**ЛЕКЦИЯ 4**

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

**Электродина́мика** — раздел [физики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0), изучающий [электромагнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) в наиболее общем случае (то есть, рассматриваются переменные поля, зависящие от времени) и его взаимодействие с телами, имеющими [электрический заряд](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) ([электромагнитное взаимодействие](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5))[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-%D0%AD%D0%A1%D0%91%D0%95_1-1). Предмет электродинамики включает связь электрических и магнитных явлений, [электромагнитное излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (в разных условиях, как свободное, так и в разнообразных случаях взаимодействия с веществом), [электрический ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) (вообще говоря, переменный) и его взаимодействие с электромагнитным полем (электрический ток может быть рассмотрен при этом как совокупность движущихся заряженных частиц). Любое электрическое и магнитное взаимодействие между заряженными телами рассматривается в современной физике как осуществляющееся посредством электромагнитного поля, и, следовательно, также является предметом электродинамики.

Чаще всего под термином *электродинамика* по умолчанию понимается *классическая* электродинамика, описывающая только непрерывные свойства [электромагнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) посредством системы [уравнений Максвелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0); для обозначения современной [квантовой теории](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F) электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными частицами обычно используется устойчивый термин [*квантовая электродинамика*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0). Термин «электродинамика» ввёл [Андре-Мари Ампер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%2C_%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B5-%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B8), опубликовавший в 1823 году работу «Конспект теории электродинамических явлений».



**Содержание**

* [1Основные понятия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%8F)
* [2Основные уравнения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [3Содержание электродинамики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%A1%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B8)
* [4Специальные разделы электродинамики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8B_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B8)
* [5Прикладное значение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)
* [6История](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F)
* [7См. также](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%A1%D0%BC._%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5)
* [8Примечания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
* [9Литература](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)
* [10Ссылки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%A1%D1%81%D1%8B%D0%BB%D0%BA%D0%B8)

Основные понятия[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=1) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=1)]

Основные понятия, которыми оперирует электродинамика, включают в себя:

* [Электромагнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) — это основной предмет изучения электродинамики, вид [материи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F_%28%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), проявляющийся при взаимодействии с заряженными телами. Исторически разделяется на два поля:
	+ [Электрическое поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) — создаётся любым заряженным телом или переменным магнитным полем, оказывает воздействие на любое заряженное тело.
	+ [Магнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) — создаётся движущимися заряженными телами, заряженными частицами, имеющими [спин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D0%BD), и переменными электрическими полями, оказывает воздействие на движущиеся заряды и заряженные тела, имеющие спин. (Понятие спина в [обменном взаимодействии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5) тождественных частиц учитывается в квантовой механике и представляет собой чисто квантовый эффект, исчезающий при предельном переходе к классической механике.)
* [Электрический заряд](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) — это [свойство](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) тел, позволяющее им взаимодействовать с электромагнитными полями: создавать эти поля, будучи их *источниками*, и подвергаться ([силовому](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0)) действию этих полей.
* [Электромагнитный потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB) — [4-векторная](https://ru.wikipedia.org/wiki/4-%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) [физическая величина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), полностью определяющая распределение электромагнитного поля в пространстве. В трехмерной формулировке электродинамики из него выделяют:
	+ [Скалярный потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) — временна́я компонента 4-вектора
	+ [Векторный потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB#%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB_%D0%B2_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B5) — трёхмерный вектор, образованный оставшимися компонентами 4-вектора.
* [Вектор Пойнтинга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%9F%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0) — векторная физическая величина, имеющая смысл [плотности потока энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8) электромагнитного поля.

Основные уравнения[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=2)]

Основными уравнениями, описывающими поведение электромагнитного поля и его взаимодействие с заряженными телами являются:

* [Уравнения Максвелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0), определяющие поведение свободного электромагнитного поля в вакууме и среде, а также генерацию поля источниками. Среди этих уравнений можно выделить:
	+ [Теорема Гаусса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%B0) (закон Гаусса) для электрического поля, определяющая генерацию электростатического поля зарядами.
	+ Закон замкнутости силовых линий магнитного поля ([соленоидальности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%22%20%5Co%20%22%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) магнитного поля); он же — [закон Гаусса для магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%B0#%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%B0_%D0%B4%D0%BB%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8).
	+ [Закон индукции Фарадея](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A4%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D1%8F), определяющий генерацию электрического поля переменным магнитным полем.
	+ [Закон Ампера — Максвелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0_%E2%80%94_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0) — [теорема о циркуляции магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BE_%D1%86%D0%B8%D1%80%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) с добавлением [токов смещения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29), введённых Максвеллом, определяет генерацию магнитного поля движущимися зарядами и переменным электрическим полем.
* Выражение для [силы Лоренца](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B0), определяющее силу, действующую на заряд, находящийся в электромагнитном поле.
* [Закон Джоуля — Ленца](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%83%D0%BB%D1%8F_%E2%80%94_%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B0), определяющий величину тепловых потерь в проводящей среде с конечной проводимостью, при наличии в ней электрического поля.

Частными уравнениями, имеющими особое значение являются:

* [Закон Кулона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0) — в [электростатике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — закон, определяющий электрическое поле (напряженность и/или потенциал) точечного заряда; также законом Кулона называется и сходная формула, определяющая электростатическое взаимодействие (силу или потенциальную энергию) двух точечных зарядов.
* [Закон Био — Савара — Лапласа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%91%D0%B8%D0%BE_%E2%80%94_%D0%A1%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B0_%E2%80%94_%D0%9B%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B0) — в [магнитостатике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — основной закон, описывающий порождение магнитного поля током (аналогичен по своей роли в магнитостатике закону Кулона в электростатике).
* [Закон Ампера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0), определяющий силу, действующую на элементарный ток, помещённый в магнитное поле.
* [Теорема Пойнтинга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%9F%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0), выражающая собой [закон сохранения энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8) в электродинамике.
* [Закон сохранения заряда](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0).

Содержание электродинамики[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=3)]

Основным содержанием классической электродинамики является описание свойств электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными телами (заряженные тела «порождают» электромагнитное поле, являются его «источниками», а электромагнитное поле в свою очередь действует на заряженные тела, создавая электромагнитные силы). Это описание, кроме определения основных объектов и величин, таких как [электрический заряд](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4), [электрическое поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5), [магнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5), [электромагнитный потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB), сводится к [уравнениям Максвелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0) в той или иной форме и [формуле силы Лоренца](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B0), а также затрагивает некоторые смежные вопросы (относящиеся к математической физике, приложениям, вспомогательным величинам и вспомогательным формулам, важным для приложений, как например вектор [плотности тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) или эмпирический [закона Ома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9E%D0%BC%D0%B0)). Также это описание включает вопросы сохранения и переноса энергии, импульса, момента импульса электромагнитным полем, включая формулы для [плотности энергии](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F&action=edit&redlink=1), [вектора Пойнтинга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%9F%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B0) и т. п.

Иногда под электродинамическими эффектами (в противоположность электростатике) понимают те существенные отличия общего случая поведения электромагнитного поля (например, динамическую взаимосвязь между меняющимися электрическим и магнитным полем) от статического случая, которые делают частный статический случай гораздо более простым для описания, понимания и расчётов.

Специальные разделы электродинамики[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=4)]

* [Электростатика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) описывает свойства статического (не меняющегося со временем или меняющегося достаточно медленно, чтобы «электродинамическими» эффектами можно было пренебречь, то есть, когда в уравнениях Максвелла можно отбросить, из-за их малости, члены с производными по времени) [электрического поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) и его взаимодействия с электрически заряженными телами ([электрическими зарядами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4)), которые также неподвижны или движутся с достаточно малыми скоростями (или, быть может, если есть и быстро движущиеся заряды, но они достаточно малы по величине), чтобы создаваемые ими поля можно было приближенно рассматривать как статические. Обычно при этом подразумевается и отсутствие (или пренебрежимая малость) магнитных полей.[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0#cite_note-2)
* [Магнитостатика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) исследует постоянные токи (и постоянные магниты) и постоянные магнитные поля (поля не меняются во времени или меняются настолько медленно, что быстротой этих изменений в расчёте можно пренебречь), а также их взаимодействие.
* [Электродинамика сплошных сред](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%88%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4) рассматривает поведение электромагнитных полей в [сплошных средах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%88%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0).
* [Релятивистская электродинамика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) рассматривает электромагнитные поля в движущихся средах.

Прикладное значение[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=5) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=5)]

Электродинамика лежит в основе [физической оптики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0#%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), физики распространения радиоволн, а также пронизывает практически всю физику, так как почти во всех разделах физики приходится иметь дело с электрическими полями и зарядами, а часто и с их нетривиальными быстрыми изменениями и движениями. Кроме того, электродинамика является образцовой физической теорией (и в классическом и в квантовом своём варианте), сочетающей очень большую точность расчётов и предсказаний с влиянием теоретических идей, родившихся в её области, на другие области теоретической физики.

Электродинамика имеет огромное значение в технике и лежит в основе: [радиотехники](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [электротехники](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0), различных отраслей [связи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C_%28%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) и [радио](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE).

История[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&veaction=edit&section=6) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0&action=edit&section=6)]

Первым доказательством связи электрических и магнитных явлений стало экспериментальное открытие [Эрстедом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B4%2C_%D0%93%D0%B0%D0%BD%D1%81_%D0%A5%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B0%D0%BD) в [1819](https://ru.wikipedia.org/wiki/1819)—[1820](https://ru.wikipedia.org/wiki/1820) порождения магнитного поля электрическим током. Он же высказал идею о некотором взаимодействии электрических и магнитных процессов в пространстве, окружающем проводник, однако в довольно неясной форме.

В [1831 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1831_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) [Майкл Фарадей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B9%2C_%D0%9C%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%BB) экспериментально открыл явление и закон [электромагнитной индукции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%A4%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D1%8F), ставшие первым ясным свидетельством непосредственной динамической взаимосвязи электрического и магнитного полей. Он же разработал (применительно к электрическому и магнитному полям) основы концепции физического поля и некоторые базисные теоретические представления, позволяющие описывать физические поля, а также [1832 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1832_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) предсказал существование электромагнитных волн.

В [1864 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1864_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) [Дж. К. Максвелл](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%2C_%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BA) впервые опубликовал полную [систему уравнений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0) «[классической электродинамики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0)», описывающую эволюцию [электромагнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) и его взаимодействие с зарядами и токами. Он высказал теоретически обоснованное предположение о том, что [свет](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) является [электромагнитной волной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0), то есть объектом электродинамики.

В [1895 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1895_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) [Лоренц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%2C_%D0%A5%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%BA_%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BD) внёс существенный вклад в построение классической электродинамики, описав взаимодействие электромагнитного поля с (движущимися) точечными заряженными частицами. Это позволило ему вывести [преобразования Лоренца](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B0). Он же первым заметил, что уравнения электродинамики противоречат [ньютоновской физике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%22%20%5Co%20%22%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0).

В [1905 году](https://ru.wikipedia.org/wiki/1905_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) [А. Эйнштейн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B9%D0%BD%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%B9%D0%BD%2C_%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82) публикует работу «К электродинамике движущихся тел», в которой формулирует [специальную теорию относительности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8). Теория относительности, в отличие от ньютоновской физики, находится в полном согласии с классической электродинамикой и логически завершает её построение, позволив создать её ковариантную формулировку в [пространстве Минковского](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE) через [4-потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB) и [4-тензор электромагнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%BE%D1%80_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F).

В середине XX века была создана [квантовая электродинамика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) — одна из наиболее точных физических теорий, служащая фундаментом и образцом для всех современных теоретических построений в физике элементарных частиц.

|  |
| --- |
| [**Классическая электродинамика**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) |
|  |
| [**Электричество**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)**·**[**Магнетизм**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC) |
| [**Электростатика**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)[скрыть][Закон Кулона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0)[Теорема Гаусса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%93%D0%B0%D1%83%D1%81%D1%81%D0%B0)[Электрический дипольный момент](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)[Электрический заряд](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4)[Электрическая индукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F)[Электрическое поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5)[Электростатический потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB) |
| [**Магнитостатика**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)[скрыть][Закон Био — Савара — Лапласа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%91%D0%B8%D0%BE_%E2%80%94_%D0%A1%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B0_%E2%80%94_%D0%9B%D0%B0%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B0)[Закон Ампера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0)[Магнитный момент](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)[Магнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5)[Магнитный поток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA)[Магнитная индукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) |
| **Электродинамика**[скрыть][Векторный потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F)[Диполь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29)[Потенциалы Лиенара — Вихерта](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B_%D0%9B%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%B0_%E2%80%94_%D0%92%D0%B8%D1%85%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0)[Сила Лоренца](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%9B%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B0)[Ток смещения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29)[Униполярная индукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F)[Уравнения Максвелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0)[Электрический ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA)[Электродвижущая сила](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0)[Электромагнитная индукция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F)[Электромагнитное излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)[Электромагнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) |
| [**Электрическая цепь**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%8C)[скрыть][Закон Ома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9E%D0%BC%D0%B0)[Законы Кирхгофа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%8B_%D0%9A%D0%B8%D1%80%D1%85%D0%B3%D0%BE%D1%84%D0%B0)[Индуктивность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[Радиоволновод](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4)[Резонатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)[Электрическая ёмкость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%91%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[Электрическая проводимость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)[Электрическое сопротивление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)[Электрический импеданс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D1%81) |
| **Ковариантная формулировка**[скрыть][Тензор электромагнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%BE%D1%80_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F)[Тензор энергии-импульса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%BE%D1%80_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8-%D0%B8%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B0)[4-потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB)[4-ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/4-%D1%82%D0%BE%D0%BA) |

**Теория**

|  |
| --- |
| **Основные понятия**Основные понятия, которыми оперирует электродинамика, включают в себя:* Электромагнитное поле — это основной предмет изучения электродинамики, вид материи, проявляющийся при взаимодействии с заряженными телами. Исторически разделяется на два поля:
	+ Электрическое поле — создаётся любым заряженным телом или переменным магнитным полем, оказывает воздействие на любое заряженное тело.
	+ Магнитное поле — создаётся движущимися заряженными телами, заряженными частицами, имеющими спин, и переменными электрическими полями, оказывает воздействие на движущиеся заряды и заряженные тела, имеющие спин. (Понятие спина в обменном взаимодействии тождественных частиц учитывается в квантовой механике и представляет собой чисто квантовый эффект, исчезающий при предельном переходе к классической механике.)
* Электрический заряд — это свойство тел, позволяющее им взаимодействовать с электромагнитными полями: создавать эти поля, будучи их *источниками*, и подвергаться (силовому) действию этих полей.
* Электромагнитный потенциал — 4-векторная физическая величина, полностью определяющая распределение электромагнитного поля в пространстве. В трехмерной формулировке электродинамики из него выделяют:
	+ Скалярный потенциал — временна́я компонента 4-вектора
	+ Векторный потенциал — трёхмерный вектор, образованный оставшимися компонентами 4-вектора.
* Вектор Пойнтинга — векторная физическая величина, имеющая смысл плотности потока энергии электромагнитного поля.

**Основные уравнения**Основными уравнениями, описывающими поведение электромагнитного поля и его взаимодействие с заряженными телами являются:* Уравнения Максвелла, определяющие поведение свободного электромагнитного поля в вакууме и среде, а также генерацию поля источниками. Среди этих уравнений можно выделить:
	+ Теорема Гаусса (закон Гаусса) для электрического поля, определяющая генерацию электростатического поля зарядами.
	+ Закон замкнутости силовых линий магнитного поля (соленоидальности магнитного поля); он же — закон Гаусса для магнитного поля.
	+ Закон индукции Фарадея, определяющий генерацию электрического поля переменным магнитным полем.
	+ Закон Ампера — Максвелла — теорема о циркуляции магнитного поля с добавлением токов смещения, введённых Максвеллом, определяет генерацию магнитного поля движущимися зарядами и переменным электрическим полем.
* Выражение для силы Лоренца, определяющее силу, действующую на заряд, находящийся в электромагнитном поле.
* Закон Джоуля — Ленца, определяющий величину тепловых потерь в проводящей среде с конечной проводимостью, при наличии в ней электрического поля.

Частными уравнениями, имеющими особое значение являются:* Закон Кулона — в электростатике — закон, определяющий электрическое поле (напряженность и/или потенциал) точечного заряда; также законом Кулона называется и сходная формула, определяющая электростатическое взаимодействие (силу или потенциальную энергию) двух точечных зарядов.
* Закон Био — Савара — в магнитостатике — основной закон, описывающий порождение магнитного поля током (аналогичен по своей роли в магнитостатике закону Кулона в электростатике).
* Закон Ампера, определяющий силу, действующую на элементарный ток, помещённый в магнитное поле.
* Теорема Пойнтинга, выражающая собой закон сохранения энергии в электродинамике.
* Закон сохранения заряда.

Основным содержанием классической электродинамики является описание свойств электромагнитного поля и его взаимодействия с заряженными телами (заряженные тела «порождают» электромагнитное поле, являются его «источниками», а электромагнитное поле в свою очередь действует на заряженные тела, создавая электромагнитные силы). Это описание, кроме определения основных объектов и величин, таких как электрический заряд, электрическое поле, магнитное поле, электромагнитный потенциал, сводится куравнениям Максвелла в той или иной форме и формуле силы Лоренца, а также затрагивает некоторые смежные вопросы (относящиеся к математической физике, приложениям, вспомогательным величинам и вспомогательным формулам, важным для приложений, как например вектор плотности тока или эмпирический закона Ома). Также это описание включает вопросы сохранения и переноса энергии, импульса, момента импульса электромагнитным полем, включая формулы для плотности энергии, вектора Пойнтинга и т. п.Иногда под электродинамическими эффектами (в противоположность электростатике) понимают те существенные отличия общего случая поведения электромагнитного поля (например, динамическую взаимосвязь между меняющимися электрическим и магнитным полем) от статического случая, которые делают частный статический случай гораздо более простым для описания, понимания и расчётов.Разделы входящие в электродинамику:* Электростатика описывает свойства статического (не меняющегося со временем или меняющегося достаточно медленно, чтобы «электродинамическими» эффектами можно было пренебречь, то есть, когда в уравнениях Максвелла можно отбросить, из-за их малости, члены с производными по времени) электрического поля и его взаимодействия с электрически заряженными телами (электрическими зарядами), которые также неподвижны или движутся с достаточно малыми скоростями (или, быть может, если есть и быстро движущиеся заряды, но они достаточно малы по величине), чтобы создаваемые ими поля можно было приближенно рассматривать как статические. Обычно при этом подразумевается и отсутствие (или пренебрежимая малость) магнитных полей.
* Магнитостатика исследует постоянные токи (и постоянные магниты) и постоянные магнитные поля (поля не меняются во времени или меняются настолько медленно, что быстротой этих изменений в расчёте можно пренебречь), а также их взаимодействие.
* Электродинамика сплошных сред рассматривает поведение электромагнитных полей в сплошных средах.
* Релятивистская электродинамика рассматривает электромагнитные поля в движущихся средах.
 |