

# Элементарная частица

---

**Элементарная частица** — собирательный термин, относящийся к микрообъектам в субъядерном масштабе, которые невозможно расщепить на составные части.

Следует иметь в виду, что некоторые элементарные частицы ([электрон](#), [нейтрино](#), [кварки](#) и т. д.) на данный момент считаются бесструктурными и рассматриваются как первичные [фундаментальные частицы](#). Другие элементарные частицы (так называемые *составные частицы* — [протон](#), [нейтрон](#) и т. д.) имеют сложную внутреннюю структуру, но, тем не менее, по современным представлениям, разделить их на части невозможно (см. [Конфайнмент](#)). Всего вместе с [античастицами](#) открыто более 350 элементарных частиц. Из них стабильны фотон, электронное и мюонное нейтрино, электрон, протон и их античастицы. Остальные элементарные частицы самопроизвольно распадаются за время от приблизительно 1000 секунд (для свободного нейтрона) до ничтожно малой доли секунды (от  $10^{-24}$  до  $10^{-22}$ , для [резонансов](#)).



# Строение и поведение элементарных частиц изучается физикой элементарных частиц.



Краткий обзор различных семейств элементарных и составных частиц, и теории, описывающие их взаимодействия. Фермионы слева, Бозоны справа. (пункты на картинке кликабельны)

# Классификация

## 1) По величине спина

Все элементарные частицы делятся на два класса:

бозоны — частицы с целым спином (например, фотон, глюон, мезоны, бозон Хиггса).

фермионы — частицы с полуцелым спином (например, электрон, протон, нейтрон, нейтрино);

## 2) По видам взаимодействий

Элементарные частицы делятся на следующие группы:

**Составные частицы:**

---

адроны — частицы, участвующие во всех видах фундаментальных взаимодействий.

Они состоят из кварков и подразделяются, в свою очередь, на:

мезоны — адроны с целым спином, то есть являющиеся бозонами;

барионы — адроны с полуцелым спином, то есть фермионы. К ним, в частности, относятся частицы, составляющие ядро атома, — протон и нейтрон.



### 3) Фундаментальные (бесструктурные) частицы

лептоны — фермионы, которые имеют вид точечных частиц (то есть не состоящих ни из чего) вплоть до масштабов порядка  $10^{-18}$  м. Не участвуют в сильных взаимодействиях. Участие в электромагнитных взаимодействиях экспериментально наблюдалось только для заряженных лептонов (электроны, мюоны, тау-лептоны) и не наблюдалось для нейтрино. Известны 6 типов лептонов.

кварки — дробнозаряженные частицы, входящие в состав адронов. В свободном состоянии не наблюдались (для объяснения отсутствия таких наблюдений предложен механизм конфайнмента). Как и лептоны, делятся на 6 типов и считаются бесструктурными, однако, в отличие от лептонов, участвуют в сильном взаимодействии.

калибровочные бозоны — частицы, посредством обмена которыми осуществляются взаимодействия:

фотон — частица, переносящая электромагнитное взаимодействие;

восемь глюонов — частиц, переносящих сильное взаимодействие;

три промежуточных векторных бозона  $W^+$ ,  $W^-$  и  $Z^0$ , переносящие слабое взаимодействие;

гравитон — гипотетическая частица, переносящая гравитационное взаимодействие. Существование гравитонов, хотя пока не доказано экспериментально в связи со слабостью гравитационного взаимодействия, считается вполне вероятным; однако гравитон не входит в Стандартную модель элементарных частиц.

# История

---



первокирпичик материи. Однако, когда в 1950-х и 1960-х годах были открыты сотни адронов с похожими свойствами, стало ясно, что по крайней мере адроны обладают внутренними степенями свободы, то есть не являются в строгом смысле слова элементарными. Это подозрение в дальнейшем подтвердилось, когда выяснилось, что адроны состоят из кварков.

Таким образом, физики продвинулись ещё немного вглубь строения вещества: самыми элементарными, точечными частями вещества сейчас считаются лептоны и кварки. Для них (вместе с калибровочными бозонами) применяется термин «**фундаментальные частицы**».

# Стандартная модель

Стандартная модель элементарных частиц включает в себя 12 ароматов фермионов, соответствующие им античастицы, а также калибровочные бозоны (фотон, глюоны, W- и Z-бозоны), которые переносят взаимодействия между частицами, и обнаруженный в 2012 году бозон Хиггса, отвечающий за наличие массы у частиц.

Однако Стандартная модель в значительной степени рассматривается скорее как теория временная, а не действительно фундаментальная, поскольку она не включает в себя гравитацию и содержит несколько десятков свободных параметров (массы частиц и т. д.), значения которых не вытекают непосредственно из теории.

Возможно, существуют элементарные частицы, которые не описываются Стандартной моделью — например, такие, как гравитон (частица, переносящая гравитационные силы) или суперсимметричные партнёры обычных частиц.



# Фермионы

12 ароматов фермионов разделяются на 3 семейства (поколения) по 4 частицы в каждом. Шесть из них — кварки. Другие шесть — лептоны, три из которых являются нейтрино, а оставшиеся три несут единичный отрицательный заряд: электрон, мюон и тау-лептон.

## Поколения частиц

Первое поколение	Второе поколение	Третье поколение
<u>Электрон</u> : $e^-$	<u>Мюон</u> : $\mu^-$	<u>Тау-лептон</u> : $\tau^-$
<u>Электронное нейтрино</u> : $\nu_e$	<u>Мюонное нейтрино</u> : $\nu_\mu$	<u>Тау-нейтрино</u> :
<u>u-кварк</u> («верхний»): $u$	<u>c-кварк</u> («очарованный»):	<u>t-кварк</u> («истинный»): $t$
<u>d-кварк</u> («нижний»): $d$	<u>s-кварк</u> («странный»): $s$	<u>b-кварк</u> («прелестный»): $b$

## Античастицы

Также существуют 12 фермионных античастиц, соответствующих вышеуказанным двенадцати частицам.

## Античастицы

<i>Первое поколение</i>	<i>Второе поколение</i>	<i>Третье поколение</i>
<u>позитрон</u> : $e^+$	Положительный мюон: $\mu^+$	Положительный тау-лептон: $\tau^+$
Электронное антинейтрино:	Мюонное антинейтрино	Тау-антинейтрино
$u$ -антикварк:	$c$ -антикварк	$t$ -антикварк
$d$ -антикварк:	$s$ -антикварк	$b$ -антикварк



# Кварки

Кварки и антикварки никогда не были обнаружены в свободном состоянии — это объясняется явлением конфайнмента. На основании симметрии между лептонами и кварками, проявляемой в электромагнитном взаимодействии, выдвигаются гипотезы о том, что эти частицы состоят из более фундаментальных частиц — преонов.

---