

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 (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

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 апробаторов, эффективность последовательного освоения каждого из разделов возрастает при параллельном изучении итоговых схем

# ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

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

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.

Импульс системы материальных точек:

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

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).

# 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 деформирующееся 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	Уравновешивает 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, висящего 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.

# 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

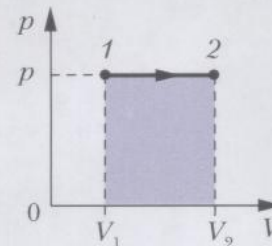
$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}$$

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)



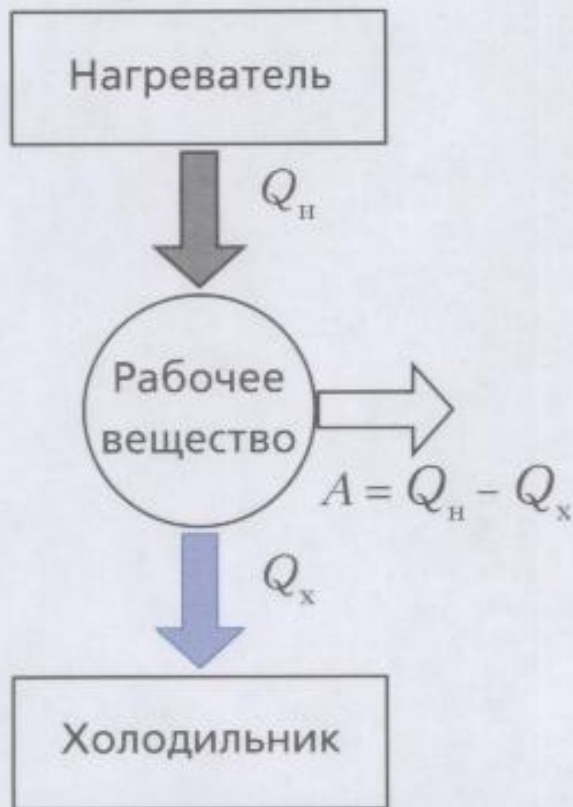
$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

# 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

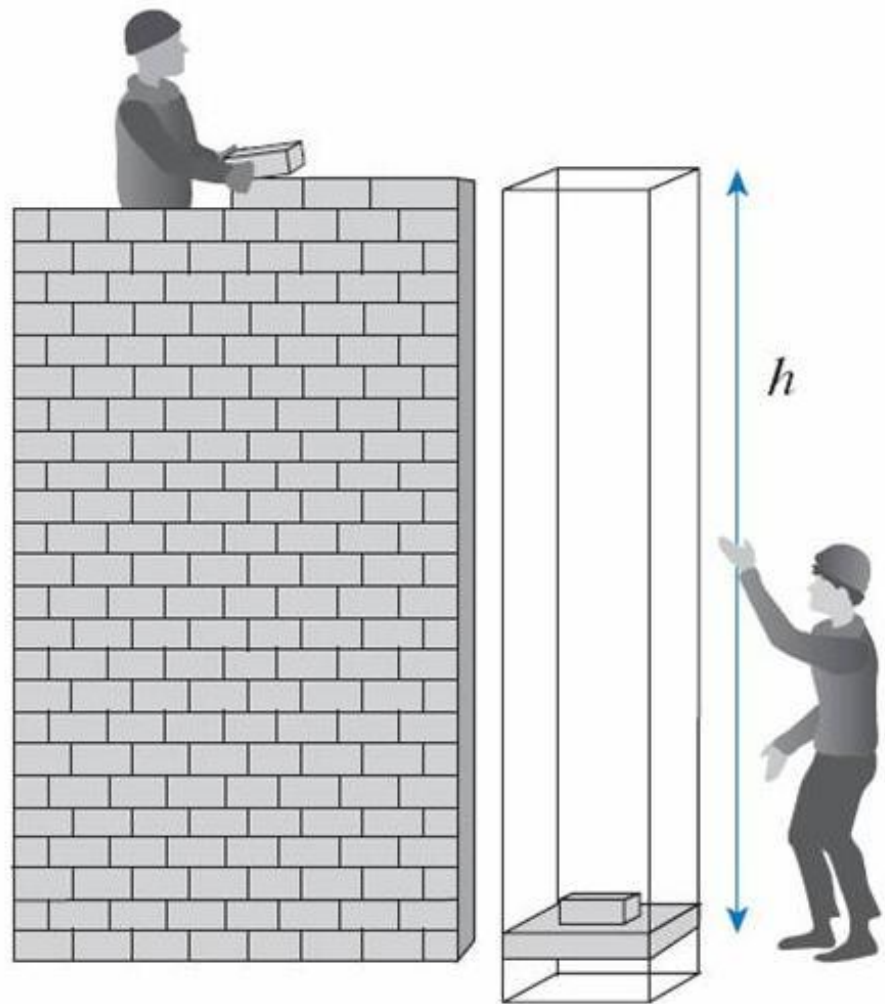
Циклический тепловой  
двигатель



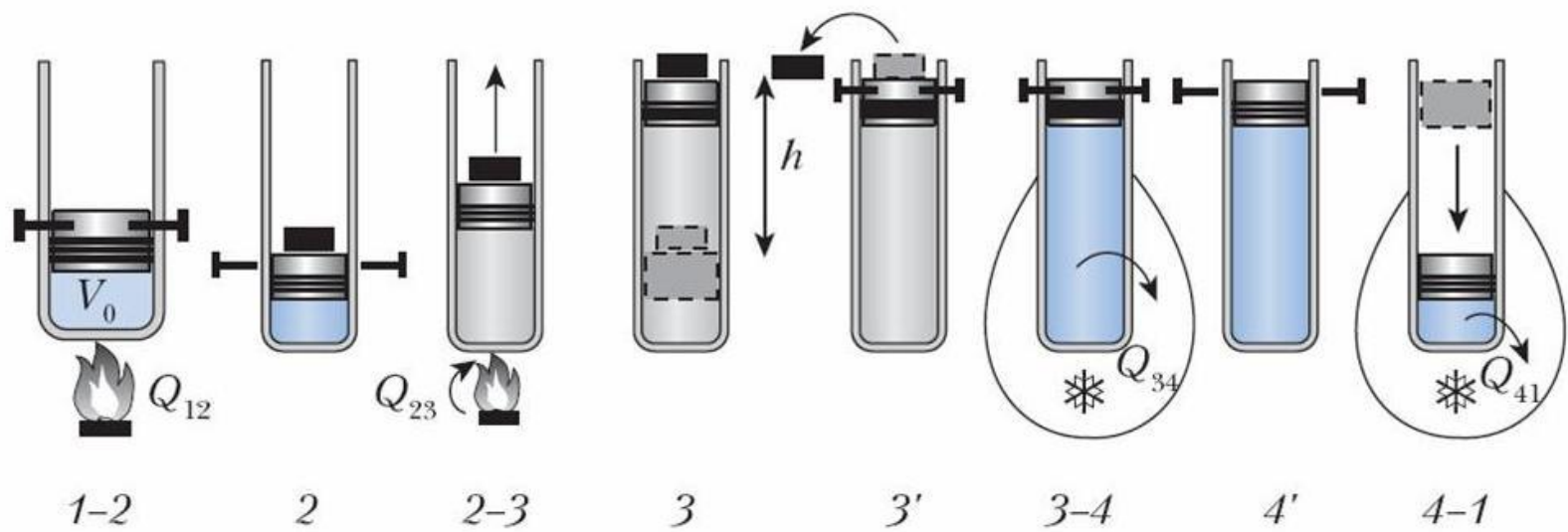
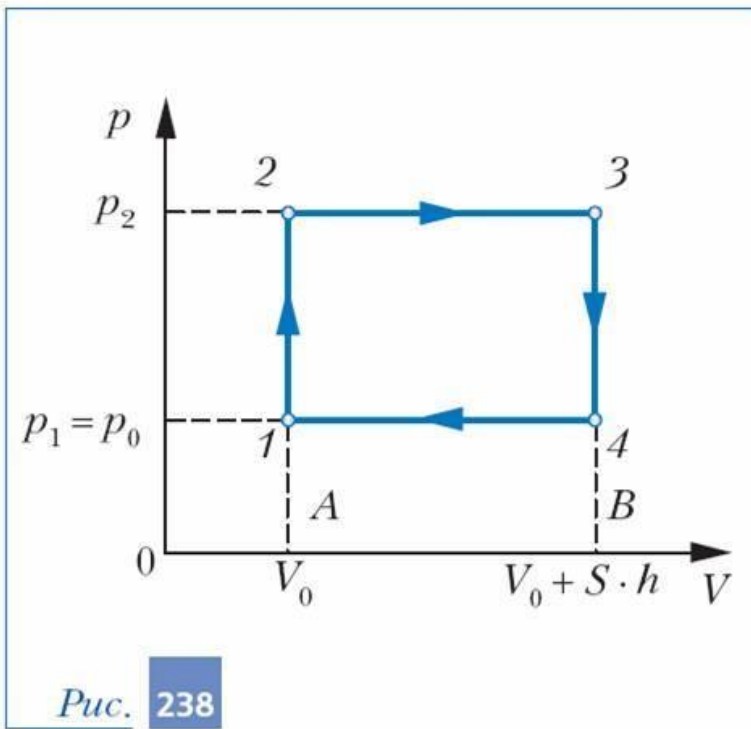
Для работы циклического теплового двигателя необходимо:

- 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  $Q_X$ )



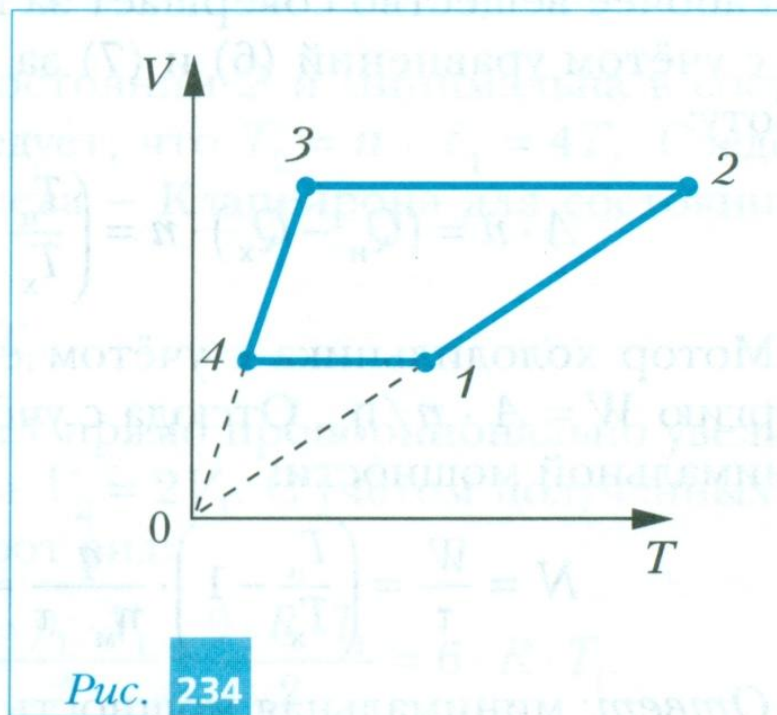
4. Определяется полезная работа  $A$  за цикл (площадь внутри цикла или по формуле  $A=Q_H-Q_X$ )

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

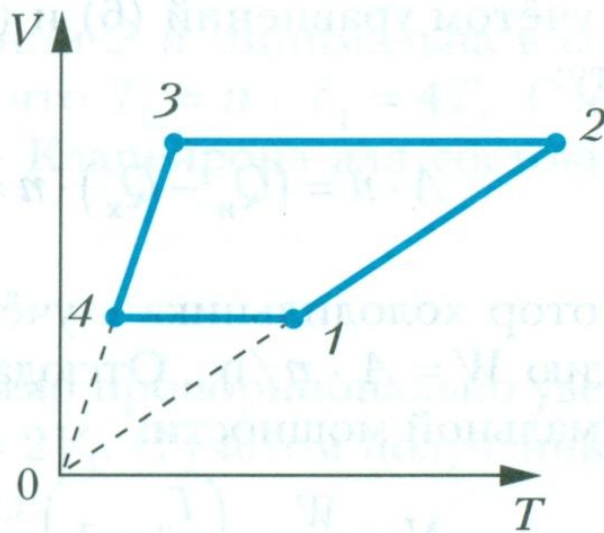


Рис. 234

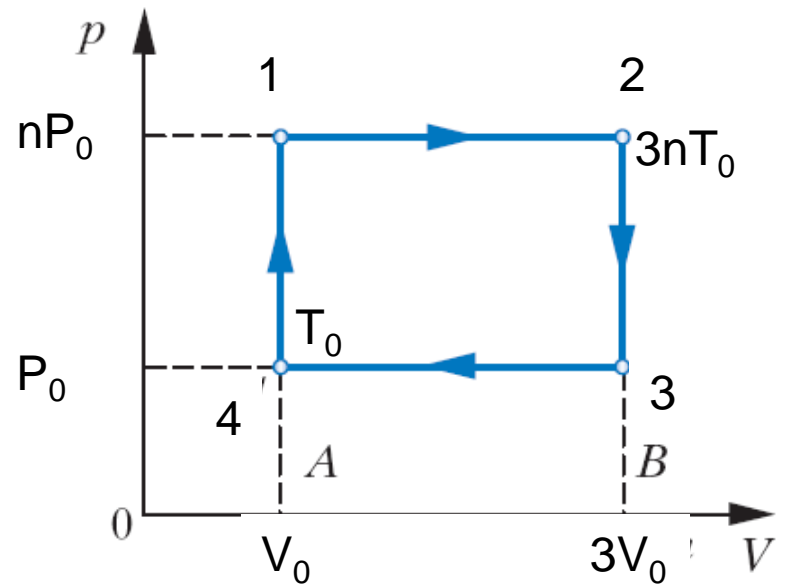
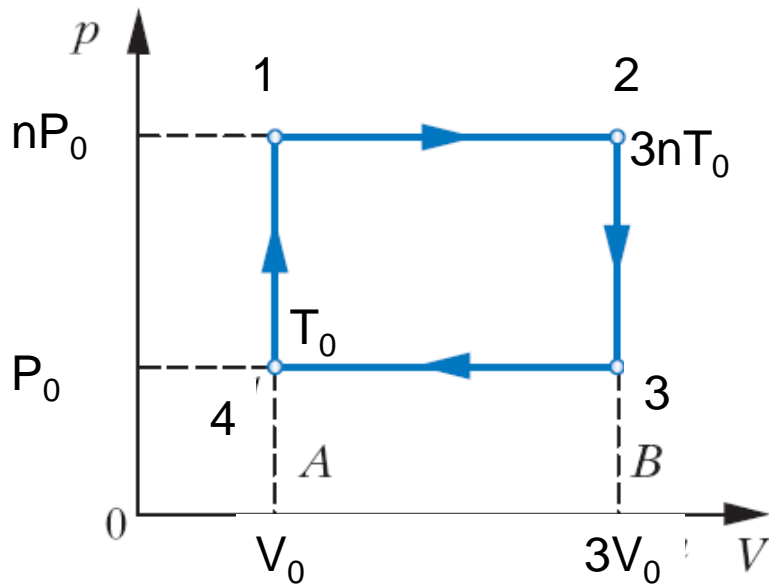


Рис. 238

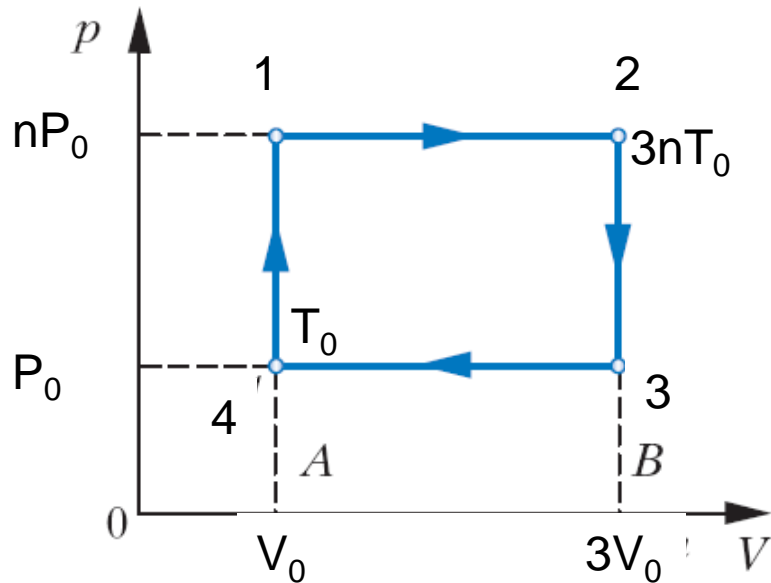


*Puc.* 238

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

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

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



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

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

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

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

# 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!**