

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/356593549>

# Что измеряет "амперметр" и "вольтметр" \ What does the "ammeter" and "voltmeter" measure

Preprint · November 2021

CITATIONS

0

1 author:



**Farkhad Nazipovich Iliassov**

independent researcher. Moscow, Russia

27 PUBLICATIONS 13 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Ohm's law in his the initial version [View project](#)



Unitary theory of electricity \ Унитарная теория электричества [View project](#)



## Ильясов Ф. Н. Что измеряет "амперметр" и "вольтметр". М.: ИЦ Орион. 2021, ноябрь. Препринт.

Фархад Назипович Ильясов. Исследовательский центр Орион. E-mail: [iliassov.farkhad@yahoo.com](mailto:iliassov.farkhad@yahoo.com)

## Iliassov F.N. What does the "ammeter" and "voltmeter" measure. Moscow: IC Orion. 2021. November. Preprint.

Farkhad Nazipovich Iliassov. Orion Research Center. E-mail: [iliassov.farkhad@yahoo.com](mailto:iliassov.farkhad@yahoo.com)

### Аннотация

В статье рассматривается феномен, обнаруженный в 1826 году Георгом Омом и другими физиками – стрелка магнитного электрометра ("амперметра") отклоняется от проводника с током в одинаковой степени до и после нагрузки – элемента цепи, поглощающего электроэнергию. Из этого факта следует, что величина отклонения стрелки электрометра не отражает величину мощности потока электроэнергии («силу тока»), идущей по цепи в месте измерения. Рассматриваются две гипотезы о природе электрической величины, измеряемой «амперметром»: 1) «амперметр» измеряет количество электричества («мощность потока электроэнергии») в конце цепи (доходящего до конца цепи). Эта гипотеза вытекает из контекста публикаций Георга Ома. 2) «амперметр» измеряет относительную скорость протекания тока по цепи.

Георг Ом понимал под терминами «электроскопическая разность» (и «напряжение») – разность в количестве электричества на клеммах источника тока. Высказывается предположение – «вольтметр» измеряет электроскопическую разность.

*Ключевые слова:* амперметр; сила тока, количество электричества; мощность потока электроэнергии

### Abstract

The article examines a phenomenon discovered in 1826 by Georg Ohm and other physicists - the needle of a magnetic electrometer ("ammeter") deviates from a conductor with a current to the same extent before and after the load - a circuit element that absorbs electricity. It follows from

this fact that the magnitude of the deviation of the electrometer needle does not reflect the magnitude of the power flow of electricity ("current strength") passing through the circuit at the measurement point. Two hypotheses about the nature of the electrical quantity measured by the "ammeter" are considered: 1) The "ammeter" measures the amount of electricity ("power flow of electricity") at the end of the circuit (reaching the end of the circuit). This hypothesis follows from the context of the publications of Georg Ohm. 2) "Ammeter" measures the relative speed of current flow through the circuit.

Georg Ohm understood by the terms "electroscopic difference" (and "voltage") - the difference in the amount of electricity at the terminals of the current source. An assumption is made - the "voltmeter" measures the electroscopic difference.

*Key words:* ammeter; current strength, amount of electricity; power flow

<b>Содержание</b>	<b>Content</b>
1. Введение	1. Introduction
2. Сходство в понимании электрического тока Бенджамином Франклиным и Георгом Омом	2. Similarity in the understanding of electric current by Benjamin Franklin and Georg Ohm
3. Эксперименты Георга Ома	3. The experiments of Georg Ohm
4. Предполагаемая гипотеза Георга Ома	4. The alleged hypothesis of Georg Ohm
5. Истолкование показаний «амперметра» в канонической физике	5. Interpretation of the readings of the "ammeter" in canonical physics
6. Что измеряет «вольтметр»	6. What the "voltmeter" measures
7. Что измеряет «амперметр»	7. What the "ammeter" measures
8. Заключение	8. Conclusion

## 1. Введение

Впервые вопрос о том, почему магнитный электрометр («амперметр») показывает одинаковые значения во всех точках последовательной цепи, был поставлен Георгом Омом и другими физиками около 200 лет назад [Ohm, 1827: 51]. Однако, как представляется, до настоящего времени не удастся найти исчерпывающего, эмпирически обоснованного ответа на этот вопрос. Количество электричества, проходящей в цепи до нагрузки и после нагрузки, не может быть одинаковым, т.к. часть электричества поглощается нагрузкой.

В статье анализируются и оцениваются подходы к объяснению указанного феномена.

Вопрос рассматривается в рамках унитарной теории электричества.

## 2. Сходство в понимании электрического тока Бенджамином Франклиным и Георгом Омом

В унитарной теории электричества Бенджамина Франклина (≈1752 г.) **электричество**, электрическая субстанция – это мельчайшие порции, кванты электрической энергии. Соответственно, **электрический ток** – это поток квантов электрической энергии, которые движутся из того места, где их больше, в то место, где их меньше. Также, как это происходит с квантами инфракрасного излучения (теплоты). Электро-кванты обладают свойством отталкиваться друг от друга, а тела обладают свойством притягивать электро-кванты. Подробнее об унитарной теории электричества: [Франклин, 1956; Эпинус, 1951; Ильясов, 2019].

Георг Ом придерживался сходной точки зрения на природу электрического тока. Ом основывался на том, что электрическая и тепловая энергии сходны, и придерживался соответствующего понимания природы тока. Ом полагал:

Количество электричества, проходящего между двумя элементами цепи, расположенными рядом друг с другом, при одних и тех же обстоятельствах, пропорционально разности в величинах электрической энергии [elektrischen Krafte] в этих двух элементах, так же как в теории тепла теплопередача между двумя элементами тела пропорциональна разнице в их температурах. [Ohm, 1827: 3].

Разность в количестве электричества между клеммами источника тока (двумя точками цепи) Георг Ом называл электроскопической разностью (или напряжением).

Излагаемые ниже гипотезы основаны на указанном понимании электричества и электрического тока Б. Франклином и Г. Омом.

## 3. Эксперименты Георга Ома

Ганс Эрстед (1820) установил – магнитная стрелка отклоняется от проволоки с током тем больше, чем больше «электрической субстанции» (электроэнергии) проходит по проволоке [Эрстед, 1954]. Это открытие дало импульс созданию электроизмерительных приборов.

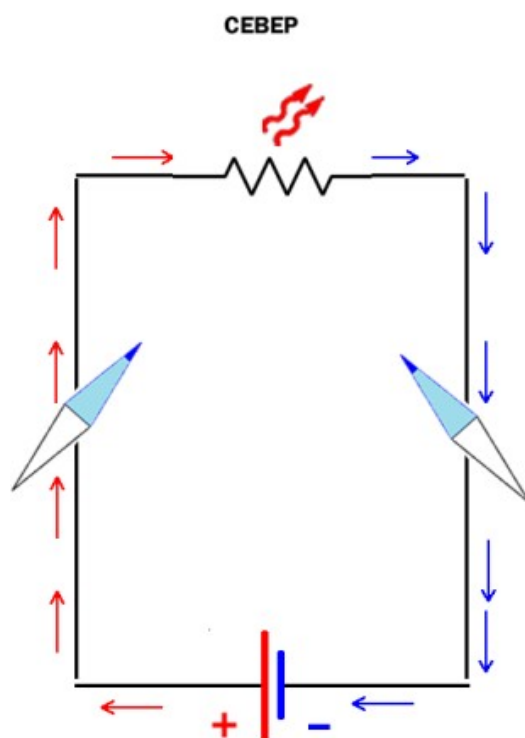
В ходе своих экспериментов Георг Ом (1826) установил – стрелка его бесконтактного магнитного электрометра (созданного по типу крутильных весов – прообраз электромагнитного гальванометра), отклоняется в одинаковой степени на любых участках электрической цепи. После включения в разрыв последовательной цепи нагрузки (испытуемой проволоки) показания электрометра уменьшаются. Однако показания электрометра остаются одинаковыми на всех участках цепи, при измерениях – и до элемента цепи, поглощающего

электроэнергию, и после него, см. рис. 1. Ом указывает – такие же результаты были получены Vesquereel и G. Bischof [Ohm, 1827: 51].

Георг Ом отметил противоречивость приведенных фактов, он, в частности, писал:

«Прежде всего, более пристального внимания заслуживает тот факт, что распределение электричества, протекающего по гальванической цепи, поддерживает постоянную и неизменную градацию [магнитного электрометра] в различных точках, хотя мощь [потока] электричества {die Stärke der Elektrizität} меняется. В этом причина магической изменчивости явлений, которая позволяет заранее волшебным образом и с первого взгляда определить действие определенной точки гальванической цепи на электрометр» [Ohm, 1827: 38].

Рис. 1. Стрелки магнитного электрометра отклоняются в равной степени до нагрузки и после нее, не отражая факта поглощения части электроэнергии нагрузкой (стрелки находятся над проволокой)



Из описанного выше эмпирически установленного факта вытекает вопрос: а что же именно тогда измеряет «амперметр»? Ведь нагрузка («сопротивление»), включенная в цепь, поглощает часть электроэнергии, проходящей через нее. То есть часть электроэнергии, входящей в цепь, поглощается нагрузкой. Соответственно, мощность потока электроэнергии

идущей по последовательной цепи после нагрузки, меньше величины энергии, входящей в нагрузку. Однако, вопреки этому, «амперметр» показывает одинаковую величину измеряемого им параметра потока электроэнергии, идущего по цепи до и после нагрузки. Если «амперметр» показывает количество электричества, идущего по цепи, то почему он не отражает тот факт, что нагрузка поглощает часть электричества?

Георг Ом указал – анализируемый феномен (назовем его «парадокс амперметра») требует дальнейшего изучения, факт одинаковых показаний магнитного электрометра в разных точках цепи он не случайно сопроводил определениями «магический» (magischen – нем.) и «волшебный» (zauberische). Однако этот парадокс до настоящего времени остается необъясненным.

Сам факт изменения степени отклонения стрелки в зависимости от мощности потока электроэнергии, протекающей по проволоке, свидетельствует о наличии связи между этими двумя параметрами, однако остается не до конца проясненным характер этой связи.

## 4. Предполагаемая гипотеза Георга Ома

Во времена Георга Ома не было единиц измерения «ампер», «вольт», «ом». Ом в анализе своих опытов оперировал только понятием количества электричества. Из контекста его изложения следует, что Ом интерпретировал показания магнитного электрометра как количество электричества (электроэнергии), доходящего до конца цепи. Подробнее см. [Ohm, 1926, 1827].

Со времен Ома не удастся объяснить в силу каких причин степень отклонения стрелки магнитного электрометра отражает количество электроэнергии, доходящей до конца цепи, или, что одно и то же, – почему показания «амперметра» одинаковы во всех точках цепи.

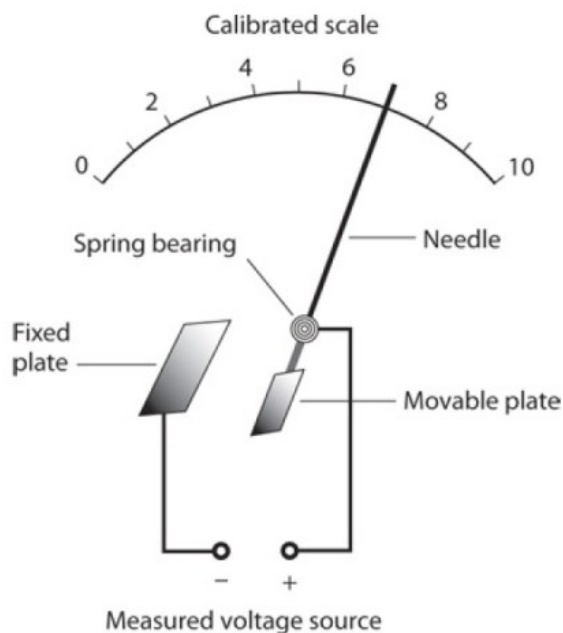
Рассмотрим функционирование электростатического электрометра – см. рис. 2. Конструкция его аналогична конструкции плоского конденсатора с воздушным изолятором. В отличие от «вольтметра», через который проходит поток электроэнергии, через электростатический электрометр ток не проходит.

Пластины электростатического электрометра, соединенные с клеммами источника тока, сближаются тем больше, чем больше величина, которую Ом называл «**электроскопическая разность**» (или «напряжение»), т.е. разность в количестве электроэнергии между клеммами источника тока.

Электростатический электрометр, соединенный проводниками с источником тока, фиксирует величину абсолютной разности между количеством электроэнергии на избыточно заряженной и на дефицитной клеммах источника тока.

Унитарная теория электричества объясняет это тем, что дефицитной заряженной пластиной электрометра притягивает к себе электро-кванты с избыточно заряженной пластины, притягивает вместе с пластиной.

Рис. 2. Схема электростатического электрометра [Gibilisco et al., 2016: 61]



Fixed plate – неподвижная пластина («обкладка»). Movable plate – подвижная пластина («обкладка»). Spring bearing – пружина.

Если исходить из гипотезы Георга Ома, то возможно, нечто аналогичное происходит и со стрелкой «амперметра». То есть стрелка гальванометра, включенного в разрыв цепи, отклоняется не в зависимости от мощности потока энергии в точке измерения, а в зависимости от мощности потока электроэнергии в конце цепи. Иными словами, «амперметр» измеряет не какой-то электрический параметр в точке измерения последовательной цепи, а измеряет определенный параметр, общий для всей цепи. И этим параметром, возможно, является количество электроэнергии, доходящее до конца цепи. Вероятно, это можно определить как свойство гальванометра, его физической природой.

Таким образом, можно полагать – первой гипотезой, объясняющей, что измеряет «амперметр» было гипотеза Ома: «амперметр» измеряет количество электричества, доходящего до конца цепи, или, что одно и то же, количество электричества в конце цепи.

## 5. Истолкование показаний «амперметра» в канонической физике

Позднее показания магнитного электрометра Ома (и гальванометра, включаемого в разрыв цепи), стали интерпретироваться как «сила тока». Вероятно, термин «сила» был введен в виду того, что фиксировалось «проявление силы» в случаях:

- а) «отталкивания» магнитной стрелки от проводника с током, и отталкивание постоянным магнитом проволоки с током;
- б) притяжения и отталкивания проволок с токами, идущими в одинаковых и противоположных направлениях.

Однако, сила не является исходной физической величиной, никакие физические объекты не обладают свойством «сила». Сила всегда есть проявление затраченной или расходуемой в данный момент энергии. Потому было бы логично исследовать электрические величины в терминах и величинах энергии, соответственно, измерять в единицах измерения энергии – калориях.

Факт одинакового отклонения стрелки магнитного электромметра («амперметра») в любой точке цепи был в канонической физике не вполне корректно интерпретирован как одинаковость величины «силы тока», протекающей по всей цепи. Однако нет исчерпывающего, убедительного объяснения почему «сила тока» одинакова во всех точках цепи. Также как и объяснение того, что есть «сила тока», нельзя признать исчерпывающим.

По вопросу установления единицы «силы тока» существует большая неясность, - отмечал Роберт Поль (Robert Pohl) [Поль, 1935: 18]. Один из наиболее наглядных методов измерения «силы тока» – электролитический. В 1893 г. за единицу количества электричества принималось такое количество электричества, которое в одну секунду осаждает 1,1180 мг серебра (из раствора нитрата серебра). Эта единица называется «ампер». В данном случае ампер измерялся с помощью часов и весов [Поль, 1935: 19]. Этот метод наглядно показывает, что ампер интерпретируется, по сути, как определенное количество электроэнергии.

Рассмотрим современное понимание термина «сила тока»:

«Сила тока электрического – величина ( $I$ ), характеризующая упорядоченное движение электрических зарядов и численно равная количеству заряда  $\Delta Q$ , протекающего через определенную поверхность  $\Delta S$  в единицу времени:  
 $I = \Delta Q / \Delta t$ » [Физическая..., 1994: 496].

Приведенное определение никак не объясняет, почему «сила тока» одинакова во всех точках последовательной цепи, а скорее противоречит этому положению. Если в цепи есть, например, лампочка, и все «заряды» проходят через нее, но тогда неясно за счет какой энергии горит лампочка. К тому же приведенная формула «силы тока»:  $I = \Delta Q / \Delta t$ , по конструкции идентична формуле мощности:  $P = \Delta E / \Delta t$ . Особенно, если принять:

– количество заряда  $\equiv$  количество электричества  $\equiv$  количество электроэнергии.

Это дает основания сделать вывод – величина «сила тока» связана с величиной мощности потока электроэнергии, но не идентична ей.

Роберт Поль указывает:

«...Измерители напряжения, через которые идет ток, по сути, представляют собой не что иное, как переградуированные измерители тока» [Поль, 1962: 31].



Складывается не очень внятная ситуация – если гальванометр включается в цепь последовательно, то считается, что он измеряет один параметр цепи («силу тока»), а когда гальванометр включается параллельно, то он каким-то магическим образом измеряет другой параметр цепи («напряжение»). Парадоксально, но эти параметры цепи имеют разные единицы измерения. А прибор, по сути, один и тот же. Обычно один прибор измеряет одно свойство (величину), весы, например, не могут измерять длину. Стало быть, и гальванометр измеряет некоторые параметры одного феномена – мощности потока электроэнергии.

## 6. Что измеряет «вольтметр»

Разность в количестве электроэнергии между клеммами источника тока Георг Ом называл **электроскопической разностью** (или напряжением).

Мощность потока электроэнергии складывается из двух параметров: абсолютной и относительности электроскопической разности, подробнее см.: [Ильясов, 2021].

Абсолютная электроскопическая разность («напряжение») – это разность в количестве электроэнергии на клеммах источника тока (двух точках цепи). Абсолютная разность задает количество электроэнергии, которая цепь стремится перенести из избыточной клеммы источника тока в дефицитную.

Величина абсолютной электроскопической разности ( $\mathcal{E}P$ ) задается соотношением (1):

$$\mathcal{E}P = EL_1 - EL_2.; \quad (1)$$

Где:

$\mathcal{E}P$  – разность в количестве электроэнергии между избыточно заряженной и дефицитно заряженной клеммами источника тока.

$EL_1$  – количество электроэнергии в (на) избыточно заряженной (плюсовой) клемме источника тока.

$EL_2$  – количество электроэнергии в (на) дефицитно заряженной (минусовой) клемме источника тока.

Например, если на одной клемме источника тока 110 *cal* электроэнергии, а на другой 10 *cal*, то величина «напряжения» будет =100 *cal*.

Относительная электроскопическая разность – это отношение количества электроэнергии в избыточно заряженной клемме к количеству электроэнергии в дефицитно заряженной клемме источника тока. Относительная разность задает скорость протекания электроэнергии по цепи.

Абсолютная электроскопическая разность («напряжение») может измеряться электростатическим электрометром. Использование этого прибора делает более наглядным описание феномена электроскопической разности.

Электростатический электрометр, подключенный к клеммам источника тока, измеряет электроскопическую разность («напряжение») между клеммами источника тока. А

электростатический электрометр, подключенный параллельно нагрузке (элементу цепи, поглощающему электроэнергию), измеряет разность между мощностью потока электроэнергии, входящего в нагрузку и выходящего из нее.

## 7. Что измеряет «амперметр»

Если с пониманием и описанием того, что именно измеряет электростатический электрометр («вольтметр»), можно полагать, не возникает особых сложностей, то с пониманием того, что именно измеряет «амперметр» не все так однозначно.

Можно предположить, что магнитный электрометр («амперметр») измеряет скорость движения электро-квантов.

Величина относительной электроскопической разности задает скорость протекания электрической энергии по цепи, представляет собой коэффициент ( $Cv$ ), определяется соотношением (2):

$$Cv = EL_1 / EL_2 ; \quad (2)$$

Где:

$Cv$  – коэффициент скорости перемещения электро-квантов;

$EL_1$  – количество электроэнергии в избыточно заряженной (плюсовой) клемме источника тока.

$EL_2$  – количество электроэнергии в дефицитной заряженной (минусовой) клемме источника тока.

Мгновенная величина мощности потока электроэнергии ( $PE$ ) задается произведением электроскопической разности ( $ЭР$ ) на коэффициент скорости ( $Cv$ ), описывается соотношением (3):

$$PE = ЭР \times Cv ; \quad (3)$$

Примем условный пример. Допустим, количество электроэнергии на избыточно заряженной клемме = 75 cal, а на дефицитной заряженной = 5 cal (цифры условные). Соответственно электроскопическая **разность** в величине электроэнергии между двумя клеммами составит 70 cal (75 cal – 5 cal). То есть электрическая цепь будет стремиться перенести из избыточно заряженной клеммы в дефицитную 70 cal электроэнергии.

Коэффициент **скорости** перемещения ( $Cv$ ) составит 14 (70 cal / 5 cal).

Отсюда, величина **мощности** энергии потока электро-квантов ( $PE$ ), выходящего из избыточной клеммы и поступающей в цепь будет = 980 cal (70 cal × 14).

Условно примем, что указанные выше 980 cal, выходя из избыточной клеммы и поступая в цепь, проходят через сечение проводника за единицу длительности равную 1 сек. Тогда

мощность потока электроэнергии, выходящего из избыточно заряженной клеммы, составит 980 cal/s.

## 8. Заключение

Электростатический электрометр («вольтметр»), подключенный к клеммам источника тока, измеряет электроскопическую разность («напряжение») между клеммами источника тока. Электростатический электрометр, подключенный параллельно нагрузке (элементу цепи, поглощающему электроэнергию), измеряет разность между мощностью потока электроэнергии, входящего в нагрузку и выходящего из нее.

В отношении того, какую величину измерял магнитный электрометр Ома («амперметр») можно выдвинуть две гипотезы - «амперметр» измеряет:

- a) мощность потока электроэнергии в конце цепи;
- b) коэффициент скорости движения потока электроэнергии.

## Ссылки \ References

- Ильясов Ф. Н. (2019) Кванты электрической энергии – о концепции электричества Бенджамина Франклина. М.: ИЦ Орион, ноябрь. Препринт.  
Iliassov, Farkhad N. (2019) Quanta of electrical energy – on the concept of electricity Benjamin Franklin. Moscow: IC Orion. Preprint. (in Russ)  
<https://www.researchgate.net/publication/340162394>
- Ильясов Ф. Н. Мощность потока электроэнергии в унитарной концепции электричества. М.: ИЦ Орион. 2021(a), октябрь. Препринт.  
Iliassov F. N. Electricity flow power in unitary electricity concept. 2021(a), October. Preprint. (in Russ)  
<https://www.academia.edu/42210406/>
- Физическая энциклопедия. (1994) Гл. ред. А.М. Прохоров. В 5-ти тт. Т. 4. М.: Большая российская энциклопедия.  
Physical encyclopedia. (1994) Ch. ed. A.M. Prokhorov. In 5 vols. Vol. 4. M.: Bol'shaya rossiiskaya entsiklopediya. (in Russ)
- Франклин В. (1956) Опыты и наблюдения над электричеством. М.: Изд-во АН СССР.  
Benjamin Franklin's Experiments. (1941) A new edition of Franklin's Experiments and Observations on Electricity. In ed. I. Bernard Cohen. Cambridge, Massachusetts. (Russ. ed.)
- Эпинус Ф. У. Т. (1951) Теория электричества и магнетизма. М.: Изд-во АН СССР.  
Aepinus, Franz. (1951) Theory of electricity and magnetism. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. (Russ. ed.)
- Эрстед Г.-Хр. (1989) Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку // Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): М.: Высш. шк. С.307-312.

Oersted G.-Hr. (1989) Experiments related to the action of an electric current on a magnetic needle  
// Classics of physical science (from ancient times to the beginning of the 20th century):  
Moscow: Vysshaya shkola. (Russ. ed.)

Gibilisco, Stan; MONK, Simon. (2016) Teach Yourself Electricity and Electronics. 6-d ed. McGraw-Hill Education.

OHM, Georg Simon. (1826) Versuch einer Theorie der durch galvanische Kräfte hervorgebrachten elektroskopischen Erscheinungen. In: J. C. Poggendorff (Hrsg.): Annalen der Physik und Chemie. Berlin, Band 82, S. 459–469 (speziell S. 459).  
[http://zs.thulb.uni-jena.de/servlets/MCRFileNodeServlet/jportal\\_derivate\\_00135011/18260820405\\_ftp.pdf](http://zs.thulb.uni-jena.de/servlets/MCRFileNodeServlet/jportal_derivate_00135011/18260820405_ftp.pdf)

OHM, Georg Simon. (1827) Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet. Berlin: Riemann.  
[http://www2.ohm-hochschule.de/bib/textarchiv/Ohm.Die\\_galvanische\\_Kette.pdf](http://www2.ohm-hochschule.de/bib/textarchiv/Ohm.Die_galvanische_Kette.pdf)