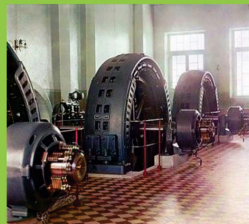
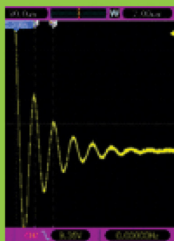
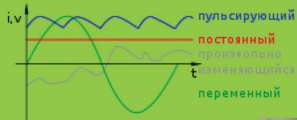
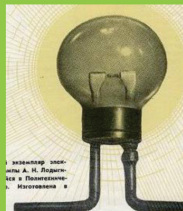
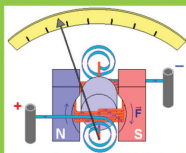
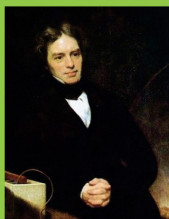
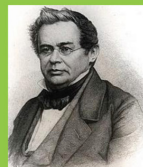
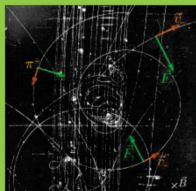


Серия: Физика для начинающих

Максимова Вера

Ч III

## Электричество и магнетизм



**Вера Александровна Максимова**  
**Электричество и магнетизм**  
Серия «Физика для  
начинающих», книга 3

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=67103061](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=67103061)  
Электричество и магнетизм:*

**Аннотация**

Книга Веры Максимовой «Электричество и магнетизм» является третьей книгой из научно-познавательной серии «Физика для начинающих». В серию включены книги: «Механика без формул», «Молекулярная физика и теплота», «Электричество и магнетизм», «Оптика. Строения вещества. Ядерная физика». Отличительная особенность этих книг – системное изложение законов физики (школьной программы) без применения формул. Систематически изложены основные физические понятия по электричеству и магнетизму. Приведены описания опытов и их иллюстрации для более качественного усвоения материала. Это позволяет использовать ее детям младших классов средней школы, а также старшеклассникам и всем любителям физики.

# Содержание

Электричество	6
Электростатика	6
Способы электризации	10
Свойства электрических зарядов	14
Свойства электрического поля	20
Закон Кулона	24
Принцип суперпозиции для электрических полей	26
Конец ознакомительного фрагмента.	29

# Вера Максимова

## Электричество и магнетизм

*Серия. Физика для начинающих*

### Книги серии

Физика для начинающих. I часть Механика без формул

Физика для начинающих. II часть Молекулярная физика  
и теплота

Физика для начинающих. III часть. Электричество и магнетизм

Физика для начинающих. IV часть Оптика. Строения вещества. Ядерная физика

*В науке нет широкой столбовой дороги,  
и только тот может достигнуть её  
сияющих вершин, кто, не страшась усталости,  
карабкается по её каменистым тропам.*

*Карл Маркс, философ*

*Вам знакомо выражение «Выше головы не прыгнешь»? Это заблуждение. Человек может все.*

*Никола Тесла, сербский физик*



# Электричество

*С тех пор прошло 80 лет и я по-прежнему задаю себе этот же вопрос: Что же такое электричество? Но не в состоянии ответить на него.*

*Никола Тесла, сербский физик*

## Электростатика Первые представления об электричестве

Одним из пионеров изучения электричества и магнетизма был английский ученый Уильям Гильберт (1544–1603 г.) Он то, собственно, ввел понятие «электричество». Проведя сотни опытов, Гильберт пришел к выводу, что потертый о шерсть янтарь притягивает мелко нарезанные кусочки бумаги. Слово янтарь на греческом языке означает «электрон». Янтарь – это окаменевшая за тысячи лет без доступа кислорода смола хвойных деревьев. Шведский ученый Карл Линней и русский Михаил Ломоносов доказали это в 18 веке.



Рисунок 1. Уильям Гильберт (1544–1603 г.)

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/>

Такой способностью обладают также эбонит, стекло и другие вещества. Было принято, что потертый шерстью янтарь заряжается отрицательно, стеклянная палочка потертая шелком заряжается положительно. На основании этого выдвинута гипотеза, что в природе существует два вида заряда: отрицательный, обозначается знаком минус « $-$ » и положительный, обозначаемый знаком плюс « $+$ ». До сих пор эта гипотеза не опровергнута.

Установлено, что одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются. Например, положительный заряд притягивается к отрицательному и отталкивается от другого положительного заряда.

Из второй части «Молекулярная физика и теплота» мы уже знаем, что тела состоят из атомов. Атом в переводе с греческого языка означает неделимый как предполагал Демокрит. Но уже в 19 веке было сделано предположение, что атом сложная конструкция, состоящая из положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательных частиц – электронов. Электрический заряд ядра по абсолютной величине равен суммарному электрическому заряду электронов. Поэтому атом, как и все тело, электрически нейтрален, то есть, не заряжен. Электроны, связанные с ядром называются связанными. При определенных условиях (мы об этом поговорим позже) электроны могут покидать атом. В

частности это происходит в металлах. Такие свободные электроны образуют так называемый «электронный» газ.

В обычном состоянии тела электрически нейтральны, то есть не проявляют признаков наличия электрических зарядов. Если заряженным телом, например стеклянной палочкой дотронуться до металлического предмета, то он зарядится, причем тем же по знаку зарядом. Такие предметы называются проводниками. Проводники имеют свободные электроны, то есть электроны, которые покинули атом. При соприкосновении к другим предметам, например, деревянному предмету, не происходит его заряжения. Такие предметы называются изоляторами или диэлектрики. Вещества, имеющие промежуточные свойства называются полупроводники. Передача электрического заряда от одного тела к другому называется электризацией.

# Способы электризации

Существует два способа электризации тел. Рассмотрим способ электризации путем соприкосновения.

Это когда заряженное тело касается или трется о незаряженное. В результате этого незаряженное тело электризуется тем же зарядом, что заряженное. Часть свободных электронов с заряженного тела переходит на незаряженное и таким образом заряжает его.

На рисунке 2а изображен металлический шар **A** (можно металлическую сферу) на токоизолирующей (не пропускающей электрические заряды) подставке. Вначале шар не имеет электрического заряда. К шару подносят заряженное положительно тело **B** и касаются шара (рисунок 2б). Часть зарядов с тела **B** «перетекает» на шар **A** и тем самым заряжают его тем же зарядом. В данном случае положительным. При удалении тела **B** на значительное расстояние (чтобы не было существенного влияния его электрического поля на шар) электрический заряд шара сохраняется (рисунок 2в).

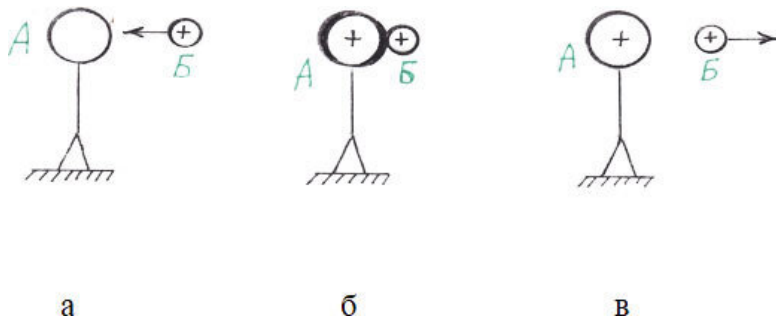


Рисунок 2. Электризация при соприкосновении

Другой способ электризации называется электризация через влияние или метод электростатической индукции. Дело в том, что вокруг неподвижного заряда возникает электрическое поле. Это свойство природы. В книге «Физика для начинающих. I часть Механика без формул» кратко дана характеристика различных видов полей существующих в природе и известных человеку.

Если заряженное тело **Б** поднести к незаряженному шару **А** (рисунок 3а), то в последнем, на стороне, обращенной к заряженному телу, под действием электрического поля индуцируется (наводится) заряд противоположного знака (рисунок 3б). Более удаленная сторона этого тела будет заряжаться противоположным зарядом. Таким образом, одна часть тела заряжается, например, отрицательным зарядом, а другая – положительным. В целом, шар остается электрически нейтрален. Если убрать заряженное тело **Б**, то шар **А** опять

станет незаряженным, то есть нейтральным (рисунок 3в).

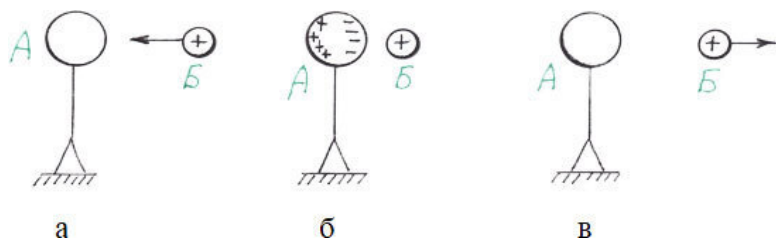


Рисунок 3. Электризация через влияние

Если, не убирая первого заряженного тела подсоединить к одной из частей второго тела металлическую (токопроводящую) проволоку (рисунок 3в), соединенную с землей, то второе тело станет заряженным (рисунок 4б). Знак заряда будет противоположный тому, к какой части второго тела мы подсоединили проволоку (сделали заземление). Как представлено на рисунке 4б, токопроводящая проволока подсоединена к шару со стороны положительных зарядов. После отсоединения заземления отрицательный заряд распределиться равномерно по поверхности шара. Если подсоединили заземление к той части тела, которая была заряжена отрицательно, то тело зарядилось положительно. После этого первое тело можно убирать, а второе останется заряженным.

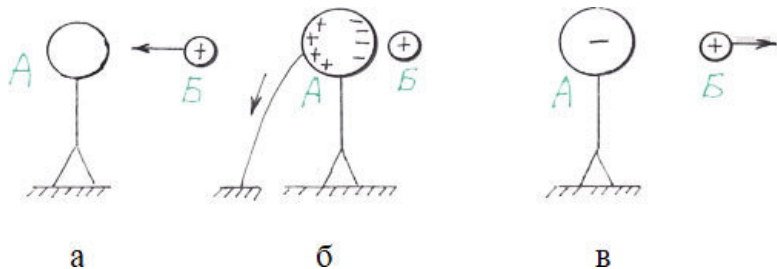


Рисунок 4. Электризация через влияние с заземлением

Соединение заряженного тела токопроводящим проводом с землей называется *заземлением*. Заземление графически на электрических схемах обозначается, как показано на рисунке 4б.

# Свойства электрических зарядов

Электрический заряд кроме знака плюса или минуса имеет количественную величину.

Носителем элементарного отрицательного электрического заряда является электрон. Носителем элементарного положительного электрического заряда является протон. Электрический заряд обозначается строчечной английской буквой  $q$  и в Международной системе единиц (СИ) измеряется в Кулонах, записывается Кл. Назван в честь французского ученого Шарля Кулона (1736–1806 г.) Установлено, что заряд электрона равен минус  $1.6 \times 10^{-19}$  Кл. Обозначается  $q_e = -1.6 \times 10^{-19}$  Кл. Заряд протона равен плюс  $1.6 \times 10^{-19}$  Кл. Обозначается  $q_p = +1.6 \times 10^{-19}$  Кл.



Рисунок. 5. Шарль Кулон (1736–1806 г.)

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/  
thumb/9/9f/Charles\\_de\\_Coulomb.png/500px-  
Charles\\_de\\_Coulomb.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9f/Charles_de_Coulomb.png/500px-Charles_de_Coulomb.png)

Электрический заряд величина алгебраическая. Каждая алгебраическая величина имеет величину и знак. Величина электрического заряда выражается положительным числом, которое всегда кратно величине элементарного заряда (электрона или протона). Кратно потому, что одноименные заряды складываются и любой заряд тела всегда равен сумме целых зарядов электронов или протонов, поскольку элементарный заряд не делится на части. К этому положительному числу добавляется знак заряда: плюс или минус.

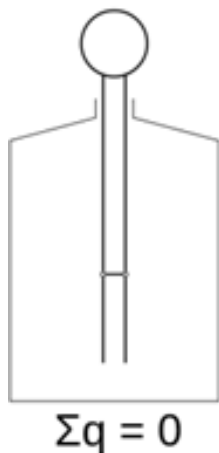
Заряды между собой складываются алгебраически, то есть учитываются их знаки: плюс или минус. Например, у нас имеется два заряда: первый имеет заряд  $q_1 = -4$  Кл, а другой  $q_2 = +6$  Кл. При их слиянии образуется третий заряд:  $q_3 = (-4) + (+6) = +2$  (Кл).

В изолированной системе, то есть в которую не могут войти другие электрические заряды, а имеющиеся не могут выйти выполняется закон сохранения электрических зарядов. Если взять предыдущий пример, то в замкнутой системе было два заряда с общим зарядом  $+2$  Кл, так и после их слияния образуется один заряд, но все равно с зарядом  $+2$  Кл.

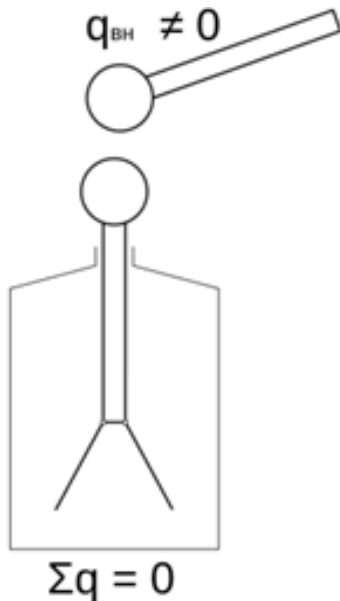
Для качественного определения наличия электрического заряда на предмете служит *электроскоп* (рисунок 6а). Он состоит из металлического шарика соединенного с металлическим стержнем. На другом конце металлического стержня прикреплены две одинаковые полоски бумаги. Для того что-

бы исключить внешнее влияние, например, колебания воздуха, вся конструкция через токоизолирующее кольцо помещена в стеклянную банку. При сообщении шарiku электроскопа заряда от какого-либо предмета происходит зарядение бумажных полосок (рисунок 6б). Так как они заряжаются одинаковыми по знаку зарядом, то они расходятся на некоторый угол. Чем больше угол отклонения бумажных полосок, тем больший заряд был передан электроскопу.

Если электроскоп снабдить градуировочной шкалой (то есть шкалой градуированной на измерение количества электрического заряда.), то он будет называться электрометр (рисунок 7б). Электрометр в переводе с греческого языка обозначает прибор для количественного определения заряда.



**а**



**б**

Рисунок 6. Электроскоп

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/thumb/f/f7/](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/thumb/f/f7/Els_ind_elskop.svg/1024px-Els_ind_elskop.svg.png)

[Els ind elskop.svg/1024px-Els ind elskop.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/thumb/f/f7/Els_ind_elskop.svg/1024px-Els_ind_elskop.svg.png)

В этой главе мы рассмотрим свойства электрического поля при неподвижных зарядах. Свойствами электрического поля при неподвижных зарядах изучает подраздел темы «Электричество» называемый – электростатикой.



Рисунок 7. Электроскоп. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/ElectroscopeSimple.png>

# Свойства электрического поля

Рассмотрим электрическое поле точечного неподвижного заряда. Здесь имеется в виду, что геометрические размеры его малы или они не имеют значения.

Вокруг покоящегося электрического заряда всегда существует электрическое поле. Его порой называют электростатическим, подчеркивая, что это электрическое поле покоящегося заряда. Значение поля характеризуется физической величиной называемой *напряженностью электрического поля*.

*Количественно величина напряженности электрического поля в данном месте пространства определяется силой, действующей на единичный заряд, расположенный в этой точке.*

Поэтому напряженность электрического поля называют силовой характеристикой электрического поля. Напряженность электрического поля измеряется специальным прибором (рисунок 8) Обозначается напряженность электрического заряда заглавной буквой  $E$ , имеет размерность Н/Кл (Ньютон деленное на Кулон). Напряженность электрического поля – величина векторная, поэтому к ней применимо правило векторного сложения величин (смотрите «Физика для начинающих. I часть Механика без формул»).

Вокруг точечного заряда электрическое поле распределе-

но равномерно и величина его зависит от расстояния от него до конкретной точки пространства. Равномерность распределения поля в пространстве означает, что его величина не зависит от направления, а определяется только расстоянием.

На какое расстояние оно распространяется в пространстве? В принципе электрическое поле заряда распространяется на бесконечное расстояние. Практически его распространение определяется точностью измерения прибора, который замеряет наличие электрического поля. То есть после некоторого расстояния от заряда поле в этой точке настолько мало, что измерить существующими средствами измерения это невозможно сделать.

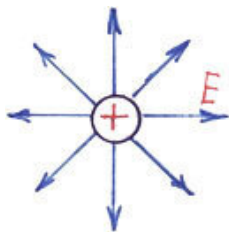


Рисунок 8. Измеритель напряженности электрического поля ТМ – 190

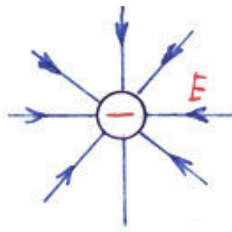
[https://opt-1328854.ssl1c-bitrixcdn.ru/upload/resize\\_cache/iblock/459/355\\_290\\_1/459429b2f918da484efbcdd06984f.jpg?155402187425500](https://opt-1328854.ssl1c-bitrixcdn.ru/upload/resize_cache/iblock/459/355_290_1/459429b2f918da484efbcdd06984f.jpg?155402187425500)

На рисунке 9 представлено графическое изображение электрического поля точечного заряда. Оно изображается

силовыми линиями. Для положительного заряда это прямые линии, радиально расходящиеся из точечного заряда (рисунок 9а). Для отрицательного заряда электрическое поле графически изображается силовыми прямыми линиями входящие в заряд (рисунок 9б). Силовыми эти линии называются потому, что совпадают с направлением сил взаимодействия электрических зарядов между собой. (смотрите следующий параграф)



а



б

Рисунок 9. Изображения электрического поля точечных зарядов

# Закон Кулона

Закон Кулона определяет силу взаимодействия между двумя точечными электрическими зарядами. Сила взаимодействия пропорциональна произведению зарядов и обратно пропорциональна расстоянию между ними. Этот закон похож на закон всемирного тяготения: массы заменены на электрические заряды. Закон всемирного тяготения характеризует гравитационное поле, а электрические заряды описываются законом Кулона. Из этого закона можно определить напряженность электрического поля точечного заряда в любой точке пространства. Напряженность поля в какой-либо точке пространства пропорциональна величине заряда и обратно пропорциональна квадрату расстояния от заряда до данной точки. Напряженность поля уменьшается с увеличением квадрата расстояния. Например, с увеличением расстояния в три раза, напряженность поля уменьшается в девять раз. Поэтому все точки пространства равноудаленные от точечного заряда будут иметь одинаковую напряженность. В пространстве это будут концентрические сферы с центром в точечном заряде. На плоскости листа книги линии одинаковой напряженности представляют концентрические окружности с центром в заряде (рисунок 10). С увеличением расстояния напряженность будет уменьшаться. На рисунке 10 это уменьшение графически выражается уменьшением их плотности

(расстояние между линиями электрического поля возрастает).

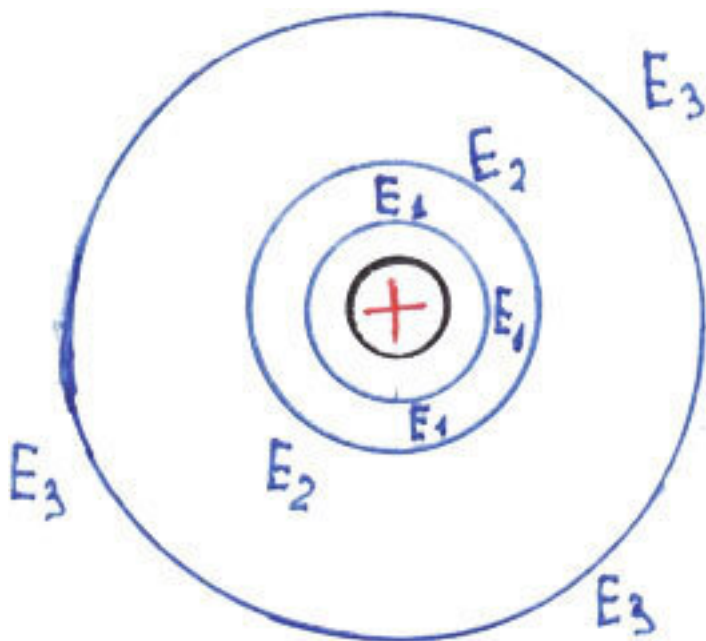


Рисунок 10. Графическое изображение точек поля точечного заряда с одинаковой напряженностью

# Принцип суперпозиции для электрических полей

Рассмотрим для определенности два положительных электрических заряда  $q_1$  и  $q_2$  находящиеся на расстоянии  $a$  между собой (рисунок 11). Найдем напряженность электрического поля в точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $b$  и  $c$  соответственно до первого и второго зарядов.

*В соответствии с принципом суперпозиции (независимости) действия электрических полей поле каждого заряда независимо от других зарядов создает в точке  $A$  свою напряженность.*

Пусть это будут напряженности  $E_1$  от первого заряда и  $E_2$  от второго заряда. Зная направления силовых линий от точечных зарядов изобразим векторы напряженностей зарядов в точке  $A$  и сложим их векторно по правилу параллелограмма. Получим, что напряженность в точке  $A$  от двух данных зарядов будет  $E_0$  как векторная сумма векторов напряженности  $E_1$  и  $E_2$ .

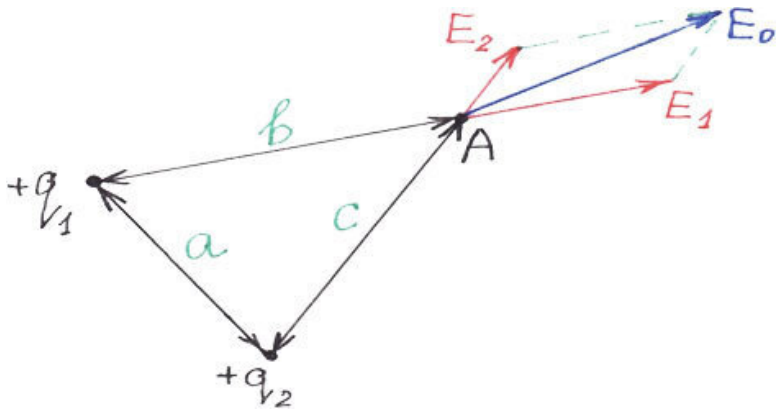


Рисунок 11. Определение напряженности от двух положительных точечных зарядов

На рисунке 12 представлено результирующая напряженность от положительного заряда  $+q_1$  отрицательного заряда  $(-q_2)$ .

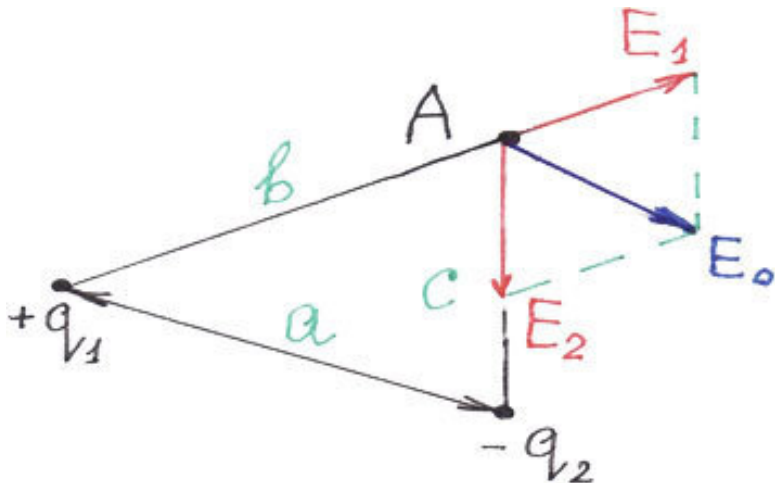


Рисунок 12. Определение напряженности от двух разноименных точечных зарядов

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.