固体物理1

広島大学　井野明洋

連絡先
居室1: 理 D205（内7471）
居室2: 放射光セ 408（内6293）
ino@hirosima-u.ac.jp

質問は大歓迎です

話をしている途中でも、

遠慮なく、どうぞ。

できれば、手を上げて下さい。

込み入った質問は、居室へどうぞ

- 理学部棟 D205
- 放射光セ 308

固体物理

・って、一体、なに?

・どこが、面白いの?

・食べられるの?

固体物理1

第1講

導入

~~ なぜ 固体物理 なのか ~~

広島大学　井野明洋

居室: 理D205、放射光セ308

気体論

状態方程式 $$PV = nRT$$

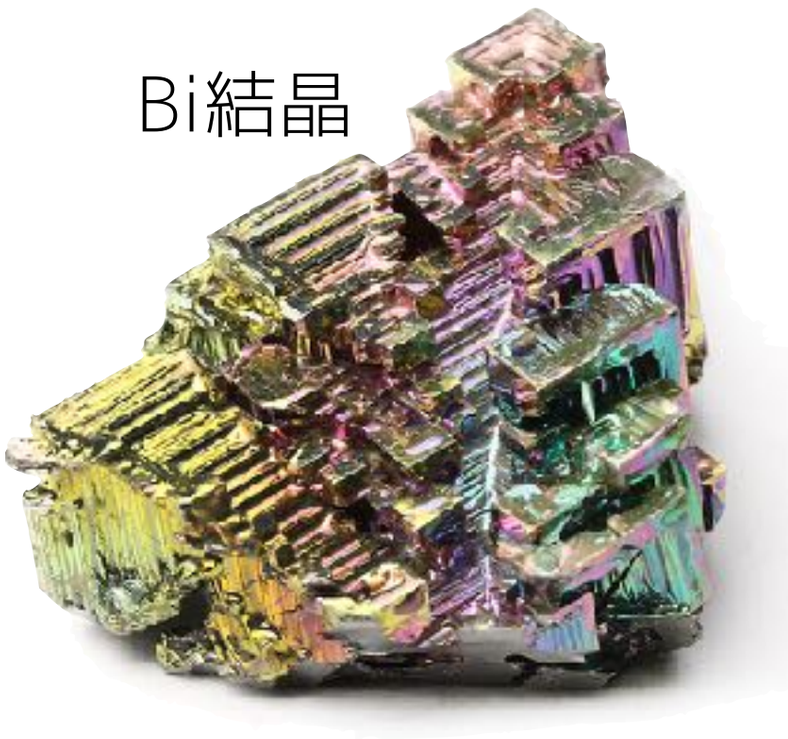
エネルギー等分配則 $$C_v = \frac{1}{2} k_{\mathrm{B}} N_{\mathrm{f}}$$

・低密度、無秩序(等方的)、**普遍的**な性質。

・19世紀にほぼ完成。**古典物理**の枠内。高校で習う。

固体論

Bi結晶



ダイヤモンド原石

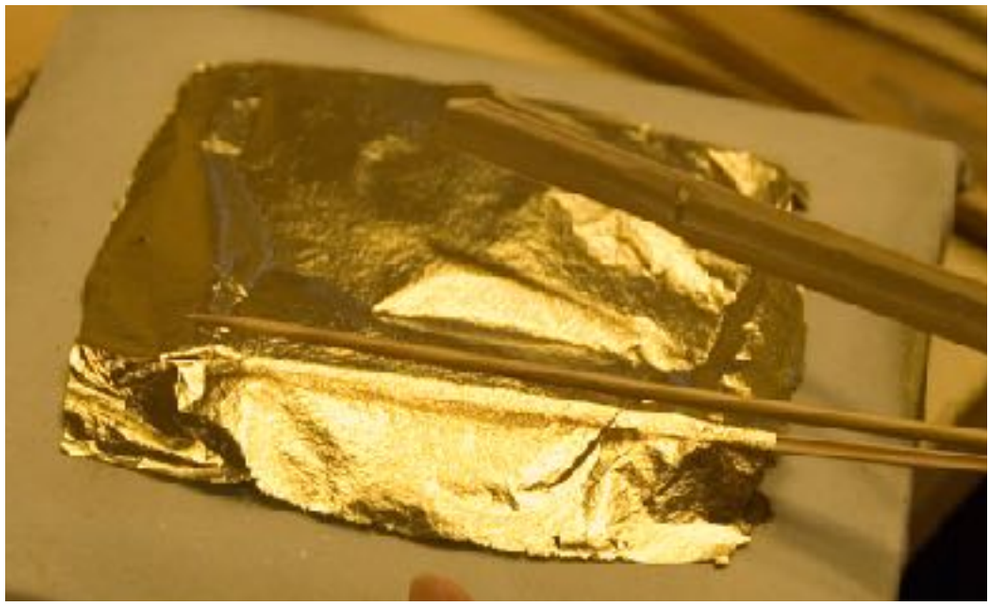
Si単結晶 インゴット

・高密度、結晶秩序(異方的)、**複雑で多様**な構造。

・20世紀から、現在も発展中。**量子力学**が必須。

金属結晶 と イオン結晶

Au (金箔)



写真提供：金沢市

展延性

変形できる

NaCl (岩塩)

画像引用
wikipedia

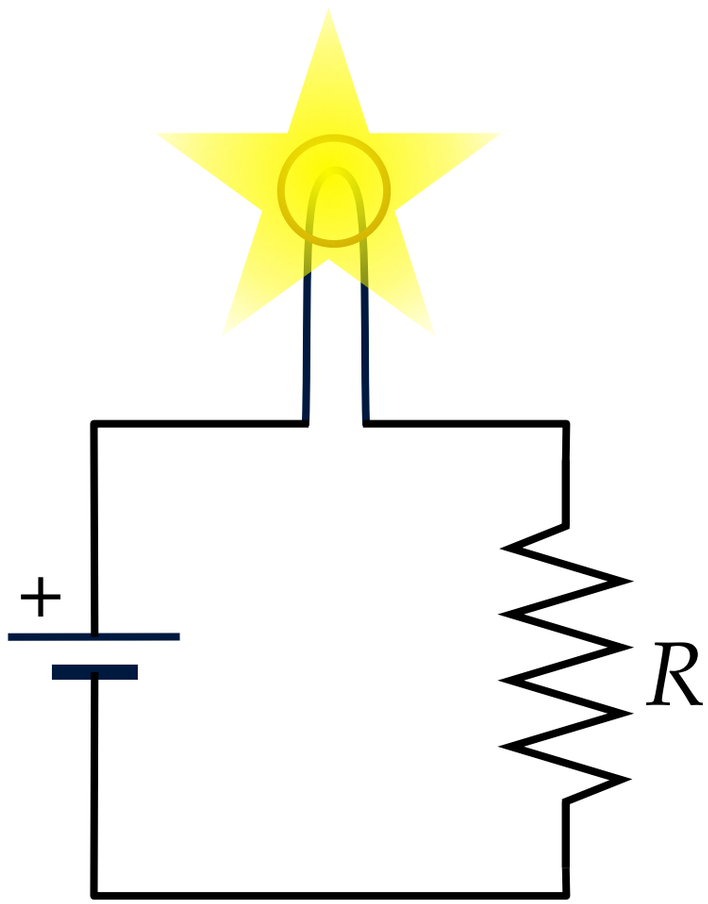
劈開性

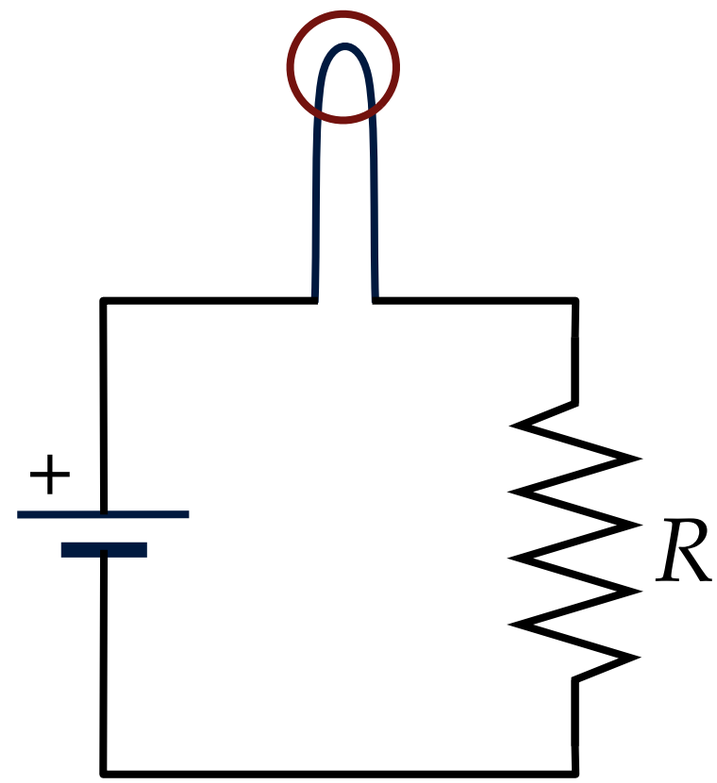
硬くて割れる

なぜ、違うのか？

固体物理1で扱う

導体 と 絶縁体





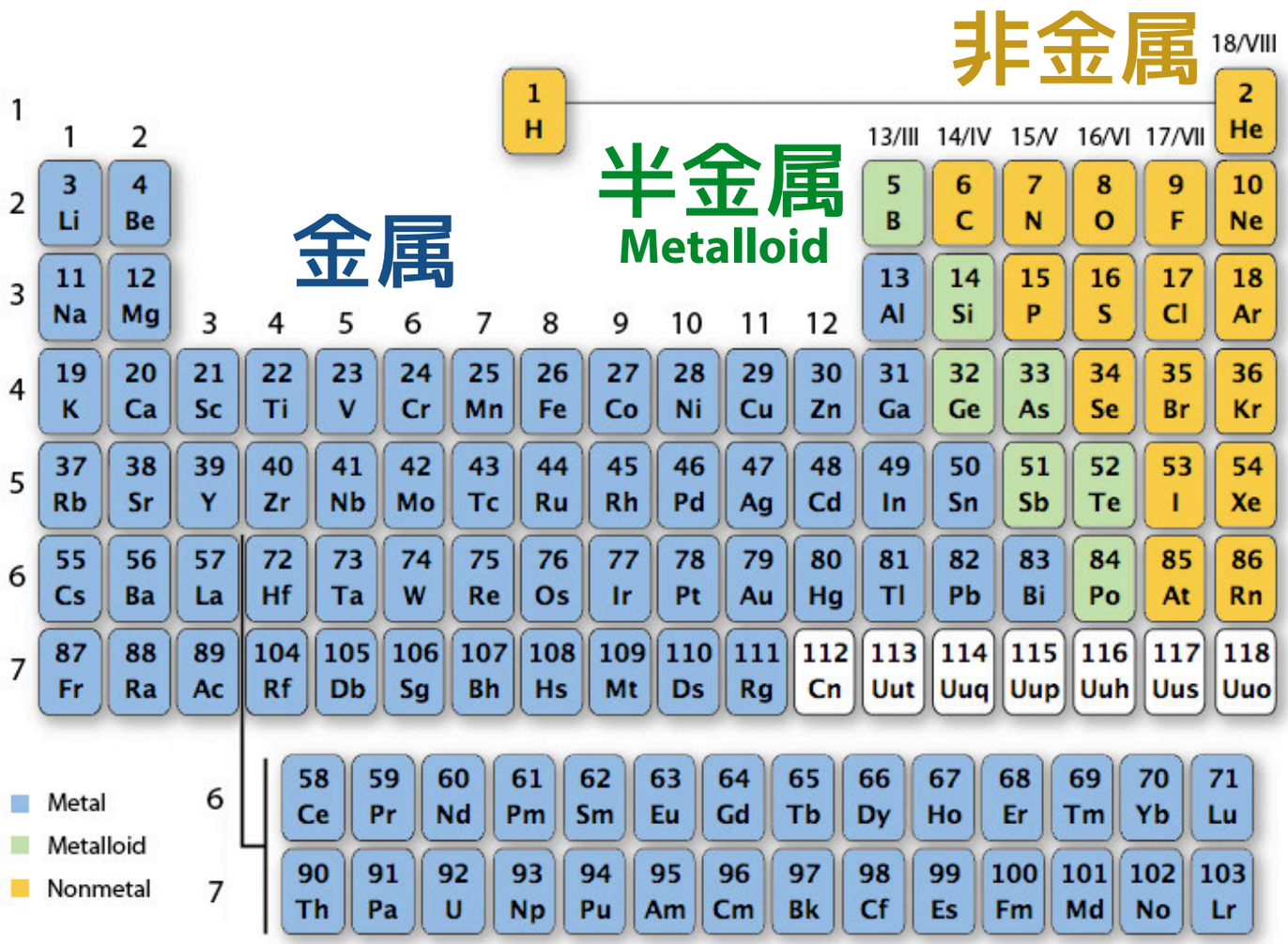
オームの法則 $$V = RI$$

抵抗値 R は、
物質に依存する。

なぜ、電気を通す物質と、通さない物質があるのか？

固体物理1の主題のひとつ

金属と非金属

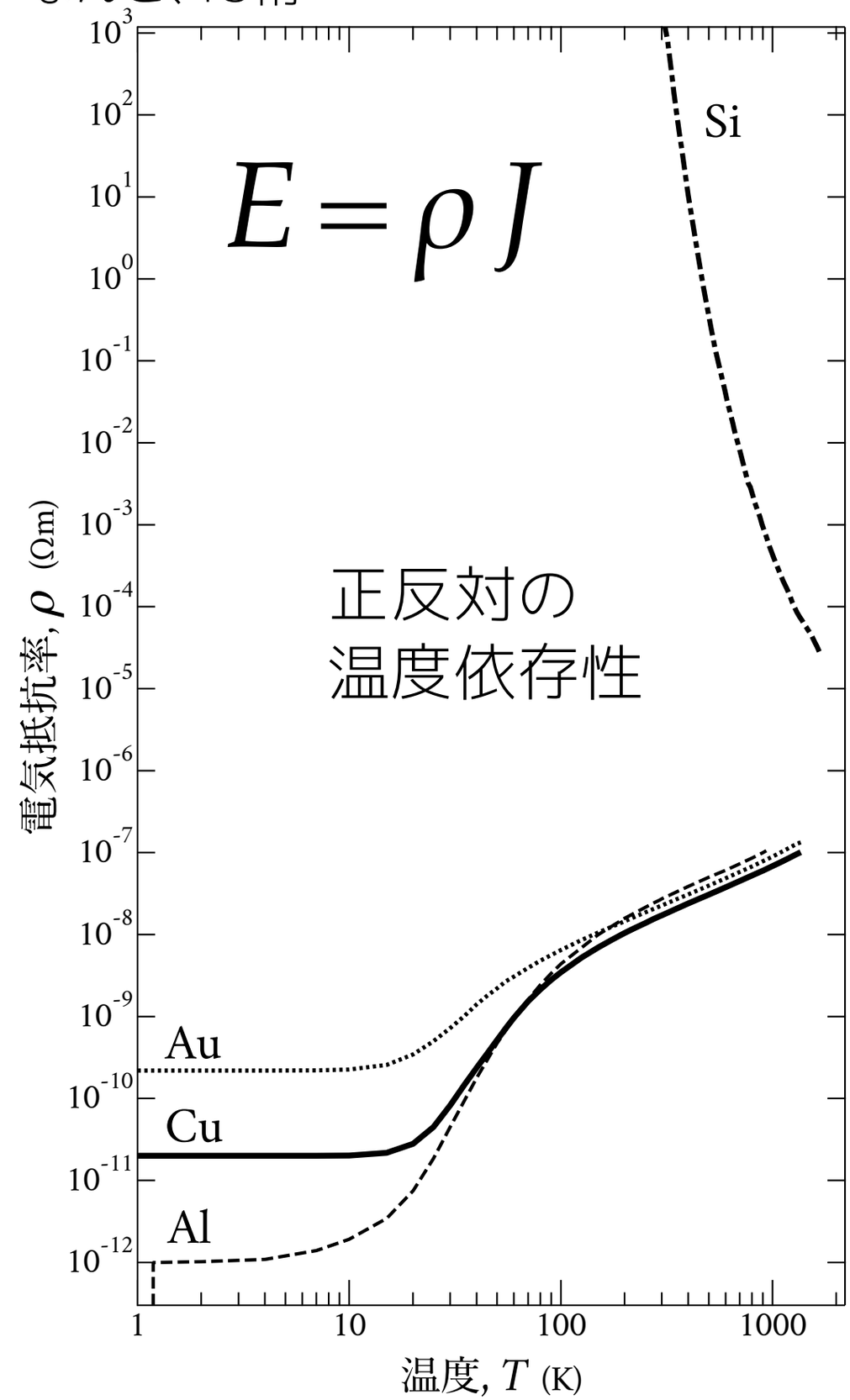


どこに、違いがあるのか？

なぜ、違うのか？

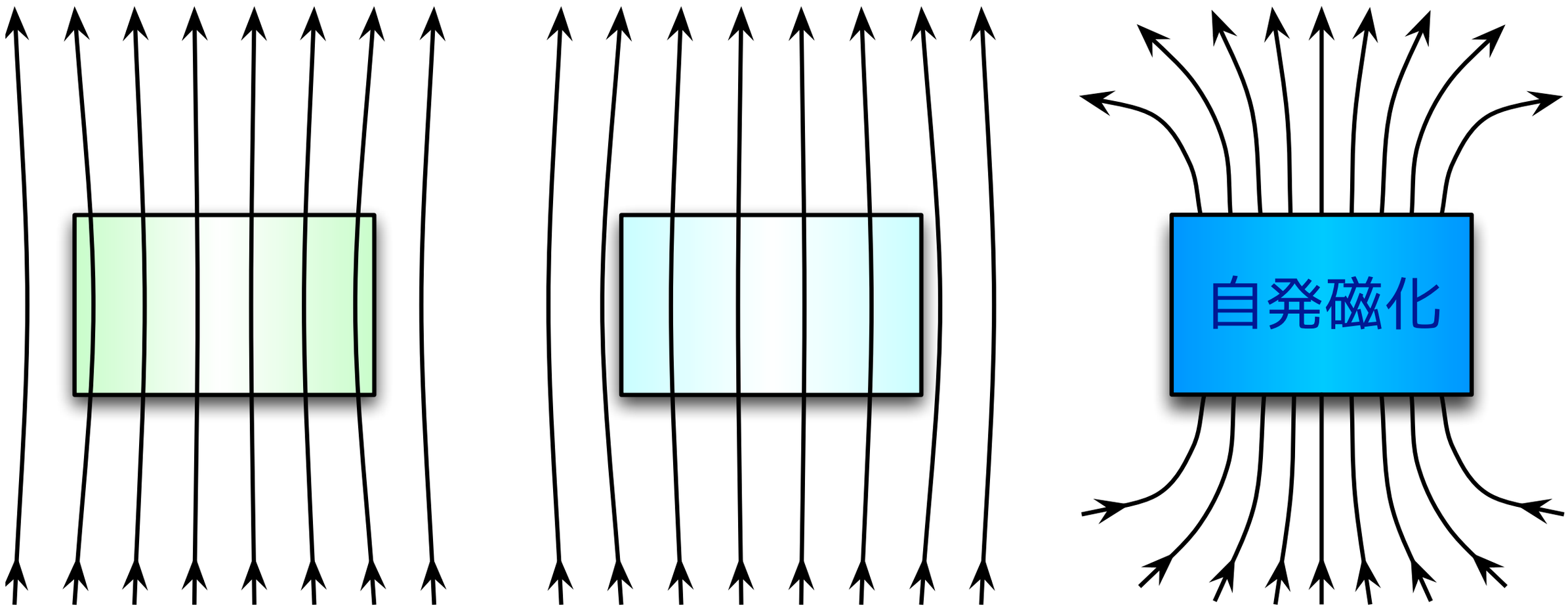
どうして、こうなるのか？

なんと、15桁



固体物理1の主題のひとつ

常磁性、反磁性、強磁性



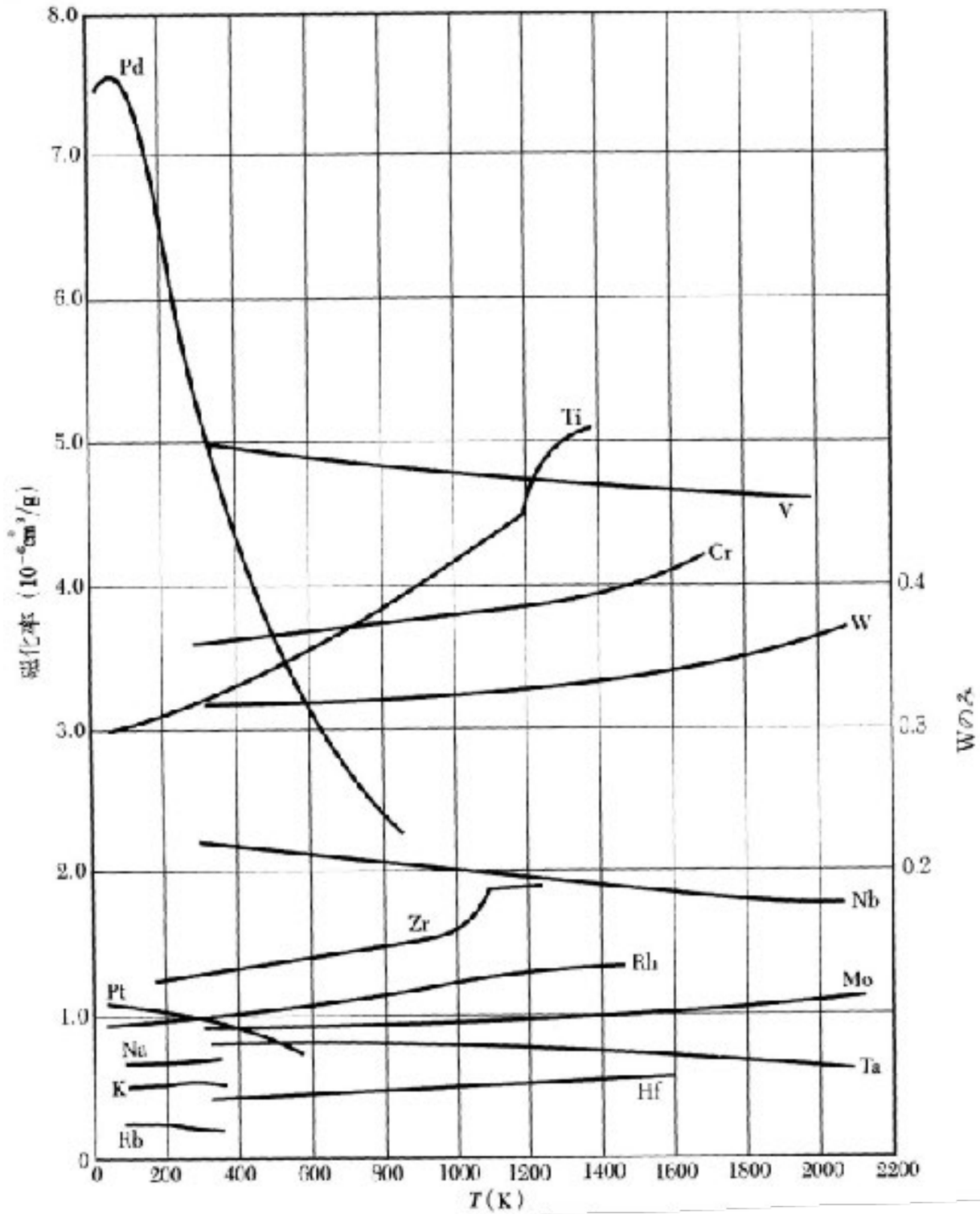
Al、Mn など　　Cu、C、H_2O など　　Fe、Co、Ni など

なぜ、磁石になる物質と、ならない物質があるのか？

主に固体物理2で扱う

固体の磁化率

$$M = \chi H$$



なぜ、違うのか？

どうして、こうなるのか？

主に固体物理２で扱う

知りたいこと

結合 (金属/共有/イオン)

密度、硬度/強度、音速

沸点/融点、熱膨張率、比熱

伝導 (金属/半導体/絶縁体)

超伝導体

電気伝導：**電気抵抗**

発光/光起電力

光学伝導：反射率/吸収率 (色)

熱 伝導：熱伝導率

熱電効果

磁性 (強磁性/常磁性/反磁性)

磁化率

磁気抵抗効果

キュリー温度、磁気異方性

多岐にわたる物性
と
多様な物理現象

身の回りのこと

古典物理学では
歯が立たず、
積年の謎に。

謎を解く鍵は、

量子の **統計性**

と

量子の **波動性**

にあった。

歴史の流れ

高校物理では
準備不足
今が始めどき

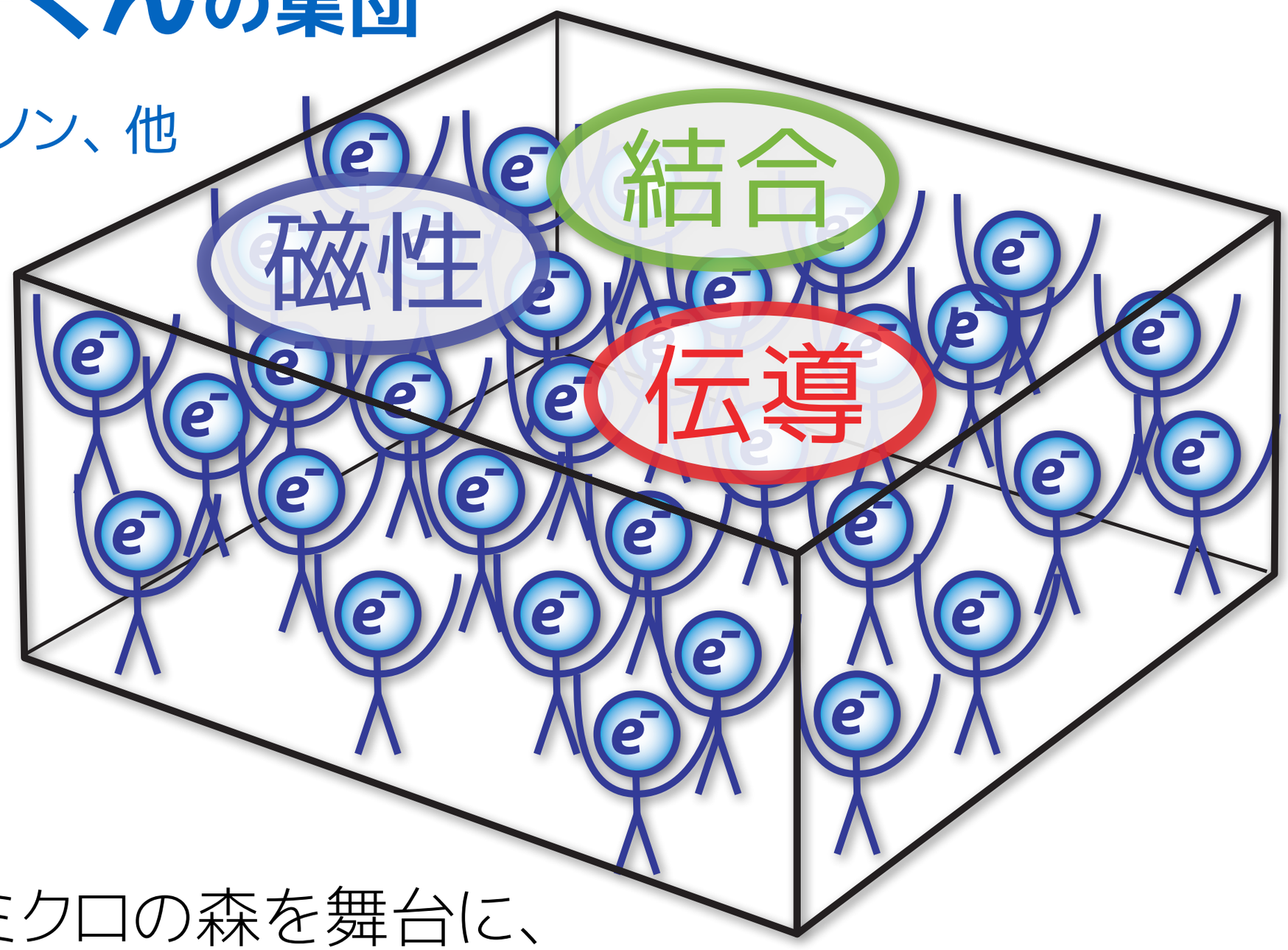
- **1687年**、ニュートン『プリンキピア』（古典力学）。
- **1788年**、ラグランジュ『解析力学』（解析力学）。
- **1865年**、マックスウエル『電磁場の動力学的理論』（電磁気学）。
- **1896年**、ボルツマン『気体論講義』（気体運動論、古典統計力学）。
- **20世紀初頭**、量子力学が立ち上がる。固体物性解明の突破口に。
- **1920年代後半**、ブロッホら、バンド理論。固体物理の基礎が確立。
- **1957年**、BCS理論。超伝導解明。固体物理の金字塔。
- **1986年**、ベドノルツ & ミュラー、高温超伝導体の発見。
- 固体物理は、現在でも、活発に発展し続けている研究領域。

固体物理劇場（予告編）

主演：電子くんの集団

共演：フォノン、マグノン、他

舞台：結晶格子



結晶格子というミクロの森を舞台に、

電子くんの集団と、その仲間たちが作り出す**多彩な物理現象**

みどころ

~~ 身の回りに潜む量子現象 ~~

・原子にぶつからずに、十万 Å を走り抜ける電子。

・ほとんど自由度の無い自由電子。

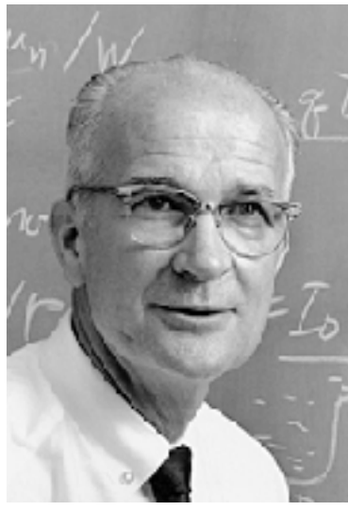
・重くなったり、軽くなったりする電子。

・室温で固体中に出現する電子の反粒子。

でも

何の役に立つの？

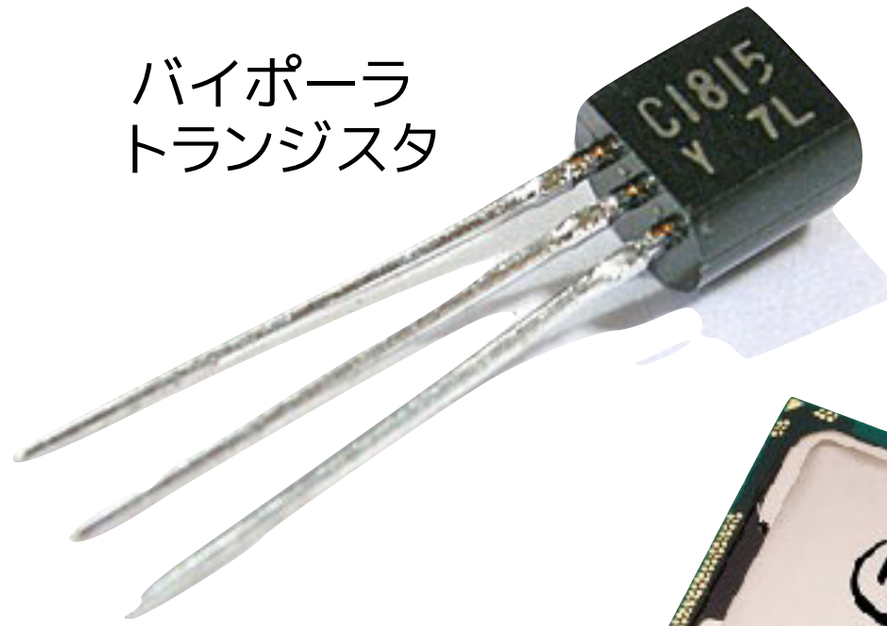
トランジスター



W. B. Shockley　W. H. Brattain　J. Bardeen

ノーベル物理学賞 (1956)

バイポーラ
トランジスタ



集積回路
CPU

- **信号増幅** と **論理回路。**
- 集積するとコンピューターに。
- **現代電子文明を支える根幹技術。**

スパコン「京」

発光ダイオード

赤崎勇　　天野浩　　中村修二

ノーベル物理学賞 (2014)

- 高効率、低消費電力な光源。
- 長寿命で安定な光源。
- **ついに全色そろった。**

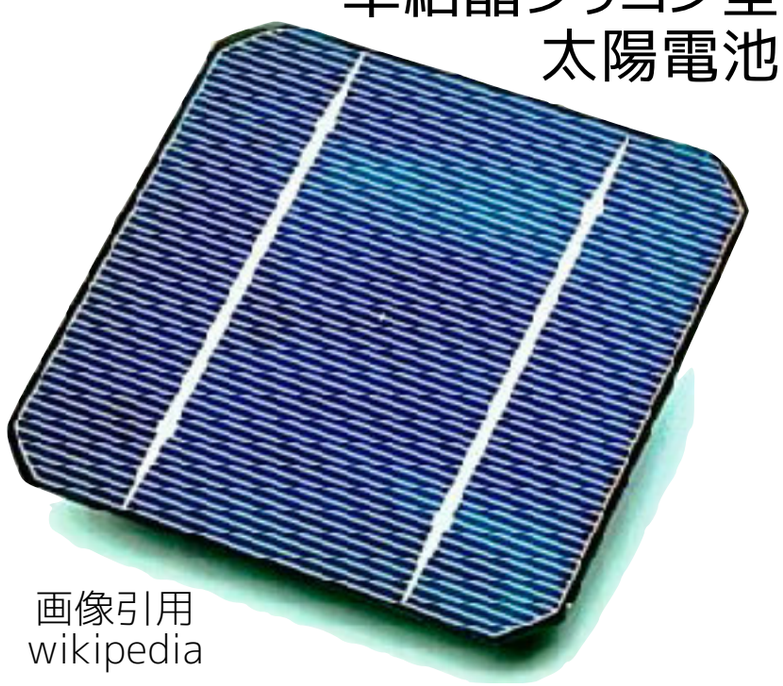
半導体の応用

エレクトロニクス：トランジスタ／集積回路／コンピュータ

光電変換：発光ダイオード／太陽電池／CCD撮像素子

熱電変換：ペルチェ素子／熱電変換素子

単結晶シリコン型
太陽電池



画像引用
wikipedia

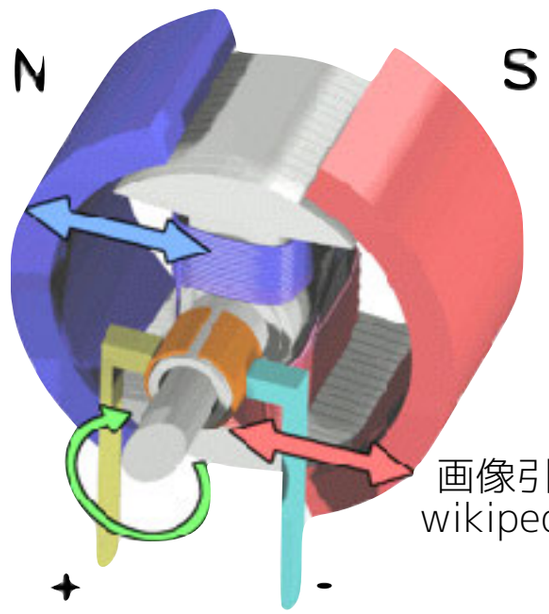
CCDを用いたデジカメ

ペルチェ素子

画像引用
wikipedia

磁性体の応用

モーター／発電機



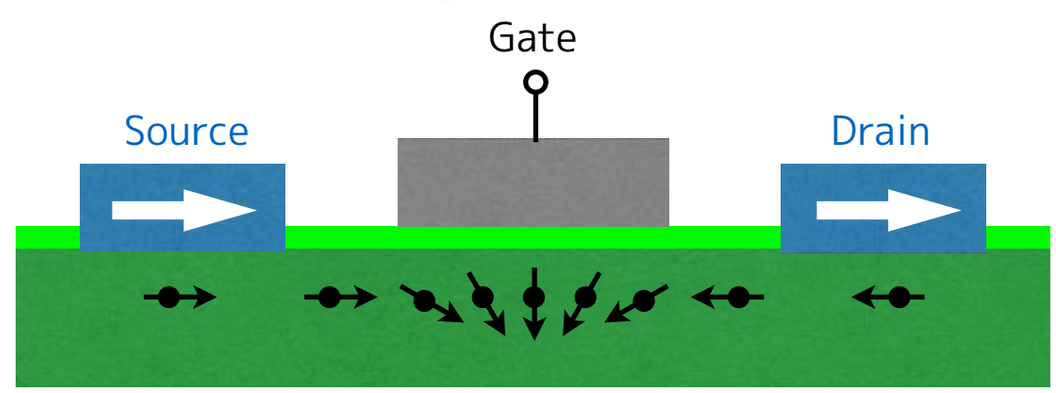
画像引用
wikipedia

ハードディスク

I-O DATA 社

スピーカー／マイク

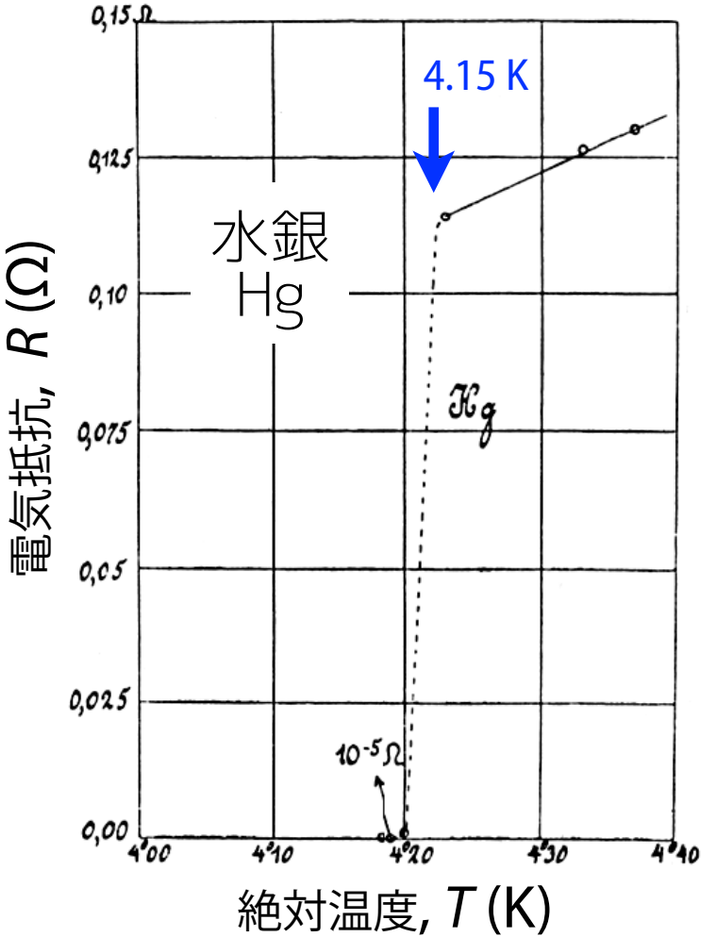
スピントロニクス



超伝導体

H. Kamerlingh-Onnes
ノーベル物理学賞 (1913)

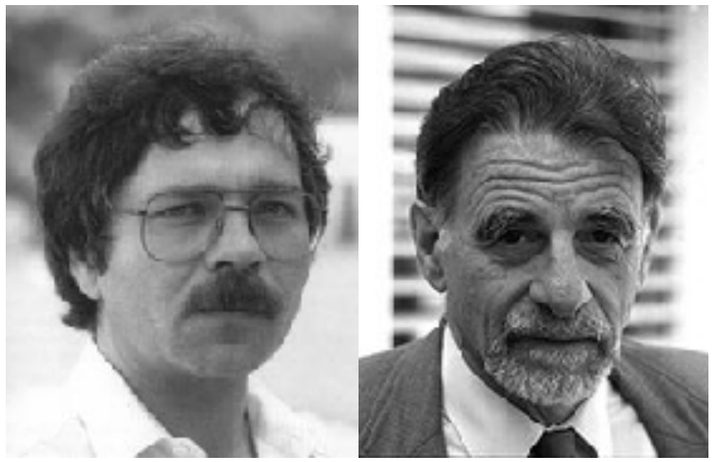
超伝導現象の発見



・電気抵抗が**完全にゼロ**

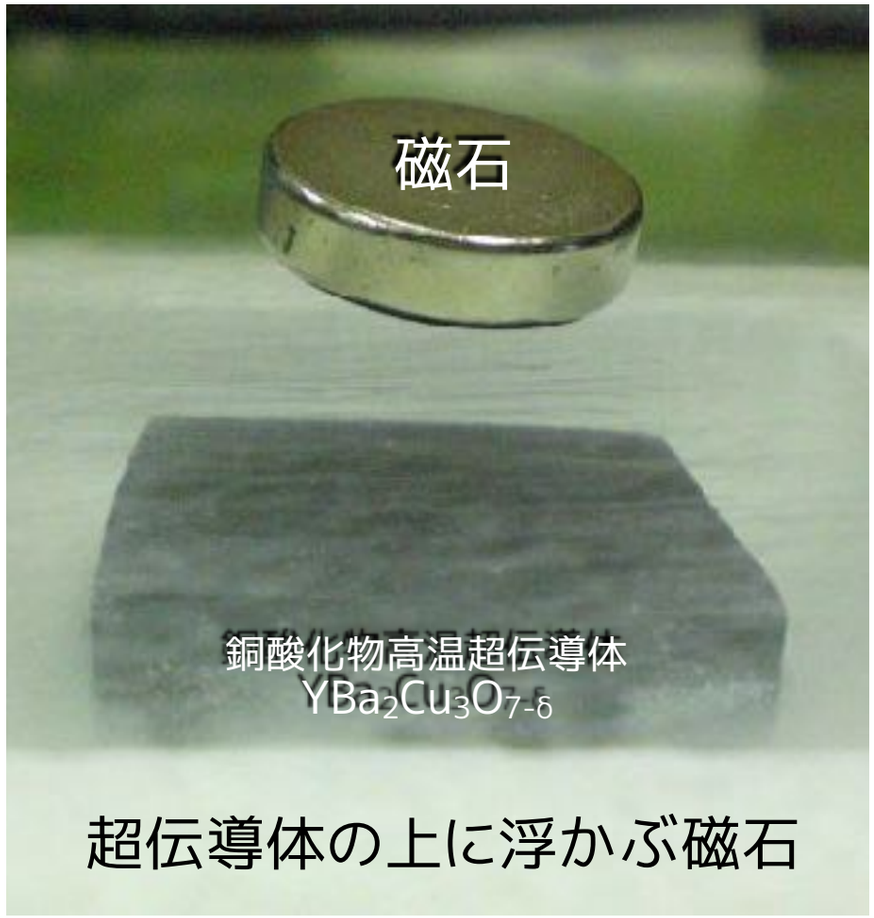
・完全反磁性

・リニアモーターカー、送電線、電力貯蔵、量子コンピュータ、磁気共鳴装置（MRI）



J. G. Bednorz　K. A. Muller
ノーベル物理学賞 (1987)

銅酸化物高温超伝導体の発見



超伝導体の上に浮かぶ磁石

位置づけ

多様性
マクロの現実
現代文明の日常生活
応用
intel
Core i7
C1815
固体物理学
統計力学
量子力学
基礎
普遍性
ミクロの法則

なぜ、固体物理が気になるのか？

・最も身近で具体的な 量子現象。

・現代文明を 直に支える 物質科学。

・物理の研究の 最前線、7.5/15。

Q & A

Q. って、一体、なに?

A. 結晶を舞台に、電子くんたちが演じる量子現象。

Q. どこが、面白いの?

A. 身の回りの現象を、ミクロな視点で解き明かす。

Q. 食べられるの?

A. 基礎の割には比較的。日本のメシのタネ。

参考（教科書）

・**キッテル**「固体物理学入門」、丸善。

・**アシュクロフト & マーミン**「固体物理の基礎」、吉岡書店。

・**イバッハ & リュート**「固体物理学」、Springer。

本学科の講義

統計力学1、2、 量子力学1、2、 結晶学、 物理数学。

次回

電気抵抗の謎

第2講　伝導電子の古典論

次回

なぜ金属は金属なのか

第2講　伝導電子の古典論