

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 и как связаны между собой 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 (проекция 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

Грамотный (осознанный) разговор о механическом движении невозможен без введения системы отсчета!!!

Цивилизация началась с введения СО.

Пространственное мышление (планы, карты и т.п.)

Решение задач кинематики: введение СО, запись закона движения, условия задачи в виде уравнений, решение системы, анализ ответа в общем виде

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., директор 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 апробаторов, 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, Δt – время их действия.

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex} + \dots + \vec{F}_{Nex}) \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex} + \dots + \vec{F}_{Nex}$ – 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).

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

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	$m \cdot \vec{g}$	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	Силе тяжести тела	Вертикально вверх	Уравнивает силу тяжести, прижимающую тело к опоре
Вес тела, лежащего на опоре	\vec{P}	На опору	Тело, лежащее на опоре	Силе реакции опоры	Вертикально вниз	Деформирует опору
Вес тела, висющего на подвесе	\vec{P}	На подвес	Висящее тело	Силе 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 апробаторов

- 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**

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Все процессы в этих разделах рассматриваются в ИСО, в которой центр масс термодинамической системы покоится.

Все вещества состоят из частиц. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом движении. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot v^2$$

Физический смысл температуры

$$\frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

$$k = \frac{R}{N_A} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N \cdot \frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

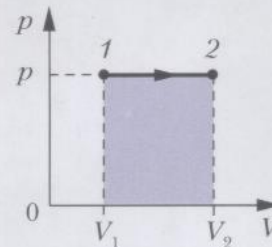
$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}$$

Изолированная термодинамическая система самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия. (Нулевой закон термодинамики)

Уравнение состояния вещества
Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$U_0 + A + Q = U_k$
(Первый закон термодинамики)



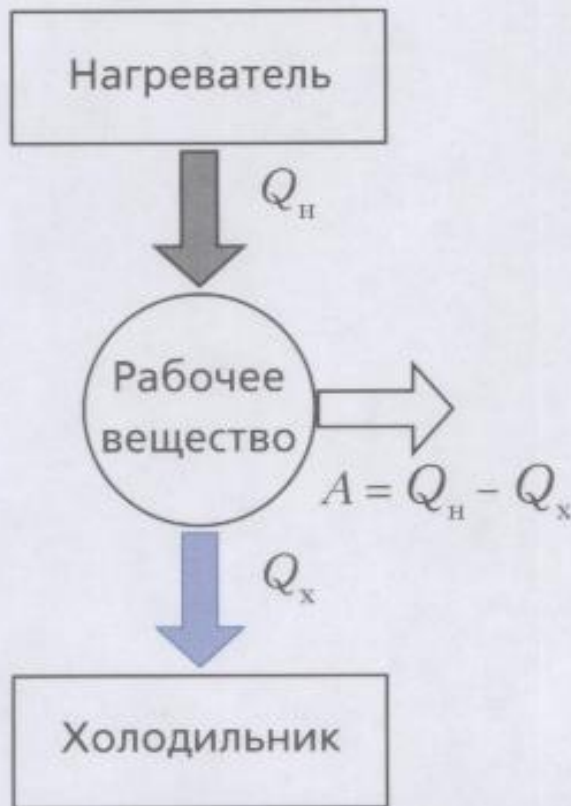
$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

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

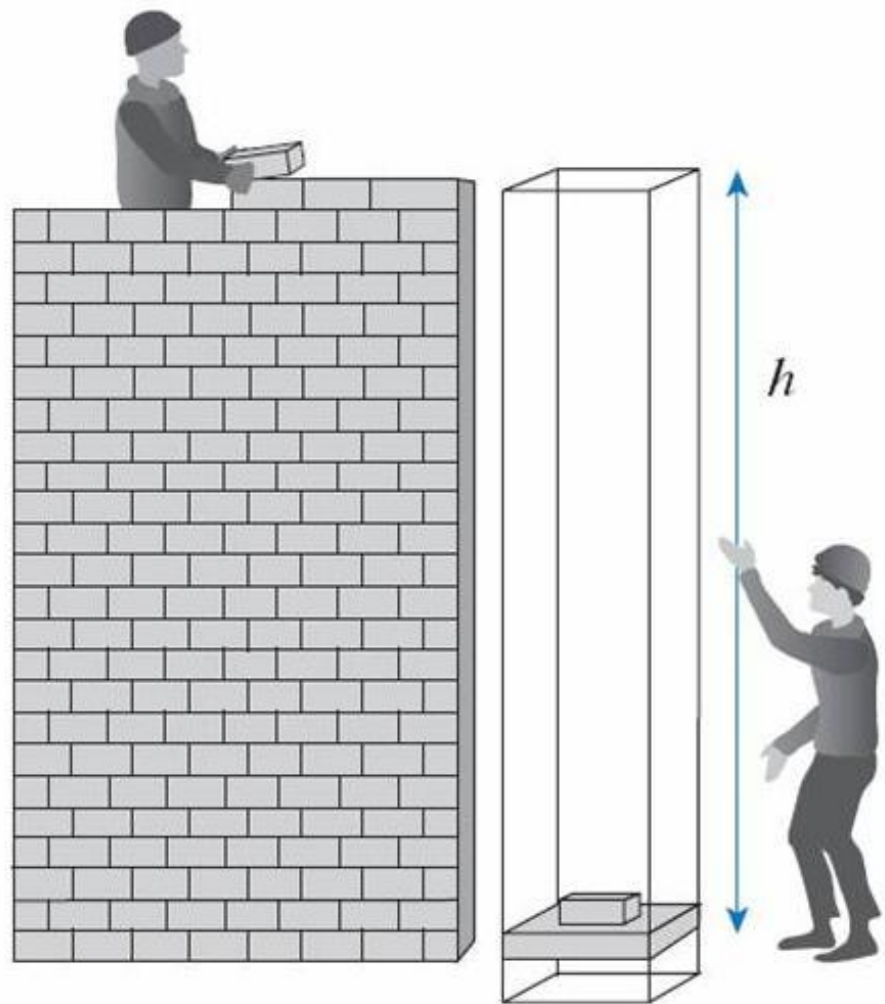
Циклический тепловой
двигатель



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

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



Puc. 236

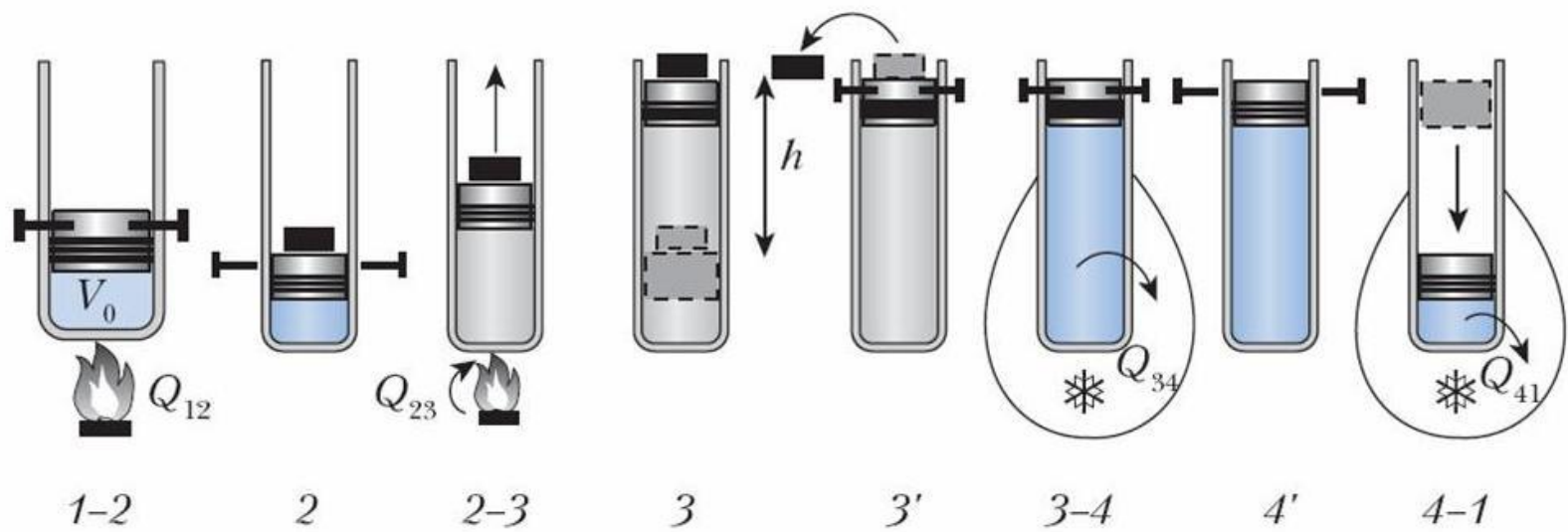
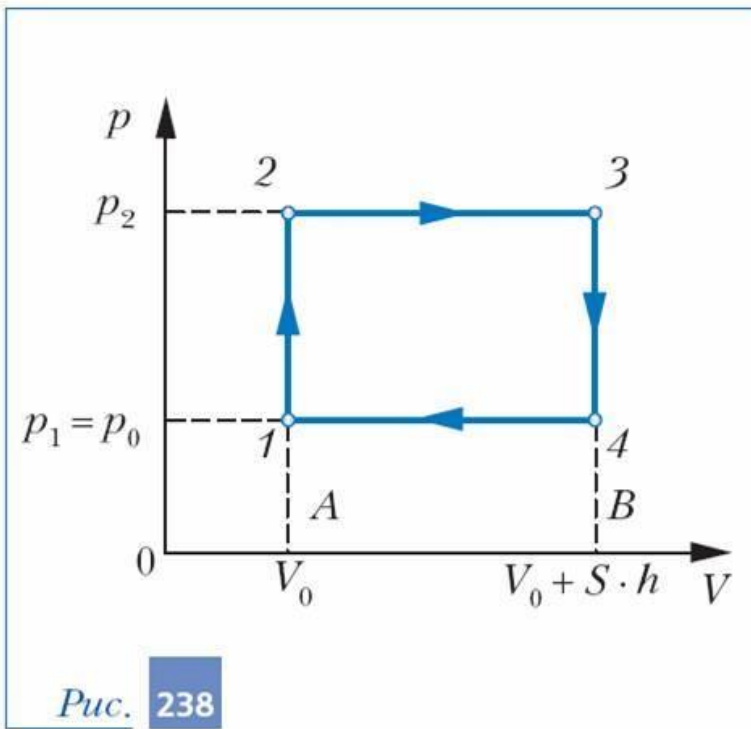


Схема решения задач о тепловых машинах

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.

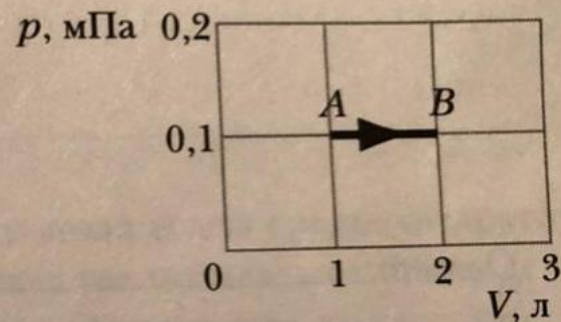


Рис. 114

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, совершённую 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 $127\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Решение.

Ответ: _____

7. При изотермическом расширении один моль азота получил количество теплоты $0,3\text{ кДж}$. 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

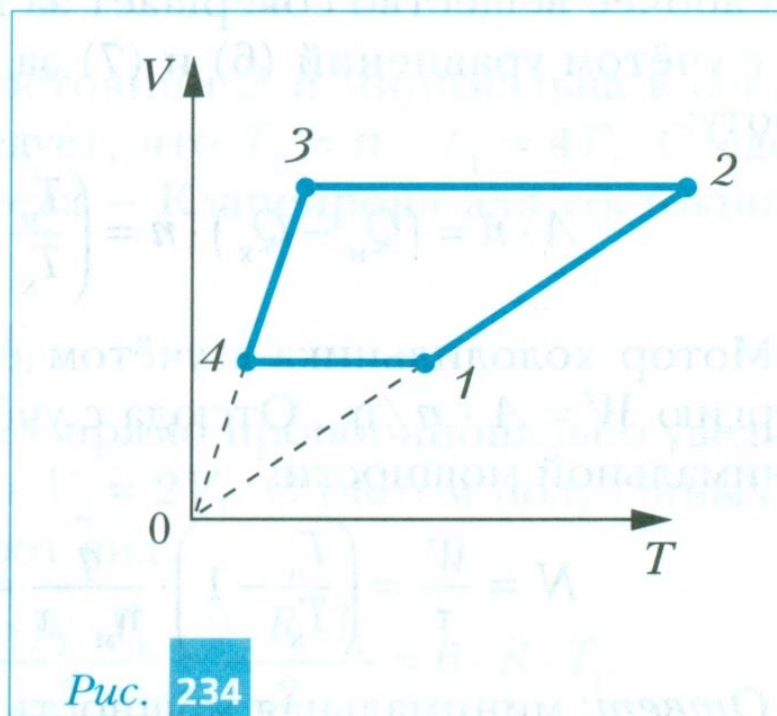
4. Определяется полезная работа A за цикл (площадь внутри цикла или по формуле $A=Q_H-Q_X$)

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 $3n$.



Перестраиваем цикл

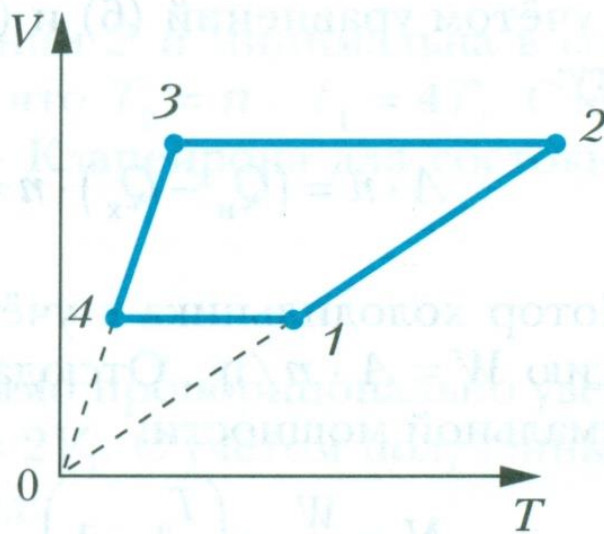


Рис. 234

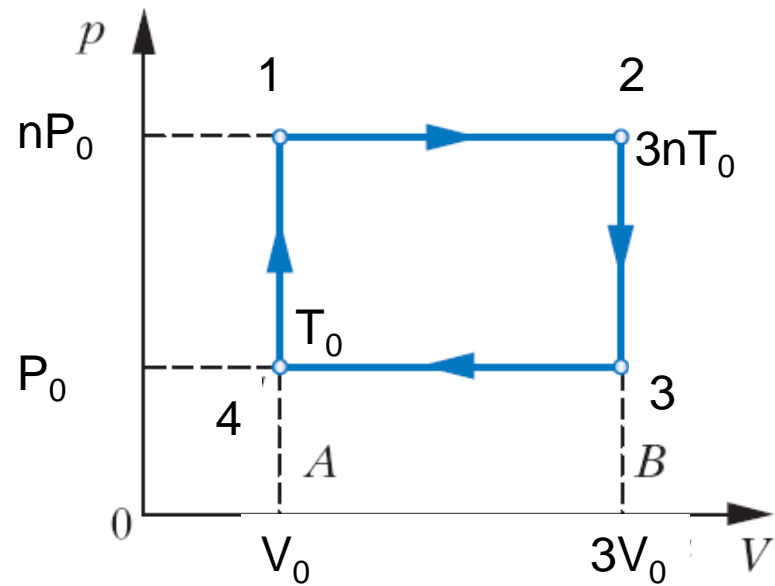
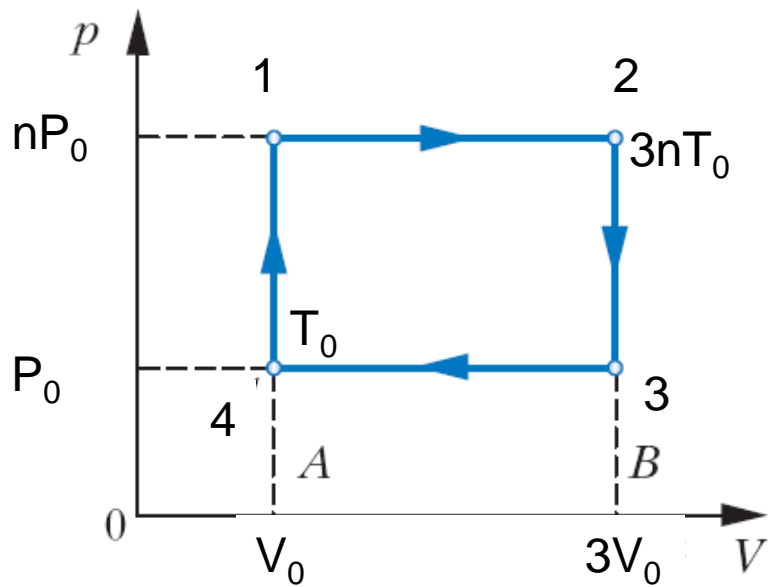


Рис. 238

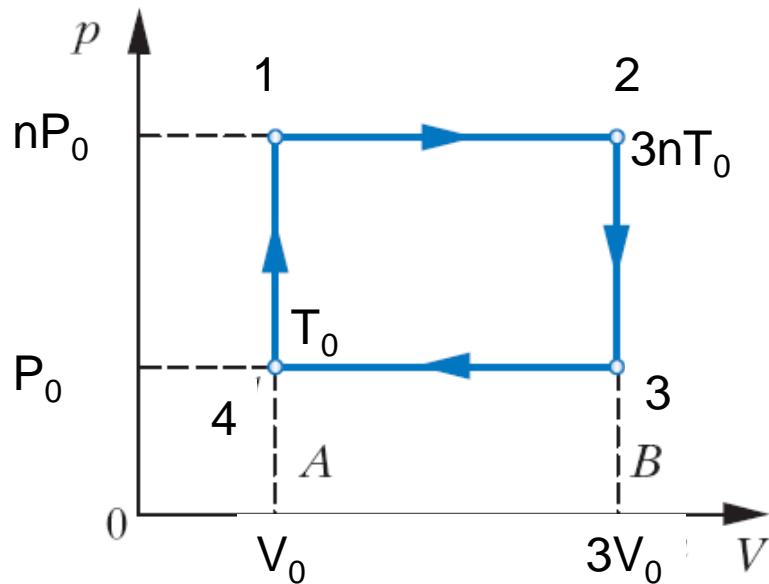


Puc. 238

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

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

$$A_{12341} = (np_0 - p_0)(3V_0 - V_0) = 2(n-1)p_0V_0$$



$$Q_H = U_2 - U_4 + A_{12} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R(3nT_0 - T_0) + np_0(3V_0 - V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} (3n - 1) p_0 V_0 + 2np_0 V_0 = \frac{13n - 3}{2} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{12341}}{Q_H} = \frac{4(n - 1)}{13n - 3} < 1$$

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 полиэтиленовый пакет с известным количеством воды), достаточно жёсткая проволока (например, из металлических канцелярских скрепок) для изготовления крючков, прикрепляемых к концам шнуров (или пружинков, если у них нет крючков на концах), гвоздь, плоскогубцы.

Внимание! Если требуемые пружинки найти не удалось, то вместо них можно использовать три резиновых шнура 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.

Ответ: _____

3. Решите следующие задачи.

А) Однородный резиновый шнур с коэффициентом жёсткости k разрезали пополам. Определите коэффициент жёсткости одной из половинок шнура. 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.

Ответ: _____

Порядок выполнения

Задание 1. Экспериментальное определение коэффициентов жёсткости (упругости) простых систем (резиновых шнуров 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 шнура одинаковой длины (приблизительно 10–15 см).
2. С помощью проволок изготовьте крючки и прикрепите их к концам всех резинок (двух одинаковой длины и третьей), намотав проволоку на резинки. Следите за тем, чтобы для двух шнуров 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 шнуров (пружинок) и запишите её значение в табл. 13.

Таблица 13

Номер шнура (пружинки)	l_0 , см	l_1 , см	Δl , см	mg , Н	$k_{\text{сист}}$, 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 шнура (пружинки) подвесьте груз известной массы.

Внимание! Деформация шнура 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 шнура одинаковой длины вместе. Выполните п. 2 из задания 1.
2. Измерьте с помощью линейки расстояние l_0 (длину недеформированной системы) для полученной системы. Запишите полученное значение в табл. 14.
3. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него параллельно соединённые шнуры (пружины) 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	Δl , см	mg , Н	$k_{\text{сист}}$, Н/см	$k_{\text{теор}}$, Н/см

5. Рассчитайте деформацию растяжения Δl 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) $k_{\text{сист}}$ 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 $k_{\text{теор}}$ и $k_{\text{эксп}}$. 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 шнуров (пружин)

1. Возьмите два шнура (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 шнуров (одной из пружин) последовательно соединённые шнуры (пружины). На свободный крючок второго шнура (второй пружины) с противоположной стороны подвесьте груз известной массы.

 Для дополнительного изучения

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

Вариант 1

1. Используя один из шнуров с крючками на концах (одну 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.

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:

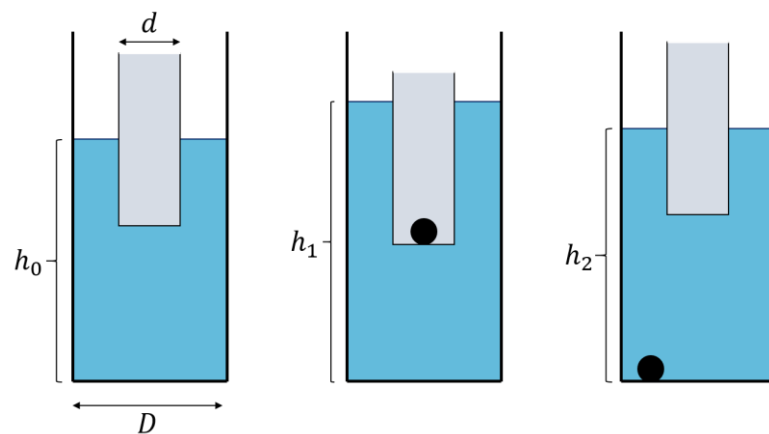
Что называют плотностью вещества?

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.

