

**Элементарные  
сведения по физике  
о газах**

# Определение

- Газ (газообразное состояние) (от нидерл. *gas*) — агрегатное состояние вещества характеризующееся очень слабыми связями между составляющими его частицами (молекулами, атомами или ионами), а также их большой подвижностью. Частицы газа почти свободно и хаотически движутся в промежутках между столкновениями, во время которых происходит резкое изменение характера их движения.



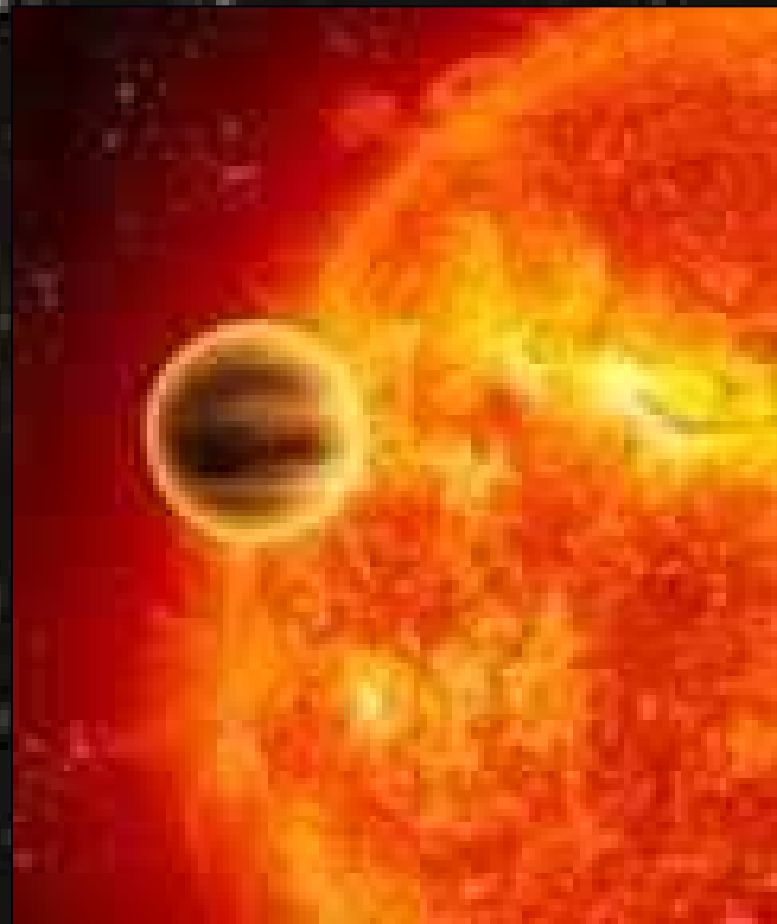


- Газообразное состояние вещества в условиях, когда возможно существование устойчивой жидкой или твёрдой фазы этого же вещества, обычно называется паром.

- Подобно жидкостям, газы обладают текучестью и сопротивляются деформации. В отличие от жидкостей, газы не имеют фиксированного объёма и не образуют свободной поверхности, а стремятся заполнить весь доступный объём (например, сосуда).



- Газообразное состояние — самое распространённое состояние вещества Вселенной (межзвёздное вещество, туманности, звёзды, атмосферы планет и т. д.). По химическим свойствам газы и их смеси весьма разнообразны — от малоактивных инертных газов до взрывчатых газовых смесей. К газам иногда относят не только системы из атомов и молекул, но и системы из других частиц — фотонов, электронов, броуновских частиц, а также плазму.



# Некоторые частные случаи

- Идеальный газ — газ, в котором взаимодействие между молекулами сводится к парным столкновениям, причём время межмолекулярного столкновения много меньше среднего времени между столкновениями. Идеальный газ является простейшим модельным объектом молекулярной физики.

Уравнение состояния идеального газа

$$PV = \nu RT$$

- Реальный газ — газ, в котором учитывается взаимодействие между молекулами. Уравнение состояния реального газа часто строится методами теории возмущений, при этом отличие от уравнения состояния идеального газа описывается набором вириальных коэффициентов.
- Газ ван-дер-Ваальса — частный случай реального газа с достаточно простым модельным уравнением состояния. Важнейшим свойством газа ван-дер-Ваальса является существование в такой простой модели фазового перехода газ-жидкость.
- **Частично или полностью ионизованный газ называется плазмой.**
- Также *газом* часто кратко называют природный газ.



# ЭТИМОЛОГИЯ

- Слово «газ» (нидерл. *gas*) было придумано в начале XVII века фламандским естествоиспытателем Я. Б. ван Гельмонтом для обозначения полученного им «мёртвого воздуха» (углекислого газа). Согласно, Я. И. Перельману, Гельмонт писал: «Такой пар я назвал *gas*, потому что он почти не отличается от хаоса древних».
- Согласно В. Вундту, звуковой строй этого слова целиком определяется смысловыми отголосками тех терминов и выражений, которые для учёного сознания того времени обозначали родственные идеи и образы. По мнению Вундта, прежде всего Гельмонт думал, что открытый им газ напоминает первобытный хаос. Кроме того, на Гельмонта действовало представление слова *blas* (ср.нем. *blasen*), которое он употреблял для обозначения холодного воздуха, исходящего из звёзд. Наконец, сюда же примешивалась мысль о слове *geest* — «дух», соответствующем латинскому *spiritus*, так как газ, под которым Гельмонт подразумевал, главным образом, углекислоту, по латыни передавался через *spiritus silvestris* («лесной дух»). Некоторые подозревают воздействие немецкого *gasen* — «кипеть».
- В России для обозначения газов М. В. Ломоносов употреблял термин «упругие жидкости», но он не прижился.

# Физические свойства газов

- Большинство газов сложно или невозможно наблюдать непосредственно нашими органами чувств, они описываются с помощью четырёх физических свойств или макроскопических характеристик: давлением, объёмом, количеством частиц (химики используют моль) и температурой. Эти четыре характеристики издавна неоднократно исследовались учёными, такими как Роберт Бойль, Жак Шарль, Джон Дальтон, Гей-Люссак и Амедео Авогадро для различных газов в различных условиях. Их детальное изучение в итоге привело к установлению математической связи между этими свойствами, выраженной в уравнении состояния идеального газа.



# Физические свойства газов

- Основной особенностью газа является то, что он заполняет всё доступное пространство, не образуя поверхности. Газы всегда смешиваются. Газ — изотропное вещество, то есть его свойства не зависят от направления. В случаях, когда силами тяготения можно пренебречь или они уравновешены другими силами, давление во всех точках газа одинаково (см. Закон Паскаля).

# Физические свойства газов

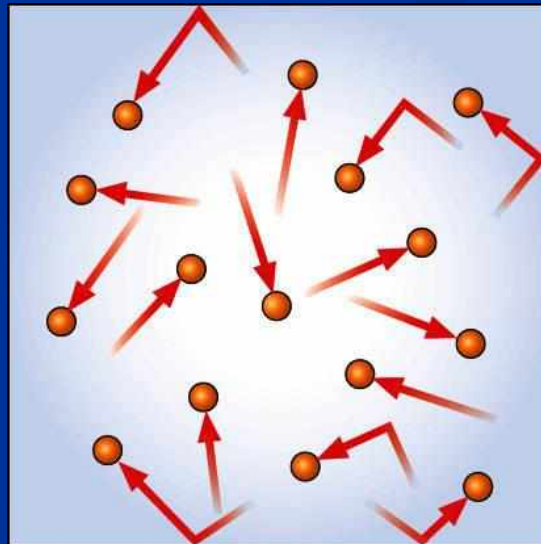
- В поле сил тяготения плотность и давление не одинаковы в каждой точке, уменьшаясь с высотой по барометрической формуле. Соответственно, в поле сил тяжести неоднородной становится смесь газов. Тяжёлые газы имеют тенденцию оседать ниже, а более лёгкие — подниматься вверх. В поле тяготения на любое тело, погружённое в газ, действует Архимедова сила, которую используют для полёта воздушных шаров и других воздухоплавательных аппаратов, заполненные лёгкими газами или горячим воздухом.

# Физические свойства газов

- Газ имеет высокую сжимаемость — при увеличении давления возрастает его плотность. При повышении температуры газы расширяются. При сжатии газ может перейти в жидкость, если его температура ниже так называемой *критической температуры*. Критическая температура является характеристикой конкретного газа и зависит от сил взаимодействия между его молекулами. Так, например, газ гелий можно сжижить только при температуре меньшей, чем 4,2 К.

# Микроскопические характеристики

- Если бы можно было наблюдать газ под мощным микроскопом, можно было бы увидеть набор частиц (молекул, атомов и т. д.) без определённой формы и объёма, которые находятся в хаотическом движении. Эти нейтральные частицы газа изменяют направление только тогда, когда они сталкиваются с другими частицами или стенками ёмкости. Если предположить, что эти взаимодействия (удары) абсолютно упругие, это вещество превращается из реального в идеальный газ.



# Тепловое движение молекул газа

- Важнейшей чертой теплового движения молекул газа — это беспорядочность (хаотичность) движения. Экспериментальным доказательством непрерывного характера движения молекул является диффузия и броуновское движение.
- Диффузия — это явление самопроизвольного проникновения молекул одного вещества в другое. В результате взаимной диффузии веществ происходит постепенное выравнивание их концентрации во всех областях занимаемого ими объёма. Установлено, что скорость протекания процесса диффузии зависит от рода веществ и температуры.

# Броуновское движение

- Одним из самых интересных явлений, подтверждающих хаотичность движения молекул, является броуновское движение, которое проявляется в виде теплового движения микроскопических частиц вещества, находящихся в газе во взвешенном состоянии. Это явление в 1827 году впервые наблюдал Р. Броун, от имени которого оно получило название. Беспорядочность перемещения таких частиц объясняется случайным характером передачи импульсов от молекул газа частице с разных сторон. Броуновское движение оказывается тем заметнее, чем меньше частица и чем выше температура системы. Зависимость от температуры свидетельствует о том, что скорость хаотического движения молекул возрастает с увеличением температуры, именно поэтому его и называют тепловым движением.



Роберт Броун

(англ. *Robert Brown*; 1773—1858) — британский ботаник конца XVIII — первой половины XIX века, морфолог и систематик растений, первооткрыватель «броуновского движения»

# Электрический ток в газах



- Газ в ионизированном состоянии способен проводить электрический ток. Основных способа ионизации газа два: термическая ионизация и ионизация электрическим ударом. Кроме того, существует так называемый самостоятельный электрический разряд (пример — Молния).



# Термическая ионизация

- Термическая ионизация — придание атомам достаточной кинетической энергии для отрыва электрона от ядра и последующей ионизации вследствие повышения температуры газа и тепловое движение атомов газа, приводящее к столкновениям и превращением их в кинетическую энергию. Температуры, необходимые для ионизации газов, очень высоки (например, для водорода этот показатель составляет  $6\,000^\circ\text{K}$ ). Этот тип ионизации газов распространен преимущественно в природе.



# Ионизация электрическим ударом

- При низкой температуре газ также может проводить ток, если мощность его внутреннего электрического поля превышает некоторое пороговое значение. Пороговое значение в данном случае — достижение электроном под действием электрического поля достаточной кинетической энергии, необходимо для ионизации атома. Далее электроны снова разгоняются электрическим полем для ионизации и ионизируют два атома и т. д. — процесс становится цепным. В конечном итоге все свободные электроны достигнут положительного электрода, положительные ионы — отрицательного электрода. Данный тип ионизации распространен преимущественно в промышленности.