

Методика формирования системных знаний в процессе изучения курса физики в школе (на примере термодинамики). Способы обобщения и систематизации знаний.

Фундаментальную физическую теорию можно представить в виде трех взаимосвязанных компонентов: эмпирическое основание, теоретическое ядро и дедуктивные следствия.

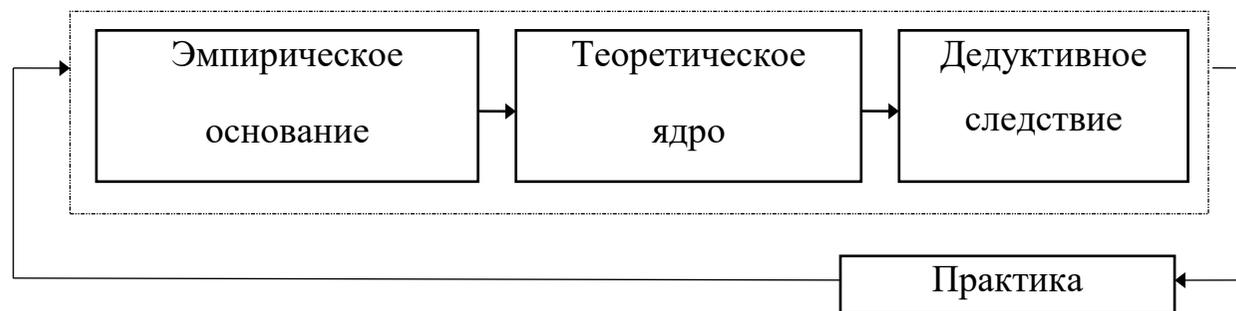


Рис. 1. Содержательная структура фундаментальной физической теории.

Остановимся на элементах содержательной структуры термодинамики:

1) эмпирическое основание термодинамики – это *эмпирические научные факты*, которые строятся методом индуктивного обобщения экспериментальных данных. Примерами эмпирических законов термодинамики являются эмпирические газовые законы, эмпирический закон Дюлонга и Пти, эмпирические обобщения Ю. Майера, эмпирические обобщения Джоуля и т.п. Эмпирические модели реальных тел и условий эксперимента носят оценочный характер. Пример: идеальным газом назовем газ, который практически (в пределах погрешности измерений) подчиняется газовым законам. Другой пример: экспериментальная оценка достижения практически равновесного состояния в процессе достаточно длительного термостатирования измеряемой термодинамической системы. Эмпирические законы в логическом плане являются эмпирическими гипотезами, т.к. получены из обобщения конечного числа экспериментов. Логически ниоткуда не

следует, что в еще не проведенных экспериментах полученный ранее эмпирический закон (индуктивное обобщение) будет выполняться;

2) теоретическое ядро, которое формируется концептуальным содержательным обобщением эмпирики. Ядро физической теории состоит из основных (фундаментальных) законов теории. *Фундаментальные законы теории*, оперируя сугубо теоретическими объектами, описывают внутренние эмпирически ненаблюдаемые отношения и причинно–следственные связи в реальных физических системах. Ядро реализует предсказательную и объяснительную функции теории в рамках ее применимости.

К фундаментальным законам равновесной термодинамики относятся четыре ее начала (нулевое, первое, второе и третье). Исходным понятием равновесной термодинамики является понятие *равновесного состояния* термодинамической системы и квазиравновесных процессов. Постулируется, что термодинамическая система, предоставленная самой себе, наделена свойством приходит в равновесное состояние (нулевое начало термодинамики). Нулевое начало термодинамики вводит в структуру теории функцию равновесного состояния – температуру T : равенство температур во всех точках физической системы есть условие термодинамического равновесия. В частности, если две системы находятся в равновесии, то одну из них можно рассматривать в качестве прибора – термометра. Первое начало вводит в структуру теории функцию состояния – внутреннюю энергию U . Для характеристики процессов в структуру теории вводятся функции процесса – работа δA и теплота δQ , являющиеся двумя способами обмена энергией между термодинамическими системами. Второе начало вводит в структуру теории функцию состояния – энтропию S , третье начало (теорема Нернста) не вводит никакой функции состояния, но осуществляет численную определенность (соответственно, практическую значимость) всех функций состояния;

3) развертывание теории – теоретическое описание конкретных термодинамических систем, осуществляемое дедуктивным методом, формирующим следствие ядра термодинамики. Примером дедуктивного следствия ядра термодинамики является такая техническая наука как теплотехника. Заметим, что следствие термодинамики оперирует уже конкретизированными теоретическими моделями, учитывающими свойства конкретных термодинамических систем. Эти новые модели, включаемые в структуру теории, учитывают специфику описываемой конкретной термодинамической системы. Разумеется, такая конкретизация осуществляется с опорой на эксперимент. Например, при изучении двигателей внутреннего сгорания конкретизируется свойство рабочего тела: состав топлива, необходимое количество воздуха (например, в молях) для создания эффективной топливной смеси, удельную теплоту сгорания и другие необходимые параметры. Содержательную структуру равновесной термодинамики и логические связи элементов теории можно представить схемой (рис. 2).

В аспекте реализации идеи системного подхода при изучении физических теорий (с опорой на обобщающие уроки по механике и МКТ) можно провести аналогию: в соответствии с двумя способами научного познания – эмпирическим и теоретическим – содержательная структура термодинамики такая же, что и содержательная структура классической механики (в структуру термодинамики тоже входят эмпирическое основание, теоретической ядро и дедуктивное следствие). Для наглядности вниманию обучающихся представляется **граф логической структуры термодинамики** как фундаментальной физической теории (рис. 3). Заполнение графа может быть реализовано самими учителем, учителем вместе с обучающимися, или же как самостоятельная работа обучающихся по повторению и систематизации знаний, полученных ранее на лекционных, семинарских, практических, лабораторных занятиях, при подготовке проектов и сообщений, при написании рефератов.



Рис. 2. Содержательная структура термодинамики.

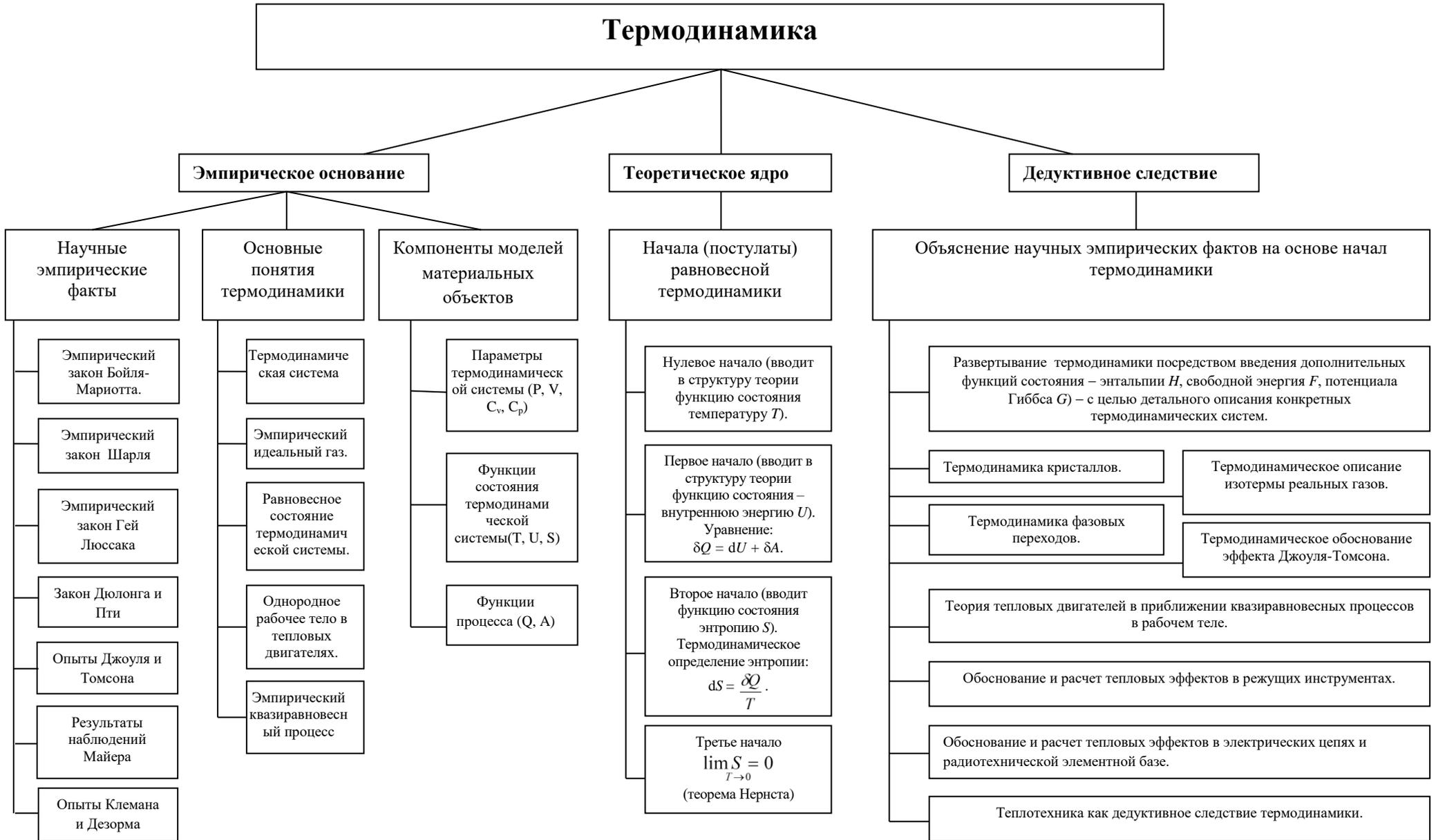


Рис.3 Граф логической структуры термодинамики.

Содержательный граф логической структуры термодинамики на начальном этапе ее изучения иллюстрирует полную обобщающую картину, на основе которой можно разработать методологию учебного познания термодинамики как фундаментальной физической теории (рис.4). Методология как учение об организации деятельности раскрывает внутреннюю упорядоченность, согласованность взаимодействия отдельных частей целого: совокупность процессов или действий, ведущих к образованию взаимосвязи между частями целого, а также объединение участников образовательного процесса, реализующих совместную программу этих взаимодействий.

Такой способ обобщения и систематизации знаний может помочь и в подготовке к ЕГЭ в условиях дефицита времени, если подобные графы логической структуры составить по всем разделам курса физики основной школы. В содержание дедуктивных следствий термодинамики, кроме всего прочего, входят и методы решения олимпиадных задач, и стандартных задач повышенного уровня сложности (приложение 1).

Данная методика формирования системных знаний в процессе изучения курса физики в школе может являться основой для формирования глубоких системных знаний при изучении курса физики в вузе и спецдисциплин естественнонаучного, инженерного или технического направлений.

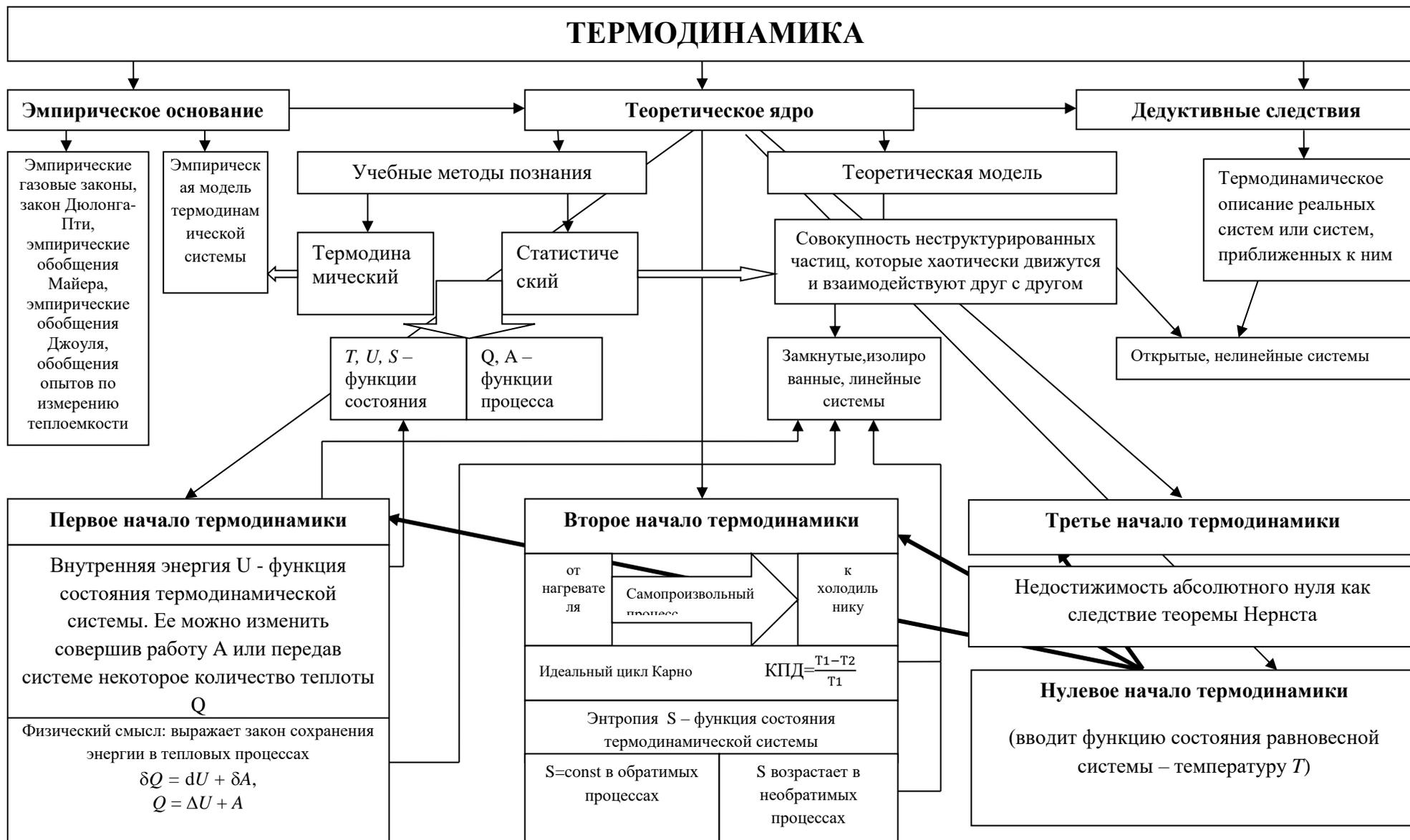


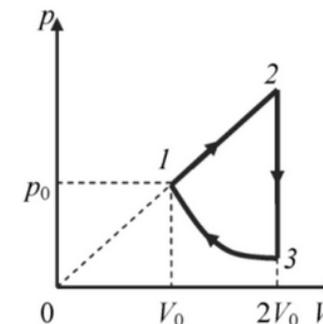
Рис.4. Обобщающая схема изучения термодинамики.

Приложение 1.

1. Моль одноатомного идеального газа совершает замкнутый цикл, состоящий из трех процессов: адиабатического расширения, изотермического сжатия и изохорического нагревания. Какая работа была совершена газом в адиабатическом процессе, если в процессе изохорического нагревания газу подвели $Q = 10$ кДж тепла?

2. Моль идеального одноатомного газа совершает цикл, состоящий из трех процессов: адиабатического расширения, изобарического расширения и изотермического сжатия. На какую величину изменится температура в изобарическом процессе, если в процессе адиабатического расширения газ совершил работу $A = 2500$ Дж.

3. Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1-2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3-1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику $|Q_{\text{хол}}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу внешних сил на адиабате.



4. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

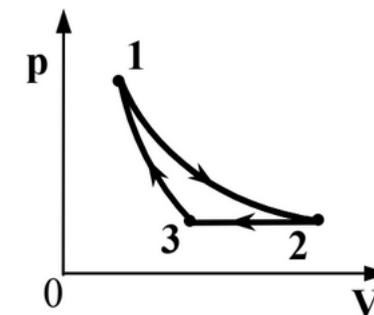
Задачи для самостоятельного решения.

1. Моль идеального одноатомного газа совершает цикл, состоящий из трех процессов: адиабатического расширения, изобарического расширения и изотермического сжатия. Найдите количество теплоты в изобарическом процессе, если в процессе адиабатического расширения газ совершил работу $A = 2500$ Дж.

	Q	ΔU	A
1-2			
2-3			
3-1			
Σ		0	

$$Q_{23} = 4167 \text{ Дж}$$

2. Один моль одноатомного идеального газа совершает цикл, изображенный на pV -диаграмме (см.рисунок). Участок 1–2 — изотерма, 2–3 — изобара, 3–1 — адиабата. Работа, совершаемая газом за цикл, равна A . Разность температур в состояниях 1 и 3 составляет ΔT . Какую работу совершает газ при изотермическом процессе?



	Q	ΔU	A
1-2			
2-3			
3-1			
Σ		0	

$$A_{12} = A + \frac{2}{5} \nu R \Delta T$$