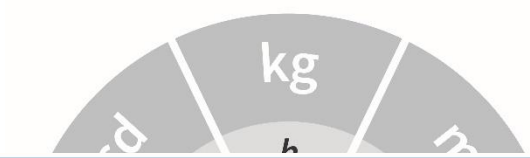


The ampere

The ampere, symbol A, is the SI unit of electric current. It is defined by taking the fixed numerical value of the elementary charge *e* to be 1.602 176 634 x 10^{-19} when expressed in the unit C, which is equal to A s, where the second is defined in terms of $\Delta\nu_{Cs}$.

This definition implies the exact relation *e* = 1.602 176 634 x 10^{-19} A s. Inverting this relation gives an exact expression for the unit ampere in terms of the defining constants *e* and $\Delta\nu_{Cs}$:

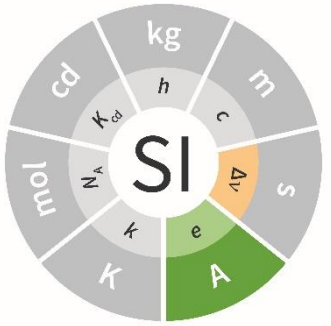
$$1\,\mathrm{A} = \left(\frac{e}{1.602\,176\,634 \times 10^{-19}}\right)\mathrm{s}^{-1}$$

which is equal to

$$1\,\mathrm{A} = \frac{1}{(9\,192\,631\,770)\left(1.602\,176\,634 \times 10^{-19}\right)}\Delta\nu_{\mathrm{Cs}}e \approx 6.789\,687 \times 10^{8}\,\Delta\nu_{\mathrm{Cs}}e$$

The effect of this definition is that one ampere is the electric current corresponding to the flow of 1/(1.602 176 634 x 10^{-19}) elementary charges per second.

กฎของโอห์ม (Ohm's law, 1825 - 1826)



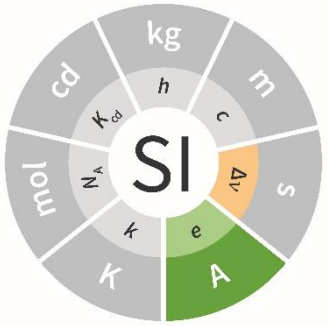
- กฎพื้นฐานที่สำคัญ (ที่สุด) ในสาขาวิชาไฟฟ้า
- I = V/R หรือ $\mathbf{J = \sigma E}$
  - I คือกระแสไฟฟ้า
  - V คือแรงดันไฟฟ้า
  - R คือความต้านทานไฟฟ้า

หน่วยของ I, V และ R คืออะไร?

- กระแสที่ไหลผ่านจุดสองจุดของตัวนำจะแปรผันตามแรงดันไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น โดยมีสัมประสิทธิ์การแปรผันเป็นส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้าระหว่างสองจุดนั้น

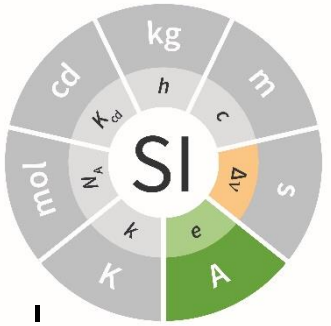
The dependence of the current density on the applied electric field is essentially quantum mechanical in nature.

กลศาสตร์ และ ไฟฟ้าแม่เหล็ก



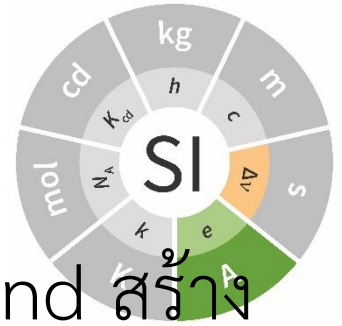
- วิชากลศาสตร์/ดาราศาสตร์เกิดก่อนวิชาไฟฟ้าแม่เหล็ก
- ปริมาณและหน่วยทางกลศาสตร์ /ดาราศาสตร์เกิดขึ้นก่อน
  - แรง
  - ระยะทาง
  - มวล
  - ความเร็ว
  - ความเร่ง
- Gauss (1833) เสนอว่า แรงไม่ว่าจะเป็นแรงทางกลศาสตร์ หรือแรงทางไฟฟ้าแม่เหล็ก หากมีขนาดเท่ากันแล้ว จะเท่ากัน
- ปริมาณและหน่วยทางไฟฟ้าแม่เหล็ก จึงได้จากการเปรียบเทียบกับปริมาณและหน่วยทางกลศาสตร์ $\rightarrow$ Watt balance

ศตวรรษที่ 19



- ค้นหาหน่วยทางไฟฟ้าแม่เหล็กที่สะดวกในการใช้งานในการแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้าแม่เหล็ก
- เลือกหน่วย (จากสามหน่วย) ไปผนวกกับหน่วยทางกลศาสตร์และดาราศาสตร์เพื่อพัฒนาให้เป็นระบบหน่วยที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและเหมาะแก่การใช้งาน

ศตวรรษที่ 20

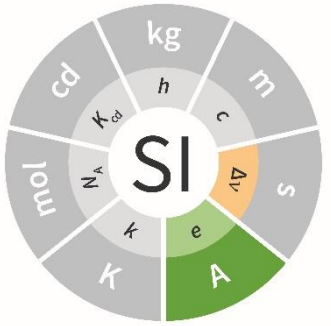


- เลือกหน่วย ampere ไปรวมกับหน่วย metre, kilogram และ second สร้างระบบหน่วย 4 มิติที่เหมาะแก่การใช้งาน

  The ampere is that constant current which, if maintained in two straight parallel conductors of infinite length, of negligible circular cross-section, and placed 1 metre apart in vacuum, would produce between these conductors a force equal to 2×10^{-7} newton per metre of length.

- ปี 1946 นิยามหน่วย ampere, volt, ohm, farad และ อื่นๆ
- ปี 1954 กำหนดให้ ampere เป็นหน่วยฐาน
- ปี 1990 เริ่ม K_J และ R_K ในการแสดงหน่วย volt และ ohm
- ด้วยกฎของโอห์มจึงสามารถ realise หน่วย ampere ผ่าน volt และ ohm

ศตวรรษที่ 21



- Ampere เป็นหน่วยฐานใน SI ที่ถูกลืม/ละ

The ampere, symbol A, is the SI unit of electric current. It is defined by taking the fixed numerical value of the elementary charge *e* to be 1.602 176 634 x 10^{-19} when expressed in the unit C, which is equal to A s, where the second is defined in terms of $\Delta\nu_{Cs}$.

This definition implies the exact relation e = 1.602 176 634 x 10^{-19} A s. Inverting this relation gives an exact expression for the unit ampere in terms of the defining constants e and $\Delta\nu_{Cs}$:

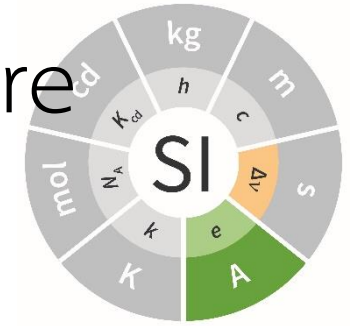
$$1\,\mathrm{A} = \left(\frac{e}{1.602\,176\,634 \times 10^{-19}}\right)\mathrm{s}^{-1}$$

which is equal to

$$1\,\mathrm{A} = \frac{1}{(9\,192\,631\,770)\left(1.602\,176\,634 \times 10^{-19}\right)}\Delta\nu_{\mathrm{Cs}}e \approx 6.789\,687 \times 10^{8}\,\Delta\nu_{\mathrm{Cs}}e$$

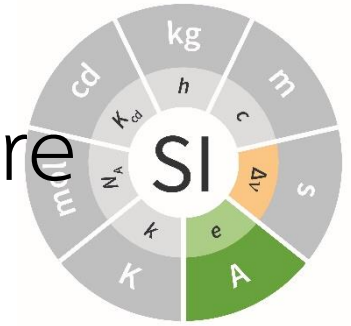
The effect of this definition is that one ampere is the electric current corresponding to the flow of 1/(1.602 176 634 x 10^{-19}) elementary charges per second.

Mise en pratique for the definition of the ampere and other electric units in the SI



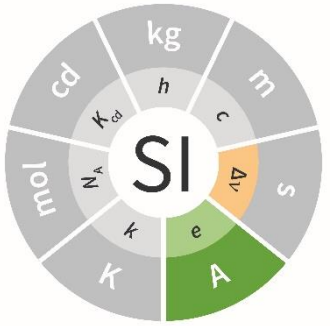
- to realize a unit generally means to establish the value and associated uncertainty of a quantity of the same kind as the unit that is consistent with the definition of the unit.
- เตรียมโดย Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) of the International Committee for Weights and Measures (CIPM)
- เพื่อชี้บอกกระบวนการในการทำหน่วยทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก เช่น ampere, volt, ohm, siemens, coulomb, farad, henry, watt, tesla และ weber มาทำให้เป็นจริงเชิงประจักษ์ในทางปฏิบัติ

Mise en pratique for the definition of the ampere



- นิยามของ ampere ไม่มีนัยถึงการทดลองใดเป็นพิเศษ กระบวนการใดที่สามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าโดยผ่านไปยังกลุ่มของค่าคงตัวทั้งเจ็ดสามารถใช้ได้ทั้งสิ้น
- The definition of the ampere does not imply any particular experiment for its practical realization. Any method capable of deriving an electric current value traceable to the set of seven reference constants could, in principle, be used.

Practical realization of the ampere

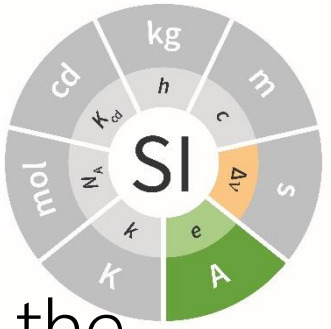


a) by using Ohm's law, the unit relation A = V/Ω, and using practical realizations of the SI derived units the volt V and the ohm Ω, based on the Josephson and quantum Hall effects, respectively, as discussed in Secs. 4 and 5 below; or

b) by using a single electron transport (SET) or similar device, the unit relation A = C/s, the value of *e* given in the definition of the ampere and a practical realisation of the SI base unit the second s; or

c) by using the relation $I = C \cdot dU/dt$, the unit relation A = F·V/s, and practical realisations of the SI derived units the volt V and the farad F and of the SI base unit second s.

Practical realization of the volt, V

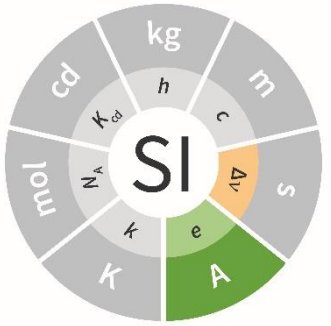


- The volt V can be realized using the Josephson effect and the following value of the Josephson constant K_J:

  $K_J = 2e/h = 483\,597.848\,416\,984$ GHz V^{-1} * (1)

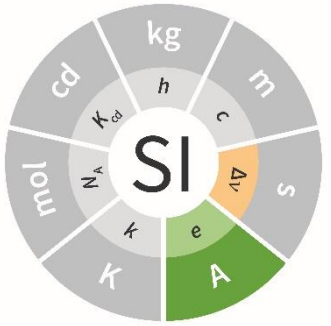
- * This value has been calculated to 15 significant digits
- The values of h and e given definition; the quotient *2e/h* can obviously be calculated with any number of digits, this truncated recommended value is in error by less than 1 part in 10^{15}, which is intended to be negligible in the vast majority of applications. In those rare cases where this error may not be negligible, additional digits should be employed.

Effect



- K_J มีค่าน้อยกว่า $K_{J\text{-}90}$ = 483 597.9 GHz/V อยู่ในสัดส่วน 106.665×10^{-9}
- หมายความว่า หน่วย volt ที่ได้จาก $K_{J\text{-}90}$ โตกว่าหน่วย volt ที่ได้จากนิยามปัจจุบัน
- ดังนั้นหากวัด voltage ค่าหนึ่ง ควรพบว่า ค่าตัวเลขของ voltage นั้นที่ได้จากการวัดในเทอมของ $K_{J\text{-}90}$ มีขนาดเล็กกว่าค่าตัวเลขที่ได้จากการวัดในเทอมของ K_J ของนิยามปัจจุบันในสัดส่วนเดียวกัน

Practical realization of the ohm, Ω



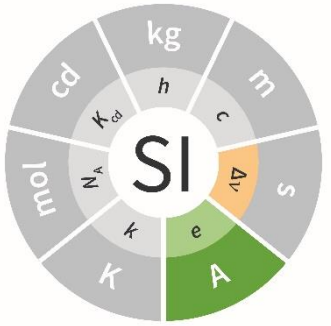
- The ohm Ω can be realised as follows:

a) by using the quantum Hall effect with the CCEM Guidelines and the following value of the von Klitzing constant R_K:

$$R_K = h/e^2 = 25\ 812.807\ 459\ 3045\ \Omega \quad * \qquad (2)$$

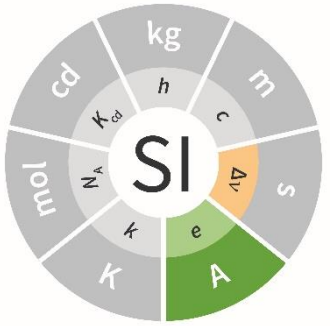
b) by comparing an unknown resistance to the impedance of a known capacitance using, for example, a quadrature bridge, where, for example, the capacitance has been determined by means of a calculable capacitor and the value of the electric constant

Effect



- R_K มีค่ามากกว่า $R_{K\text{-}90}$ = 25 812.807 Ω อยู่ในสัดส่วน 17.793×10^{-9}
- หมายความว่า หน่วย ohm ที่ได้จาก $R_{K\text{-}90}$ โตกว่าหน่วย ohm ที่ได้จากนิยามปัจจุบัน
- ดังนั้นหากวัด resistance ค่าหนึ่ง ควรพบว่า ค่าตัวเลขของ resistance นั้นที่ได้จากการวัดในเทอมของ $R_{K\text{-}90}$ มีขนาดเล็กกว่าค่าตัวเลขที่ได้จากการวัดในเทอมของ R_K ของนิยามปัจจุบันในสัดส่วนเดียวกัน

บริการสอบเทียบของ มว.



- ต้องปรับเอกสารห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง
- ต้องคำนวณผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมาตรฐานการวัดใน traceability chain ที่เกี่ยวข้อง
- แจ้งให้ผู้รับบริการทราบถึงผลกระทบ