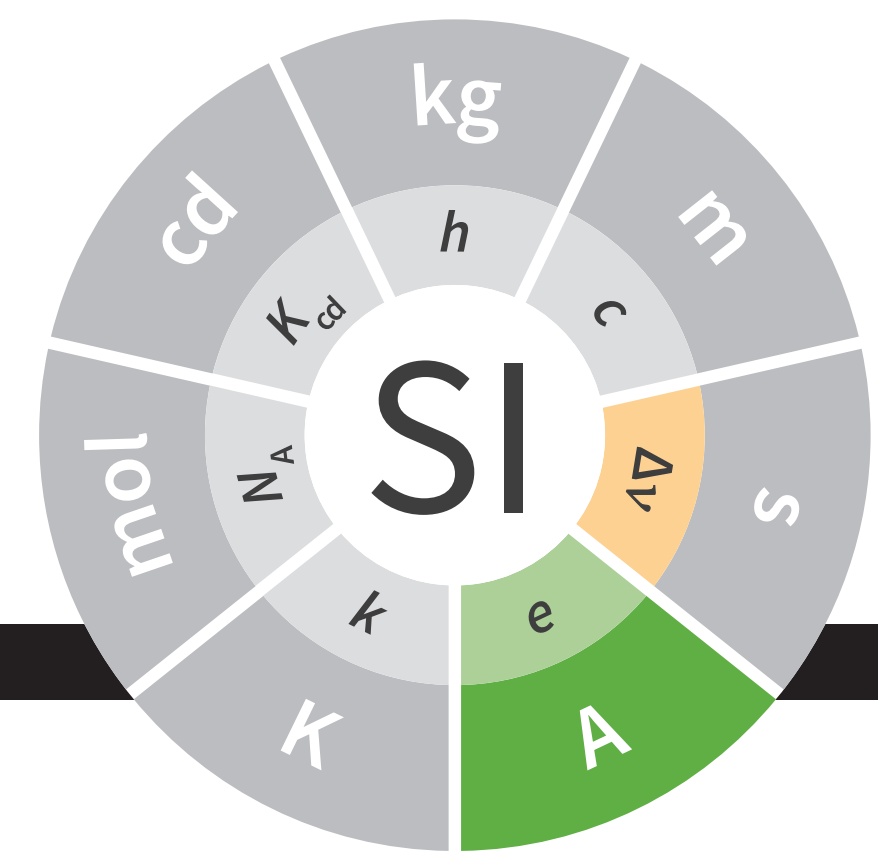


電流 (A)



現在の電流標準は、**ジョセフソン効果を利用した電圧標準**と、**量子ホール効果を利用した抵抗標準**とから、オームの法則（電流 = 電圧 ÷ 抵抗）を利用して導かれています。

ジョセフソン効果は1962年、イギリスのブライアン・ジョセフソン博士によって予言されました（この功績で1973年ノーベル物理学賞受賞）。2つの超伝導体を弱く結合させた素子にマイクロ波を印加すると、その両端の**電圧が、マイクロ波の周波数をジョセフソン定数（ $483\,597.848\,416\,984 \times 10^9$ Hz/V）で割った値に量子化**されます。この現象は実験的に実証され、のちにジョセフソン効果と呼ばれるようになります。現在の直流電圧の国家標準はこの現象を利用して実現されています。

量子ホール効果は1980年、ドイツのフォン・クリッツィング博士によって発見されました（この功績で1985年ノーベル物理学賞受賞）。半導体（二次元電子）素子を極低温（約 $-273\text{ }^\circ\text{C}$ ）に冷却し、高い磁場（約10 T）を印加することで、**ホール抵抗の値が $25\,812.807\,459\,3045\ \Omega$ （フォン・クリッツィング定数）を整数で割った値に量子化**されます。量子ホール効果は測定温度や材料に依存しない普遍的な現象のため、現在はこの現象の精密測定によって抵抗標準が実現されています。



ジョセフソン博士 (左) とフォン・クリッツィング博士 (右)

一方で近年、低消費電力の電子部品や高感度なセンサー素子などにおいてマイクロアンペア以下の電流を正確に測りたいというニーズが高まっており、**物質中の電子を一粒一粒制御することによる新たな電流標準**を実現する研究も進められています。1アンペアは、決まった大きさの電荷（ $e = 1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C）を持つ電子が1秒間に何個流れたかで定義できるため、ナノテクノロジーによって作られる単一電子ポンプ素子を利用し電子の動きを一粒ずつ制御することで決まった大きさの電流（ $I = ef$ ）を作り出すことができます。この素子では、電子間のクーロン反発力を利用して電子を一個の単位で閉じ込めたり、押し出したりすることができます。ゲート電極に印加する電圧を上下させることによって電子を一つずつ押し出すことができ、この動作を1秒間に正確な回数だけ行うことで正確な電流を実現します（展示模型を参照）。

