхности (тормозит тело)

# Результат. Опыт аprobаторов

- Школьники стали лучше понимать «откуда что берется, и что из чего вытекает».

Понимание логической структуры раздела позволяет школьникам осознанно справляться с поставленными перед ними проблемами.

Например, описывать причины наблюдаемых явлений, грамотно выбирать модели при решении задач и решать эти задачи.

Появляется возможность выработать правильную осознанную последовательность действий при решении задач - **алгоритм**

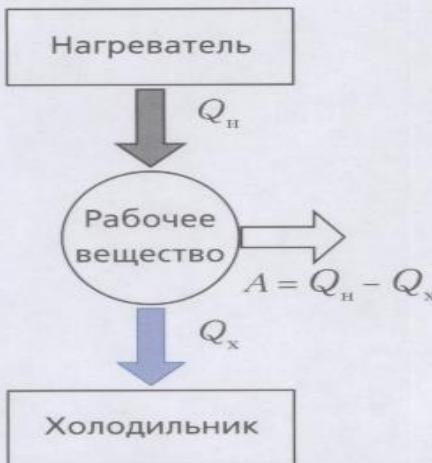


## Схема последовательности действий при решении задач по термодинамике (применение первого закона термодинамики)

1. Изменение  $T \rightarrow$  Изменение  $U$
2. Изменение  $V \rightarrow$  Работа газа  $A$
3. Определение знака  $Q$
4. Расчет  $Q$  из первого закона ТД

## ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Циклический тепловой  
двигатель



Для работы циклического теплового  
двигателя необходимо:

- 1) наличие рабочего вещества;
- 2) наличие нагревателя, передающего рабочему веществу необходимое для совершения работы количество теплоты;
- 3) наличие холодильника для того, чтобы возвращать рабочее вещество в исходное состояние

$$\text{КПД двигателя: } \eta = \frac{A}{Q_h} = \frac{Q_h - Q_x}{Q_h} < 1$$

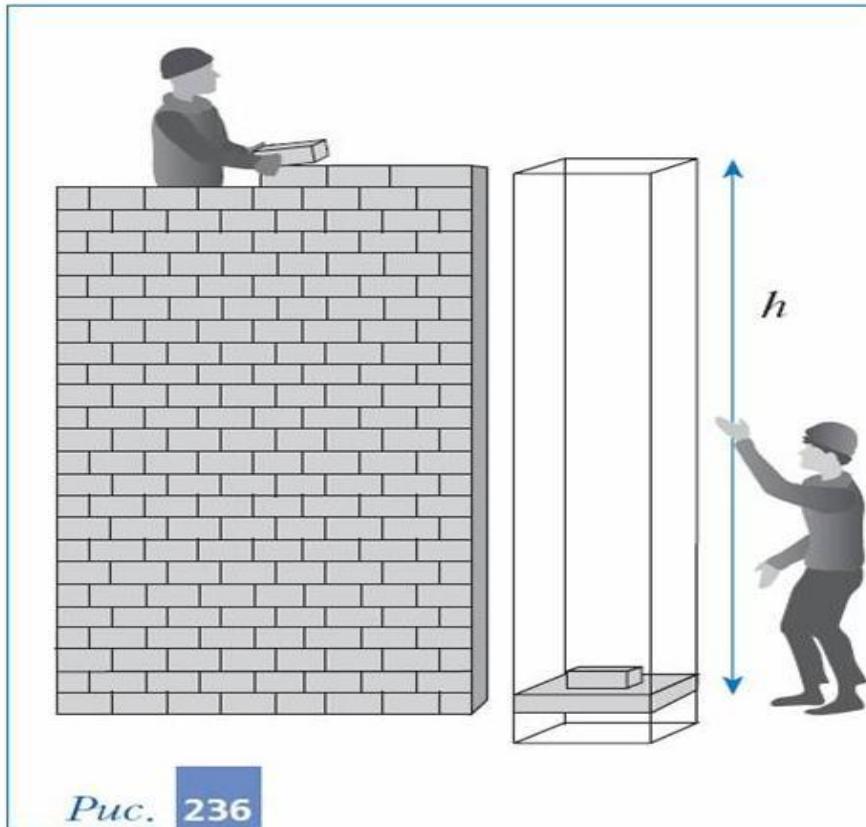


Рис. 236

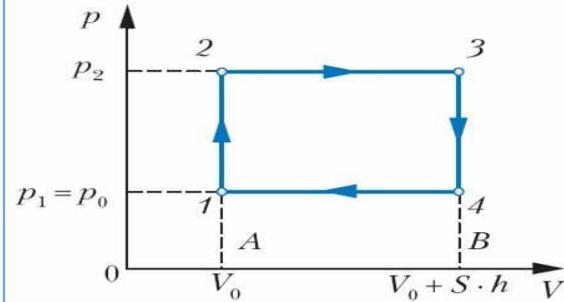
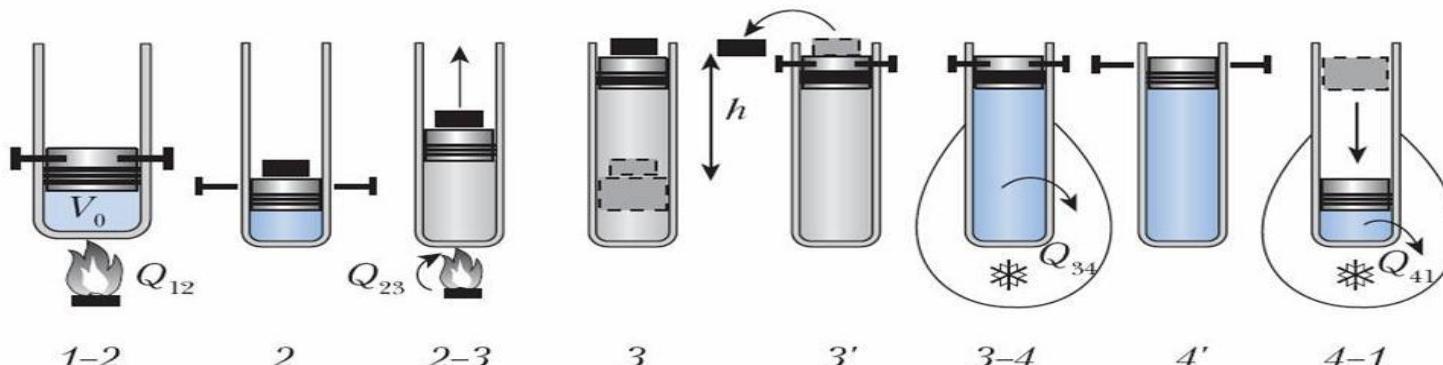


Рис. 238



# Схема решения задач о тепловых машинах

1. График  $p(V)$ . При этом используются:  
условие задачи+ ур-е Менделеева-  
Клапейрона.
2. Определяются параметры  $p$ ,  $V$ ,  $T$  в  
характерных точках. Полученные  
значения отмечаются на графике
3. Определяются знаки  $Q$  на участках  
графика (если есть возможность –  
определяются  $Q_h$  и  $Q_x$ )

5. Изменение параметров неизменного количества одноатомного идеального газа показано рис. 114. Определите работу газа, изменение его внутренней энергии и количество полученной им теплоты.

*Решение.*

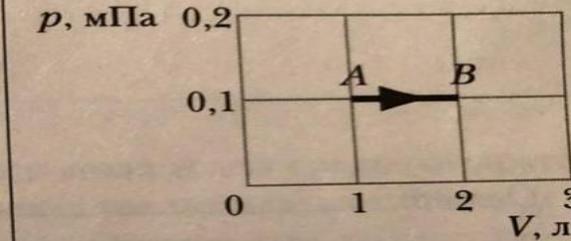


Рис. 114

7. Одноатомный идеальный газ в изобарическом процессе получил количество теплоты  $Q = 50$  Дж. Определите изменение внутренней энергии газа в этом процессе.

*Решение.*

*Ответ:* \_\_\_\_\_

8. Увеличение температуры одного моля идеального одноатомного газа при изобарическом нагревании составило  $\Delta T = 20$  К. Определите работу, совершенную газом, и полученное им количество теплоты в этом процессе.

*Решение.*

6. Определите количество теплоты, которое должен отдать один моль идеального одноатомного газа при изохорическом уменьшении его давления в 2 раза, если начальная температура газа была равна 127 °С.

*Решение.*

*Ответ:* \_\_\_\_\_

7. При изотермическом расширении один моль азота получил количество теплоты 0,3 кДж. Определите работу газа в этом процессе.

*Решение.*

11\*. Установите соответствие между изопроцессами, происходящими с 1 моль одноатомного идеального газа:

- 1 – изобарическое нагревание;
- 2 – изобарическое охлаждение;
- 3 – изохорическое нагревание;
- 4 – изохорическое охлаждение;
- 5 – изотермическое сжатие;
- 6 – изотермическое расширение;
- 7 – адиабатическое расширение;
- 8 – адиабатическое сжатие, —

и характеристиками указанных процессов:

- А) над газом совершили работу 40 Дж, и его внутренняя энергия увеличилась на 40 Дж;
- Б) газ совершил работу 50 Дж и получил количество теплоты 50 Дж;
- В) газ совершил работу 30 Дж, и его внутренняя энергия уменьшилась на 30 Дж;
- Г) температура газа уменьшилась на 20 К, и он отдал количество теплоты 249 Дж;
- Д) над газом совершили работу 60 Дж, и он отдал количество теплоты 60 Дж;
- Е) над газом совершили работу 60 Дж, а его внутренняя энергия уменьшилась на 90 Дж;
- Ж) температура газа увеличилась на 10 К, и он получил количество теплоты 124,5 Дж;
- И) газ совершил работу 30 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 45 Дж.

Заполните таблицу.

1	2	3	4	5	6	7	8

4. Определяется полезная работа А за цикл (площадь внутри цикла или по формуле  $A=Q_h-Q_x$ )
5. Используется определение КПД тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_h} = \frac{Q_h - Q_x}{Q_h}$$

# Пример решения задачи

3

Объём  $V$  и абсолютную температуру  $T$  некоторого количества идеального одноатомного газа изменяют циклически в соответствии с  $VT$ -диаграммой, показанной на рис. 234. Определите КПД этого цикла, если отношение тангенсов углов наклона прямых  $3-4$  и  $1-2$  к оси температур равно  $n$ , а отношение температур газа в состояниях  $2$  и  $4$  равно  $3n$ .

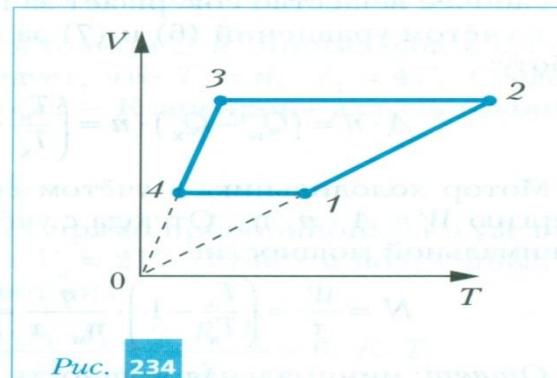


Рис. 234

# Перестраиваем цикл

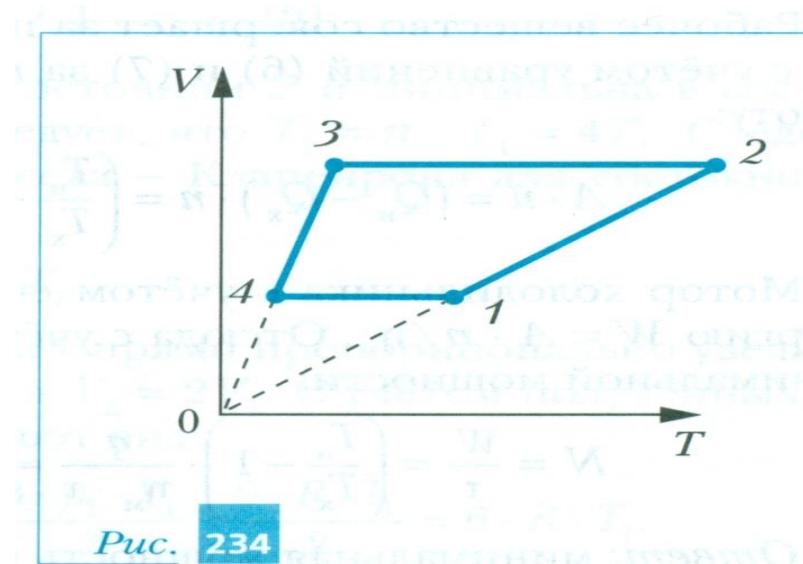


Рис. 234

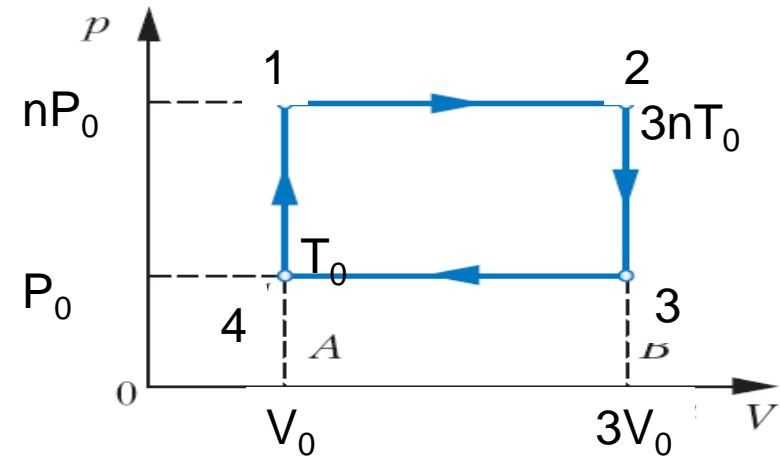


Рис. 238

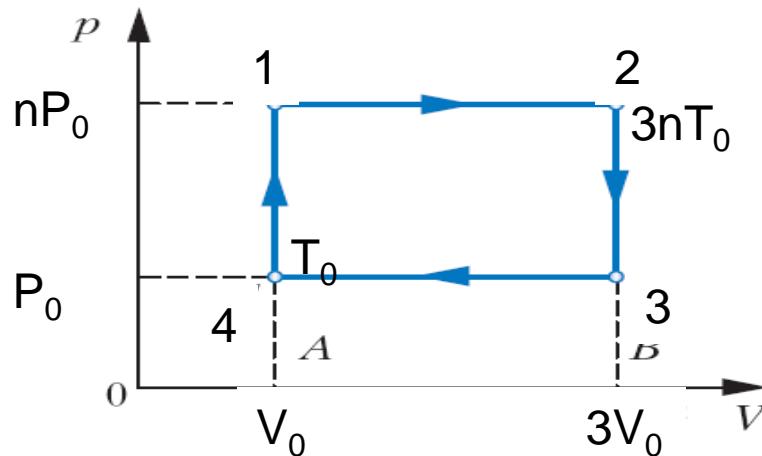


Рис. 238

$$Q_H = Q_{41} + Q_{12}$$

$$Q_x = Q_{23} + Q_{34}$$

$$A_{12341} = (nP_0 - p_0)(3V_0 - V_0) = 2(n-1)p_0V_0$$

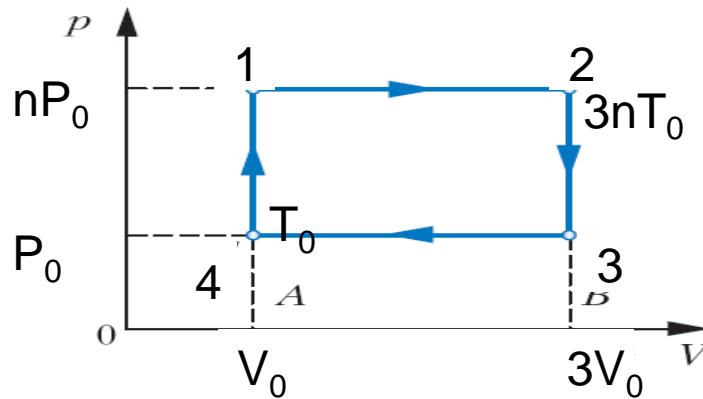


Рис. 238

$$\begin{aligned}
 Q_H &= U_2 - U_4 + A_{12} = \\
 &= \frac{3}{2} \nu R (3nT_0 - T_0) + np_0 (3V_0 - V_0) = \\
 &= \frac{3}{2} (3n - 1) p_0 V_0 + 2np_0 V_0 = \frac{13n - 3}{2} p_0 V_0 \\
 \eta &= \frac{A_{12341}}{Q_H} = \frac{4(n - 1)}{13n - 3} < 1
 \end{aligned}$$

# Вывод

Путь к успеху – логически последовательное изложение при параллельном заполнении логически структурных таблиц

Результат: осознанные систематизированные знания, т.е. наличие компетенций и освоенные (осознанные) универсальные учебные действия

# Спасибо за внимание!

Выходит в свет тетрадь для  
лабораторных работ для 11 класса



Работа с тетрадями поможет:

1. Научиться правильно планировать и проводить эксперимент (правильно проводить измерения и работать с погрешностями)
2. Научиться правильно оформлять работу
3. Научиться сопоставлять полученные экспериментально результаты с теорией
4. Научиться формулировать выводы

Особо полезными (на наш взгляд) помимо фронтальных будут домашние лабораторные работы (в тетради для 9 класса – 10 домашних работ, в тетрадях для 10 и 11 классов – по 15).

В старшей школе домашняя работа, как правило, содержит теоретическую задачу (проблему) и алгоритм ее экспериментальной проверки.

**Лабораторная работа № 2Д**

**Изучение упругих свойств сложных систем**

**Цели работы:** 1) определить экспериментально коэффициенты жёсткости (упругости) простых систем; 2) рассчитать теоретически коэффициенты жёсткости (упругости) сложных систем и проверить полученные результаты экспериментально.

**Средства измерения и материалы:** три пружинки, две из которых имеют одинаковую длину, но разный диаметр (так, чтобы одну из них можно было вставить внутрь другой), линейка с миллиметровыми делениями, грузик известной массы (например, лёгкий полистиленовый пакет с известным количеством воды), достаточно жёсткая проволока (например, из металлических канцелярских скрепок) для изготовления крючков, привёрнутых к концам шнурков (или пружинок, если у них нет крючков на концах), гвоздь, плоскогубцы.

**Внимание!** Если требуемые пружинки найти не удалось, то вместо них можно использовать три резиновых шнурка длиной 10–15 см каждый.

**Дополнительные сведения**

Повторите материал, изложенный в § 18, 19 учебника.

**Вопросы по теории**

1. Решите задачу 3 из упражнения § 18 учебника. Сравните полученные результаты с ответами, приведёнными в учебнике. Проведите их анализ. Сформулируйте вывод и запишите его.

*Решение.*

---

---

---

---

---

*Ответ:* \_\_\_\_\_

2. Решите задачу 4 из упражнения § 18 учебника. Сравните полученные результаты с ответами, приведёнными в учебнике. Проведите их анализ. Сформулируйте вывод и запишите его.

*Решение.*

---

---

---

---

---

■ 38

*Ответ:* \_\_\_\_\_

3. Решите следующие задачи.

А) Однородный резиновый шнур с коэффициентом жёсткости  $k$  разрезали пополам. Определите коэффициент жёсткости одной из половинок шнуря. Проверьте полученное выражение (см. рубрику «Ответы к задачам») и проведите его анализ.

*Решение.*

---

---

---

---

---

*Ответ:* \_\_\_\_\_

Б) Однородный резиновый шнур с коэффициентом жёсткости  $k$  сложили пополам. Определите коэффициент жёсткости полученной системы. Проверьте полученное выражение (см. рубрику «Ответы к задачам») и проведите его анализ.

*Решение.*

---

---

---

---

---

*Ответ:* \_\_\_\_\_

В)\* Выполните задание 13 к § 18 из рабочей тетради № 1 10 класса.

*Решение.*

---

---

---

---

---

■ 39

Ответ:

---



---



---

#### Порядок выполнения

**Задание 1.** Экспериментальное определение коэффициентов жёсткости (упругости) простых систем (резиновых шнурков или пружин)

- Внимание!** Если имеется набор пружинок с крючками на концах, то переходите сразу к п. 3. Если такого набора нет, то начните с п. 1.
1. От имеющихся резинок с помощью ножниц отрежьте два куска шнурка одинаковой длины (приблизительно 10–15 см).
  2. С помощью проволок изогните крючки и прикрепите их к концам всех резинок (две одинаковой длины и третьей), намотав проволоку на резинки. Следите за тем, чтобы для двух шнурков одинаковой длины расстояние  $l_0$  между ближайшими витками проволоки, намотанными на противоположные концы, было одинаковым (рис. 13). При необходимости аккуратно сожмите витки проволоки плоскогубцами для закрепления.



Рис. 13

3. Измерьте с помощью линейки расстояние  $l_0$  (длину недеформированной системы) для каждого из трёх шнурков (пружинок) и запишите её значение в табл. 13.

Таблица 13

Номер шнурка (пружинки)	$l_0$ , см	$l_1$ , см	$\Delta l$ , см	$mg$ , Н	$k_{\text{вес}}$ , Н/см
1					
2					
3					

4. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него первый шнур (пружинку) за один из крючков. На второй крючок этого шнурка (пружинки) подвесьте груз известной массы.

**Внимание!** Деформация шнурка не должна превышать 50% его длины. В противном случае используйте груз меньшей массы.

40

**Задание 2.** Экспериментальное определение коэффициента жёсткости (упругости) сложной системы, состоящей из двух параллельно соединённых резиновых шнуров (пружин) одинаковой длины

1. Если вы работаете с пружинами, то возьмите две пружины одинаковой длины, но разного диаметра. Вставьте одну из них в другую. Если вы работаете с резиновыми шнурами, то сложите два шнуря одинаковой длины вместе. Выполните п. 2 из задания 1.
2. Измерьте с помощью линейки расстояние  $l_1$  (длину недеформированной системы) для полученной системы. Запишите полученное значение в табл. 14.
3. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него параллельно соединённые шнурья (пружинки) за их крючки. На крючки с противоположной стороны подвесьте груз известной массы.
4. Измерьте с помощью линейки длину  $l_1$  деформированной системы. Запишите измеренное значение в табл. 14.

Таблица 14

$l_0$ , см	$l_1$ , см	$\Delta l$ , см	$mg$ , Н	$k_{\text{вес}}$ , Н/см	$k_{\text{сов}}$ , Н/см

5. Рассчитайте деформацию растяжения  $\Delta l$  системы. Запишите полученное значение в табл. 14.

6. Рассчитайте значение модуля силы тяжести, действующей на подвешенный груз. Запишите полученное значение в табл. 14.

7. Вычислите значение коэффициента жёсткости (упругости)  $k_{\text{сов}}$  исследуемой системы. Запишите рассчитанное значение в табл. 14.

42

8. Используя результаты задания 1 и решенной вами задачи из п. 2 рубрики «Вопросы по теории», рассчитайте теоретическое значение коэффициента жёсткости (упругости)  $k_{\text{теор}}$  исследуемой вами системы. Запишите полученное значение в табл. 14.

9. Сравните теоретическое и экспериментальное значения коэффициента жёсткости (упругости) исследуемой вами системы. Сформулируйте вывод и запишите его.

- 10\*. Оцените погрешности полученных значений  $k_{\text{исп}}$  и  $k_{\text{теор}}$ . Представьте результаты на одной координатной оси с указанием доверительных интервалов. Сформулируйте вывод и запишите его.

**Задание 3. Экспериментальное определение коэффициента жёсткости (упругости) сложной системы, состоящей из двух последовательно соединённых резиновых шнурков (пружин)**

1. Возьмите два шнурка (две пружины) разной длины и соедините их последовательно.
2. Измерьте с помощью линейки расстояние  $l_0$  (длину недеформированной системы) для полученной системы. Запишите значение длины  $l_0$  недеформированной системы в табл. 15.
3. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него за свободный крючок одного из шнурков (одной из пружин) последовательно соединённые шнурки (пружины). На свободный крючок второго шнурка (второй пружины) с противоположной стороны подвесьте груз известной массы.

43 ■

 Для дополнительного изучения

**Задание 4. Экспериментальное определение коэффициентов жёсткости (упругости) сложных систем**

**Вариант 1**

1. Используя один из шнурков с крючками на концах (один из пружинок), спланируйте и проведите эксперимент, аналогичный описанному в задании Б) п. 4 (рубрика «Вопросы по теории»).

2. Сравните полученный экспериментально результат с результатом, полученным при решении задачи из задания Б) п. 3 (рубрика «Вопросы по теории»).

3. Представьте полученные результаты на одной координатной оси с указанием доверительных интервалов. Сформулируйте вывод и запишите его.

45 ■

## *Лабораторная работа № 8Д*

### **Определение плотности веществ с использованием законов гидростатики**

*Цель работы:* научиться использовать законы гидростатики, определить плотности разных веществ

#### **Теоретическое введение**

Повторите содержание §39 учебника.

Ответьте на вопросы:

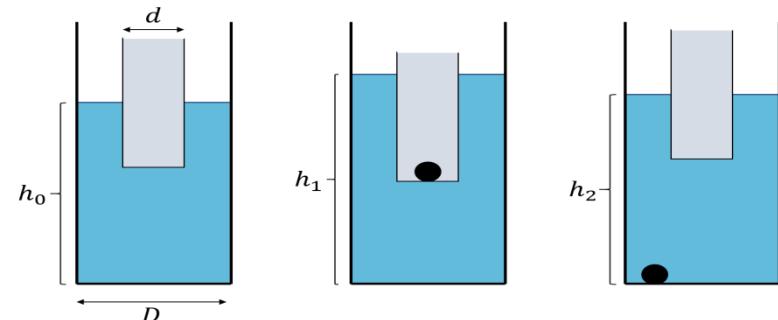
Что называют плотностью вещества?

Сформулируйте закон Архимеда.

Сформулируйте условие плавания тела на поверхности жидкости.

Решите задачу

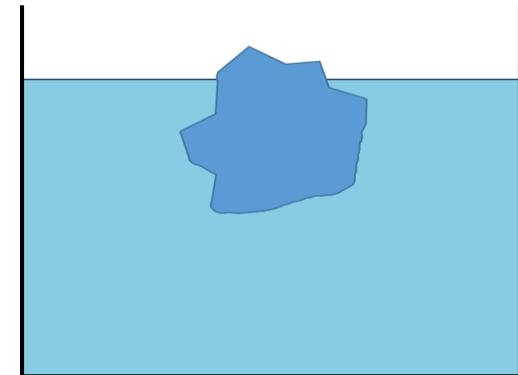
Десятиклассник Антон проводил эксперименты по изучению условия плавания тел. В экспериментах он использовал прозрачную цилиндрическую пластиковую двухлитровую бутылку с отрезанным верхом, пустую цилиндрическую консервную банку. Наполнив пластиковую бутылку водой примерно наполовину, он опустил в воду консервную банку так, чтобы она свободно плавала, и измерил уровень воды  $h_0$  с помощью линейки с миллиметровыми делениями (рис. 12а). После этого с помощью пинцета он поместил в консервную банку груз из однородного материала такой, что банка с грузом продолжала плавать (рис. 12б). В результате уровень воды изменился. Антон измерил этот уровень  $h_1$  и записал его значение. Вынимая груз из консервной банки, Антон уронил его в воду. В результате груз утонул, а уровень воды вновь изменился и стал равен  $h_2$ . Антон выдвинул гипотезу, что знание значений уровней  $h_0$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ , диаметров пластиковой бутылки и консервной банки, а также плотности воды позволит ему рассчитать плотность материала, из которого изготовлен утонувший груз. Помогите Антону вывести формулу для расчета искомой плотности. Сравните полученный результат с ответом на стр. и проведите его анализ.



## Вариант 2.

Решите задачу

Десятиклассники Алексей, Владимир и Николай проводили эксперимент по таянию льда в воде. Они наполнили кастрюлю водой наполовину и положили в нее кусок льда (см. рис.). После этого среди школьников завязалась дискуссия. Алексей выдвинул гипотезу, что после того, как лед растает, уровень воды в кастрюле повысится. Владимир предположил, что уровень воды должен понизится, а Николай не согласился с одноклассниками. Он утверждал, что уровень воды в кастрюле не изменится. Разрешите спор школьников, решив задачу теоретически.



# Спасибо за внимание!