

УДК 372.853+536

**В. С. СЕКЕРЖИЦКИЙ, А. И. СЕРЫЙ**

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**МЕСТО АДИАБАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДИ ДРУГИХ ТИПОВ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Еще во времена СССР в школьном курсе физики при знакомстве с понятием «адиабатический процесс» (АП) подчеркивалось, что такой процесс должен протекать достаточно быстро, чтобы за время процесса не произошло заметного теплообмена между системой и окружающими ее телами; примерно такая же формулировка сохранилась и в некоторых современных учебниках на постсоветском пространстве [1, с. 222]. Из такой формулировки можно сделать ошибочный вывод, что АП не относится к медленным, т. е. равновесным (и, следовательно, обратимым [2, с. 14; 3, с. 383; 4, с. 197]) процессам, хотя в других пособиях говорится, что АП, наоборот, медленный процесс [5, с. 59].

В связи с этим с методической точки зрения представляется интересным найти способ изложения соответствующей темы (в том числе в вузовском курсе), позволяющий избежать подобных противоречий. Для достижения указанной цели можно использовать таблицы 1–5.

Таблица 1 – Обратимость процессов в узком и широком смысле

Процесс	Обратимый	Необратимый
Формулировка в широком смысле основана на том, что	систему можно перевести из конечного состояния в начальное, причем не обязательно через обратную во времени последовательность состояний, в которых система находилась в течение исходного процесса [6, с. 94].	систему нельзя перевести из конечного состояния в начальное.
Формулировка в узком смысле основана на том, что	систему можно перевести из конечного состояния в начальное в точности через обратную во времени последовательность состояний, в которых система находилась в течение исходного процесса [6, с. 94].	систему нельзя перевести из конечного состояния в начальное в точности через обратную во времени последовательность состояний, в которых система находилась в течение исходного процесса.
Соотношение между двумя формулировками	всякий процесс, обратимый в узком смысле, обратим и в широком смысле [6, с. 94].	всякий процесс, необратимый в широком смысле, необратим и в узком смысле.

Таблица 2 – Две разновидности АП

АП	Равновесный (квазистатический)	Неравновесный
Является ли обратимым (в узком смысле)	Да.	Нет (процесс обратимый в узком смысле тогда и только тогда, когда он равновесный [4, с. 197; 7, с. 159], и необратимый тогда и только тогда, когда он неравновесный [3, с. 319, 330]).
Описывается ли адиабатой (изоэнтропой)	Да (поэтому также называется изоэнтропийным) [8, с. 27].	Нет.

Таблица 3 – Равновесный АП как медленный или быстрый процесс

Процесс		Быстрый	Медленный
В смысле того, что скорость процесса $v$ по сравнению со скоростью	1) релаксации, т. е. установления равновесия $v_1$	существенно больше.	существенно меньше.
	2) передачи тепла $v_2$		
Равновесный АП (т. е. изоэнтропийный) является таковым в смысле		втором [5, с. 59].	первом [5, с. 59].

Более широкая классификация термодинамических процессов представлена в таблице 4, где подсистемой считается газ в замкнутом объеме, а всей замкнутой системой (ЗС) – подсистема вместе с внешними телами.

Таблица 4 – Термодинамические процессы с точки зрения значения их скорости по сравнению со скоростями, указанными в таблице 3

Случай	Процесс	Энтропия	Пример
$v_2 \ll v \ll v_1$	адиабатический равновесный (изоэнтропийный).	сохраняется как у всей ЗС, так и у рассматриваемой подсистемы [5, с. 59].	быстрое (по сравнению с изобарным или изотермическим) сжатие или расширение газа в цилиндре с выдвигающимся поршнем [5, с. 59], скорость поршня мала по сравнению со скоростью звука в газе
$v \ll v_2 \ll v_1$ или $v \sim v_2 \ll v_1$	равновесный, не являющийся АП.	сохраняется только у всей ЗС в целом [5, с. 59].	изобарный, изохорный, изотермический процессы.
$v_2 \ll v_1 \ll v$ или $v_2 \ll v_1 \sim v$	адиабатический неравновесный.	не сохраняется.	быстрое (по сравнению с изобарным или изотермическим) сжатие или расширение газа в цилиндре с выдвигающимся поршнем, скорость поршня сравнима со скоростью звука в газе.

Равновесный АП – это, очевидно, частный случай как равновесного процесса, так и адиабатического процесса. Иными словами, множество  $RA$  равновесных адиабатических процессов образуется при пересечении множеств равновесных ( $R$ ) и адиабатических ( $A$ ) процессов. Этот и другие примеры можно также отобразить в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Различные множества процессов

Множество	Соответствует процессам
$RA = R \cap A$	равновесным адиабатическим (изоэнтروпийным).
$A \setminus RA = \bar{R} \cap A$	неравновесным адиабатическим.
$R \cap \bar{A}$	равновесным неадиабатическим (частные случаи – изотермический, изобарный, изохорный).
$\bar{R} \cap \bar{A}$	неравновесным неадиабатическим.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мякишев, Г. Я. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. В. И. Николаева, Н. А. Парфентьевой. – 19-е изд. – М. : Просвещение, 2010. – 366 с.
2. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика : учеб. пособие / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 608 с.
3. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.
4. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1994. – Т. 4 : Пойнтинга – Робертсона – Стримеры. – 704 с.
5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов : в X т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 5-е изд., стер. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – Т. V : Статистическая физика, ч. I. – 616 с.
6. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1975. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. – 552 с.
7. Яворский, Б. М. Справочное руководство по физике / Б. М. Яворский, Ю. А. Селезнев. – М. : Наука, 1975. – 624 с.
8. Физическая энциклопедия : в 5 т. / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Совет. энцикл., 1988. – Т. 1 : Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.