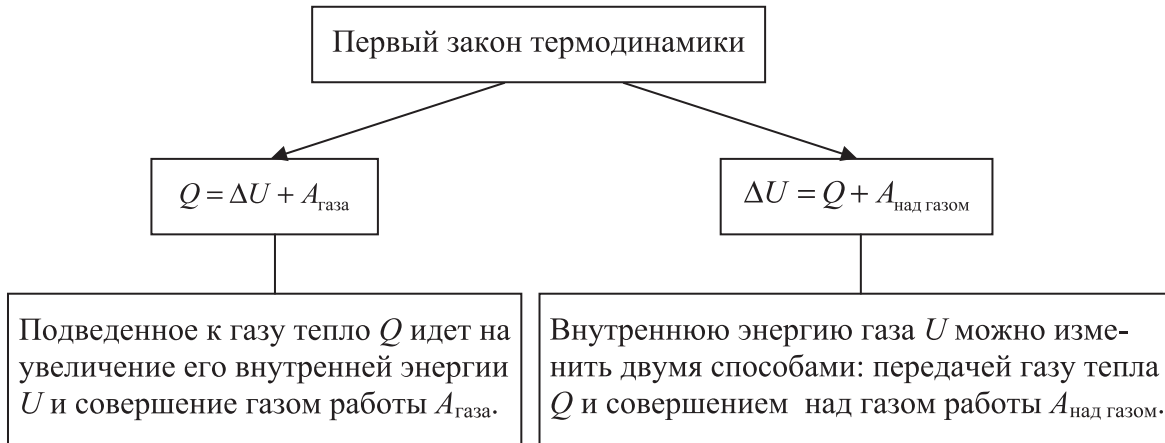


## §30. Можно ли все тепло превратить в работу

Группа **Гены** вспомнила, что мы изучали первый закон термодинамики, который представляет собой закон сохранения энергии для тепловых процессов. Этот закон обычно записывается и формулируется двумя способами:

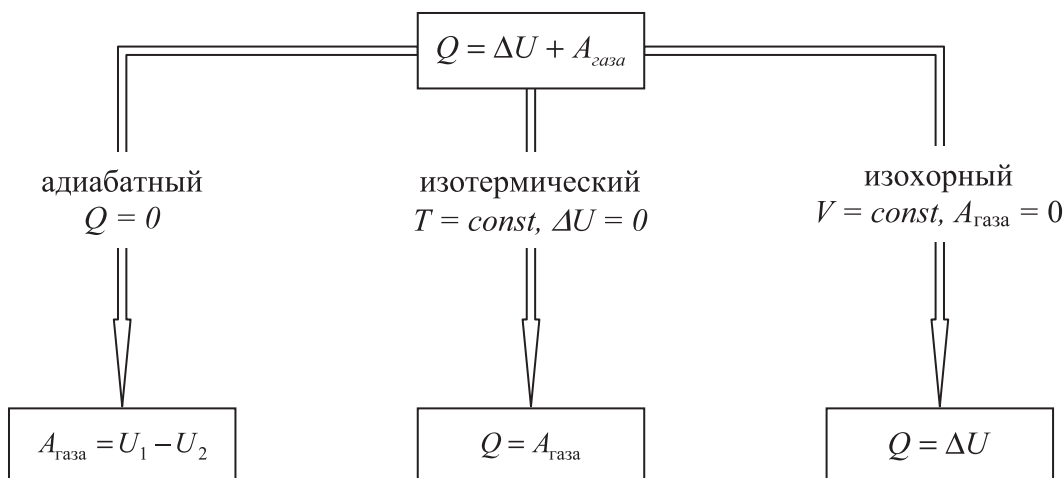


Сравните предложенные формулировки, укажите на их достоинства и недостатки. Предложите свой вариант. Дополните таблицу пояснениями (помните, что  $\Delta U = U_2 - U_1$ ;  $A_{\text{газа}} = -A_{\text{над газом}}$ ), где можно укажите процесс, который проводится с газом:



$Q > 0$	Тепло подводится к газу	$A_{\text{газа}} > 0$	
$Q < 0$		$A_{\text{газа}} < 0$	
$Q = 0$		$A_{\text{газа}} = 0$	
$\Delta U > 0$		$A_{\text{над газом}} > 0$	
$\Delta U < 0$	Внутренняя энергия убывает	$A_{\text{над газом}} < 0$	Газ совершает работу
$\Delta U = 0$		$A_{\text{над газом}} = 0$	

Запись первого закона термодинамики упрощается в трех случаях:



Предложите формулировки первого закона термодинамики для этих частных случаев.



**Учитель** предложил ребятам вспомнить, с какими парадоксами они сталкивались при изучении первого закона термодинамики в 7 классе, и вот что обнаружилось.

1. Каждое вещество характеризуется своей удельной теплоемкостью  $c$  – тем количеством теплоты  $Q$ , которое надо сообщить 1 г или 1 кг вещества, чтобы нагреть его на  $1^\circ\text{C}$ . В качестве единицы измерения количества теплоты обычно используют калорию и джоуль (1 кал  $\approx$  4,2 Дж).



*Вспомните определение калории. Воспользуйтесь любым справочником и определите, какие вещества легче нагреть, а какие – тяжелее.*

Газы также характеризуются удельной теплоемкостью, однако в справочниках указывается не одна теплоемкость, а две:  $c_p$  и  $c_v$ .  $c_p$  – удельная теплоемкость газа при изобарном процессе, а  $c_v$  – при изохорном процессе. Причем для всех газов  $c_p > c_v$ ! Например, 1 кг воздуха при нормальных условиях ( $t = 0^\circ\text{C}$ ,  $p \approx 10^5$  Па) для изобарного нагревания на  $1^\circ\text{C}$  требуется примерно 1000 Дж, а для изохорного нагревания при тех же условиях – около 700 Дж. Этот факт можно попытаться использовать для выигрыша в энергии. Подведем к 1 кг газу 700 Дж и изохорно нагреем на  $1^\circ\text{C}$ , затем охладим изобарно на  $1^\circ\text{C}$ , т.е. вернем газ в исходное состояние. Мы получим выигрыш в 300 Дж – налицо нарушение закона сохранения энергии!



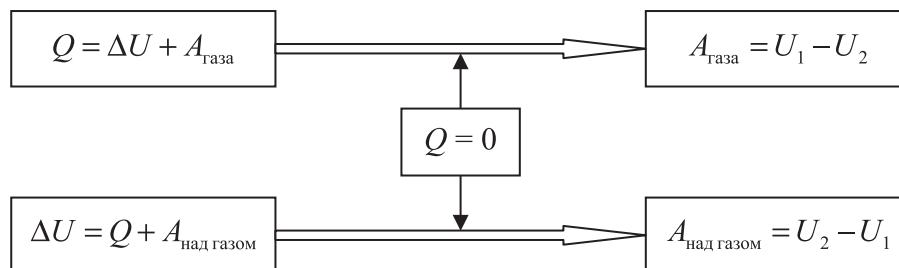
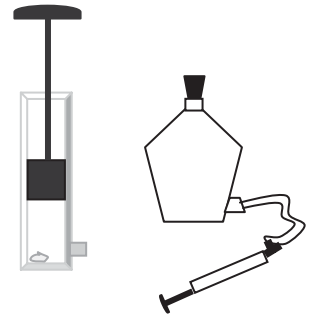
*Воспользуйтесь первым законом термодинамики и объясните этот парадокс.*

2. Самые поразительные случаи кажущегося нарушения закона сохранения энергии связаны с агрегатными превращениями. Так, процессы плавления твердого вещества и кристаллизации жидкого вещества – изотермические (происходят при постоянной температуре), т.е.  $\Delta U = 0$ . Естественно, что в этих процессах  $Q \neq 0$ : например, для плавления льда нужно затратить около 80 кал (!) на каждый грамм (это же количества теплоты выделяется при кристаллизации 1 г воды). Совершение работы всегда сопровождается изменением объема, которое незначительно в процессах плавления-кристаллизации ( $A \approx 0$ ). Таким образом, совершенно непонятно, куда исчезают и откуда появляются искомые калории! Аналогичная ситуация имеет место и в процессах испарения-конденсации при температуре кипения.



*Вспомните, как в 7 классе мы разрешили эти противоречия.*

3. Следующее явление, которое мы должны вспомнить, – резкое охлаждение или нагревание вещества при адиабатном процессе. В этих опытах мы сталкиваемся с ситуациями, которые легко объяснимы с помощью первого закона термодинамики: если процесс совершения работы происходит быстро (или в идеальной теплоизолирующей оболочке), он приводит либо к резкому уменьшению, либо к резкому увеличению внутренней энергии газа.



*Объясните схему. Как с молекулярной точки зрения можно объяснить нагревание газа при адиабатном сжатии (охлаждение газа при расширении)? Воспользуйтесь результатами компьютерного эксперимента по упругому соударению тел для доказательства того, что при совершении работы у молекул меняется скорость.*



*Изучите тексты и ответьте на вопрос: можно ли все тепло превратить в работу.*