

ミクロの世界の常識

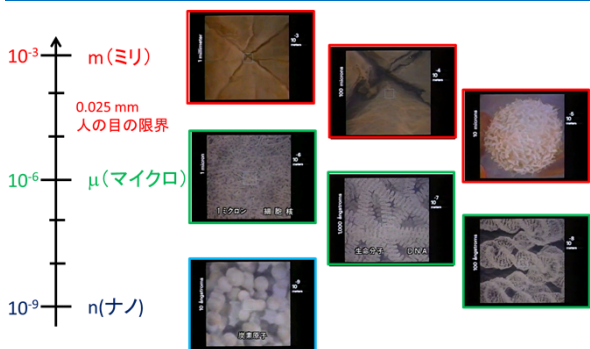


©Jokeroo

石田 忠(東京工業大学)
平成25年8月3日(土) @東京大学生産技術研究所



ミクロの世界はこんな感じ



Power of Ten by Eamse(1968)

他にもあるあるミクロのもの



1. 見る



光学顕微鏡

ものを光で照らして、透過・反射した光や蛍光などをレンズによって結像させて観察する。倍率は数十倍から千倍程度。蛍光顕微鏡も光学顕微鏡の一種。



光学顕微鏡で観察すると

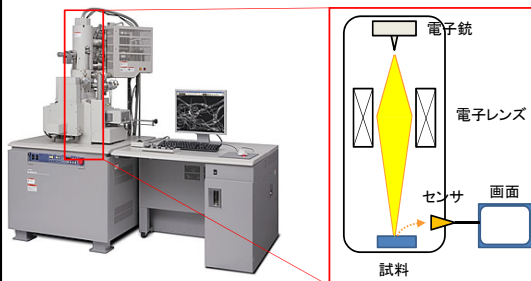


千円札 X20

NIPPONGINKO

電子顕微鏡 (午後の実習)

光学顕微鏡は観察したいものに光をあてて拡大するのに対し、電子顕微鏡は電子をあてて拡大する。倍率は数倍から1億倍

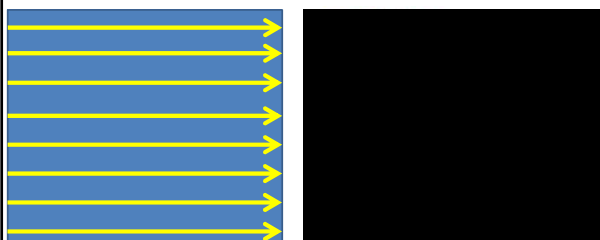


電子顕微鏡の原理

細くした電子線を試料にあてて、反射する電子を検出



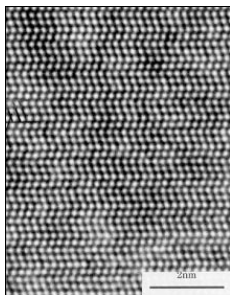
走査とは？



電子顕微鏡でみると



バクテリア



原子イメージ

目が見えないとしたら、
どうやって形を調べますか？

<http://imgumano.com/special/cycle/005503.php>

<http://www.hiachi-kyoza.co.jp/business/bunseki/zaiyo/tem-h9000/index.html>

走査トンネル顕微鏡(STM)

非常に鋭く尖った針を物質の表面に近づけ、電圧をかけると流れるトンネル電流が流れる。トンネル電流は針と表面の距離により大きく変化するので、表面の形を調べることができる。トンネル電流を使うことからこの名がある。
1982年、G. BinnigとH. Rohrerによって作り出された実験装置。

STMで観察すると

グラファイトの原子構造

A ベンタゼンの原子構造

S. He, New Journal of Physics, 2010, L. Gross et al. Science, 2009.

2. 操る

STMを用いたナノ構造の操作

非常に鋭く尖った針をもの表面に近づけ電圧をかけると、ものが静電気で針先に吸い付き、電圧をなくすとものが針先から離れる。

STMで原子を動かす

D. M. Eigler et al. Nature, 1990.

電気泳動: 電気力で帯電物を動かす (午後の実習)

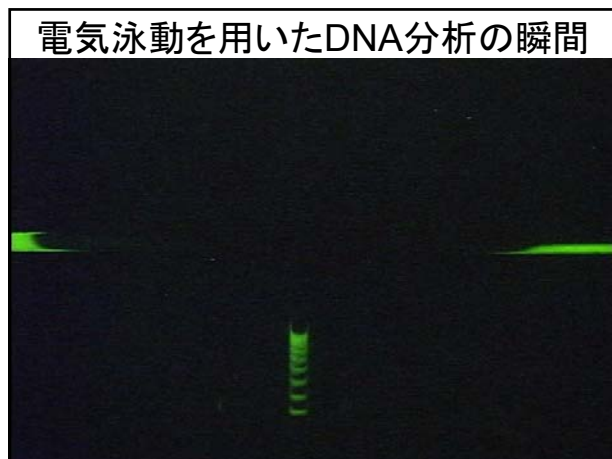
電荷が大きく、小さいものほど速く移動可能

電気泳動を用いたDNA分析による犯人捜し

DNA: マイナスに帯電
DNAが長いほど大きく、抵抗を受けやすい。

(a) DNA液導入 (b) 緩衝液導入 (c) プラグ形成 (d) 電気泳動で分離

DNAの長さによる分離が可能
→ 犯人と同じ長さのDNAを持つ人を探す



3. 現象 -スケール則-

表面張力 水滴 摩擦 重力 空気抵抗 表面張力 地面

力のバランスが変わることで現象が変わる！

面積力と体積力

面積力: 面積に比例する力 例) 圧力
体積力: 体積に比例する力 例) 重力

1 km x 1 km x 1 km
面積: $1 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 = 1 \times 10^6 \text{ (m}^2\text{)}$
体積: $1 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 \times 1 \times 10^3 = 1 \times 10^9 \text{ (m}^3\text{)}$

1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$
※ $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$
面積: $1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-12} \text{ (m}^2\text{)}$
体積: $1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-18} \text{ (m}^3\text{)}$

面積 < 体積 面積 > 体積

タンポポの綿毛は空を飛べる

マクロ ミクロ

鳥人間コンテスト 綿毛

タンポポの綿毛は空を飛べる

粘性力 風の力 重力

粘性力 風の力 重力

空気の粘性力(つまり空気抵抗) $\propto L^2$
風の力(つまり空気抵抗) $\propto L^2$
重力 $\propto L^3$

寸法	種類	マクロな世界	ミクロな世界
L^{-1}	固有振動数		
L^1	線形バネ定数、熱伝導、毛細管力		
L^2	圧力、粘性力、弾性力、重力によるたわみ、レイノルズ数、熱伝達、熱放射、静電力、熱膨張力		
L^3	質量、重力		
L^4	慣性力、電磁力		
L^5	慣性モーメント		

自然の中のスケールによる違い

- タンポポの種は羽根が無くても空を飛ぶ
- アメンボが水の上を歩く
- ヤモリは壁を登れる
- ホッキョクグマは大きい
- 腸の壁は栄養を効果的に吸収する

スケールの違いを便利に使う例

- 鉄の微粉でホッカイロができる
- 細切りの大根はすぐ煮える
- エンジンラジエータで冷える
- スポンジは軽くて吸収が良い
- 本には文字をたくさん書ける

最後に

ミクロの世界を知るためには、見る方法も操る方法も、そもそも起こっている現象も違う。

身の回りをミクロ・ナノで調べてみるといろんな発見があるので、みんなもいろいろ調べてみよう！！