

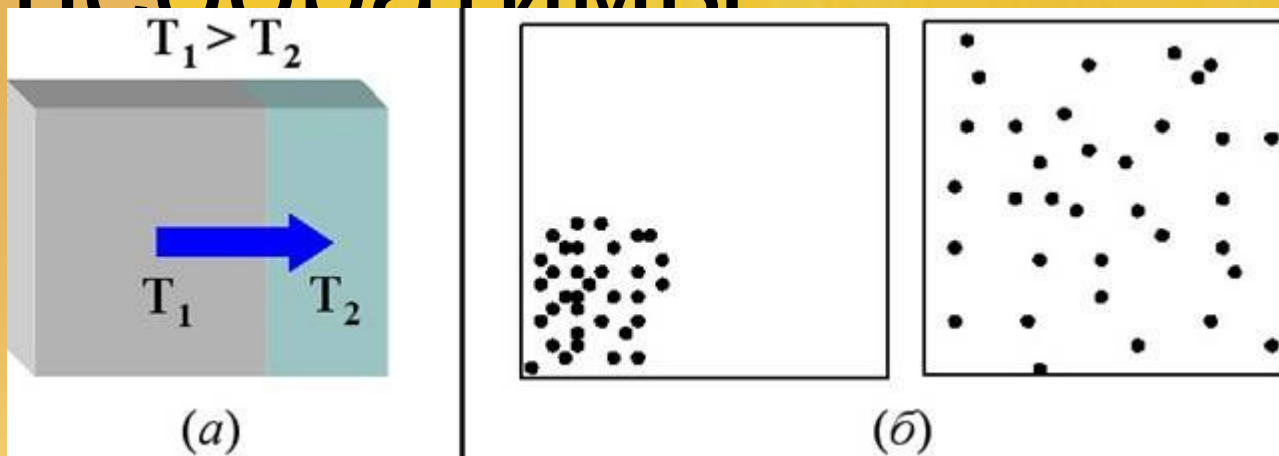
**Обратимые и необратимые  
процессы. Необратимость  
тепловых процессов.  
Второй закон термодинамики**

Закон сохранения энергии утверждает, что количество энергии при любых ее превращениях остается неизменным. Между тем многие процессы, вполне допустимые с точки зрения закона сохранения энергии, никогда не протекают в действительности.

**Из первого закона термодинамики  
направленность и тем самым  
необратимость тепловых процессов  
не вытекает.**

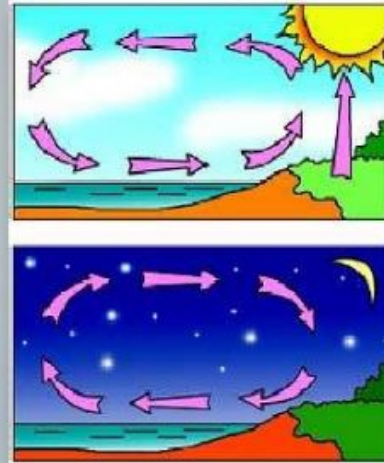
**Первый закон термодинамики  
требует лишь, чтобы количество  
теплоты, отданное одним телом, в  
точности равнялось количеству  
теплоты, которое получит другое.**

# Реальные тепловые процессы необратимы



## Необратимым

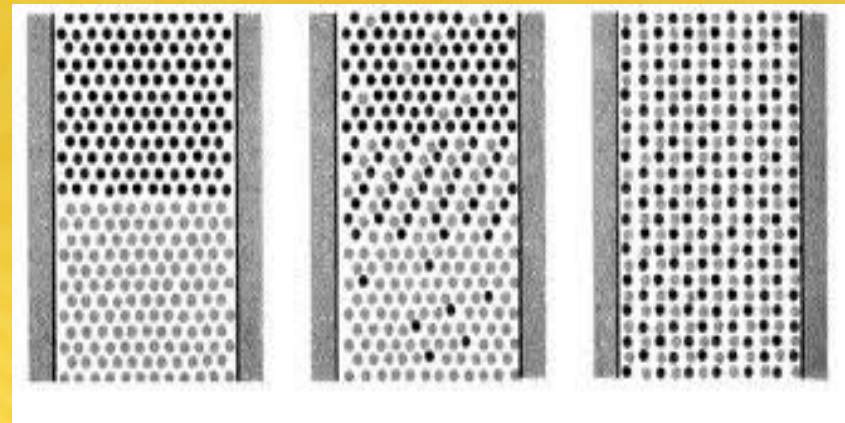
называется процесс, который нельзя провести в противоположном направлении через все те же самые промежуточные состояния.



$$E = m \cdot c^2$$

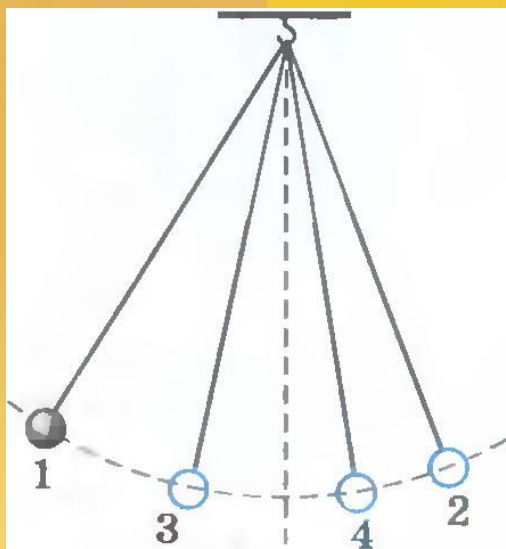
Примеры:

**При диффузии выравнивание концентраций происходит самопроизвольно. Обратный же процесс сам по себе никогда не пойдет: никогда самопроизвольно смесь газов, например, не разделится на составляющие ее компоненты. Следовательно, диффузия — необратимый процесс.**



**Теплообмен, как показывает опыт, также является односторонне направленным процессом. В результате теплообмена энергия передается сама по себе всегда от тела с более высокой температурой к телу с более низкой температурой. Обратный процесс передачи теплоты от холодного тела к горячему сам по себе никогда не происходит.**

Необратимым является также процесс превращения механической энергии во внутреннюю при неупругом ударе или при трении.





# "Стрела времени" и проблема необратимости в естествознании

Одной из основных проблем в классической физике долгое время оставалась проблема необратимости реальных процессов в природе.

Почти все реальные процессы в природы являются необратимыми: это и затухание маятника, и эволюция звезды, и человеческая жизнь.

Необратимость процессов в природе как бы задает направление на оси времени от прошлого к будущему. Это свойство времени английский физик и астроном А. Эддингтон образно назвал "стрелой времени".



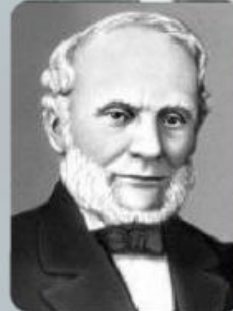
Существуют несколько формулировок второго закона термодинамики. Одна из них принадлежит немецкому учёному Р.

Клаузису –

**«Невозможен процесс, единственным результатом которого был бы переход количества теплоты от холодного тела к горячему».**

Другими словами, теплообмен в замкнутой системе может происходить только в одном направлении – от горячего тела к холодному.

Клаузиус Рудольф  
(1822 г. –1888 г. )



Клаузиусу принадлежат основополагающие работы в области молекулярно-кинетической теории теплоты. Работы Клаузиуса способствовали введению статистических методов в физику. Клаузиус внёс важный вклад в теорию электролиза Теоретически обосновал закон Джоуля – Ленца, разработал теорию поляризации диэлектриков, на основе которой установил соотношение между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью.

$$E = m \cdot c$$

**Вечный двигатель первого рода — непрерывно или периодически действующая машина, которая совершала бы работу, большую подводимой к ней извне энергии, нарушает закон сохранения энергии, он же первое начало термодинамики**  
Из второго закона термодинамики вытекает невозможность создания **вечного двигателя второго рода, т.е. двигателя, который бы совершал работу за счет охлаждения какого-либо одного тела.**

## Статистическое истолкование необратимости процессов в природе

Пронумеруем молекулы цифрами 1, 2, 3, 4.

Возможны 16 различных микросостояний, все они изображены на рисунке

Вероятность того, что все молекулы соберутся в левой половине сосуда, равна:

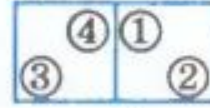
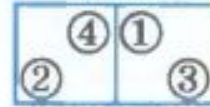
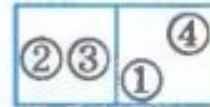
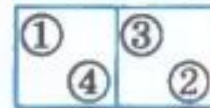
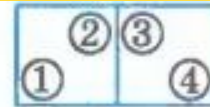
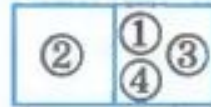
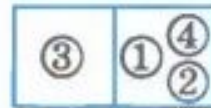
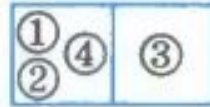
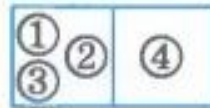
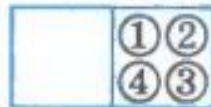
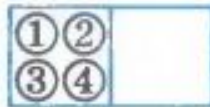
Вероятность же того, что молекулы распределятся поровну, будет в 6 раз больше:

$$\frac{6}{16} = \frac{3}{8}$$

Вероятность того, что в одной половине сосуда, например левой, будет три молекулы, а в другой соответственно одна молекула, равна

$$\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

Большую часть времени молекулы будут распределены в половинках сосуда поровну: это наиболее вероятное состояние.



**Молекулы идеального газа движутся практически независимо друг от друга. Для одной молекулы вероятность того, что она окажется в левой половине сосуда, равна, очевидно,  $1/2$ . Такова же вероятность и для другой молекулы. Эти события независимы, и вероятность того, что первая и вторая молекулы окажутся в левой половине сосуда, равна произведению вероятностей события:  $1/2 \cdot 1/2 = 1/4 = 1/2^2$ .**

**Для трех молекул вероятность их нахождения в левой половине сосуда равна  $1/2^3$ , а для четырех -  $1/2^4$ . Именно такое значение вероятности мы и получили при детальном рассмотрении распределения молекул по сосуду.**

Но если взять реальное число молекул газа в 1 см<sup>3</sup> при нормальных условиях ( $n=3 \cdot 10^{19}$ ), то вероятность того, что молекулы соберутся в одной половине сосуда объемом 1 см<sup>3</sup>, будет совершенно ничтожна:

$$\frac{1}{2^3 \cdot 10^{19}}$$

Таким образом, только из-за большого числа молекул в макросистемах процессы в природе оказываются практически необратимыми. В принципе обратные процессы возможны, но вероятность их близка к нулю. Не противоречит, строго говоря, законам природы процесс, в результате которого при случайном движении молекул все они соберутся в одной половине класса, а учащиеся в другой половине класса задохнутся. Но реально это событие никогда не происходило в прошлом и не произойдет в будущем. Слишком мала вероятность подобного события, чтобы оно когда-либо случилось за все время существования Вселенной в современном ее состоянии - около нескольких миллиардов лет.

По приблизительным оценкам, эта вероятность примерно такого же порядка, как и вероятность того, что 20 000 обезьян, хаотично ударяя по клавишам пишущих машинок, напечатают без единой ошибки «Войну и мир» Л. Н. Толстого. В принципе это возможно, но реально никогда не произойдет.



**Необратимость процессов в природе связана со стремлением систем к переходу в наиболее вероятное состояние, которому отвечает максимальный беспорядок.**