

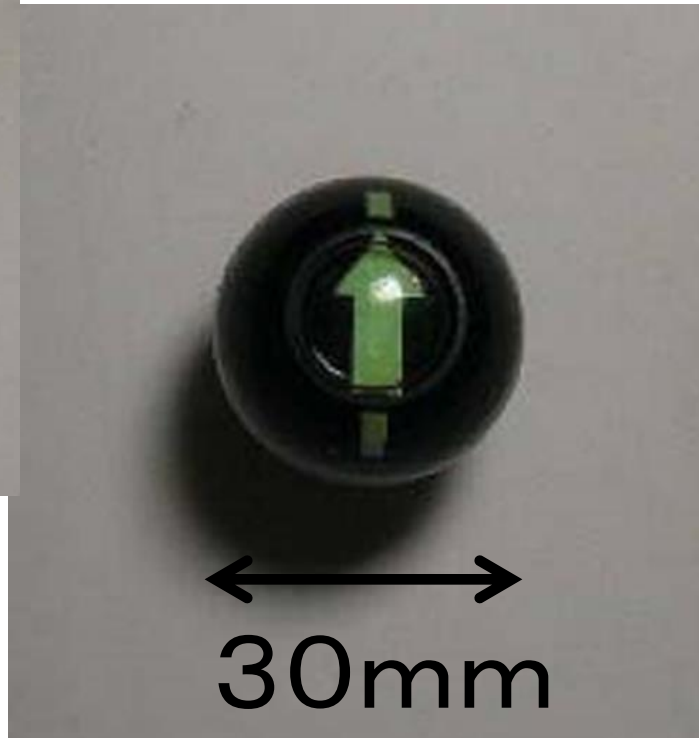
第44回物理教育研究集会  
20151121  
流通科学大学 大阪オフィス

# 方位磁石結晶の 有限温度における磁性

斎藤吉彦

大阪市立科学館 中之島科学研究所

# 方位磁石1000個で結晶



3mmの磁石  
アルミ皿にのせて  
油に浮かべる

双極子

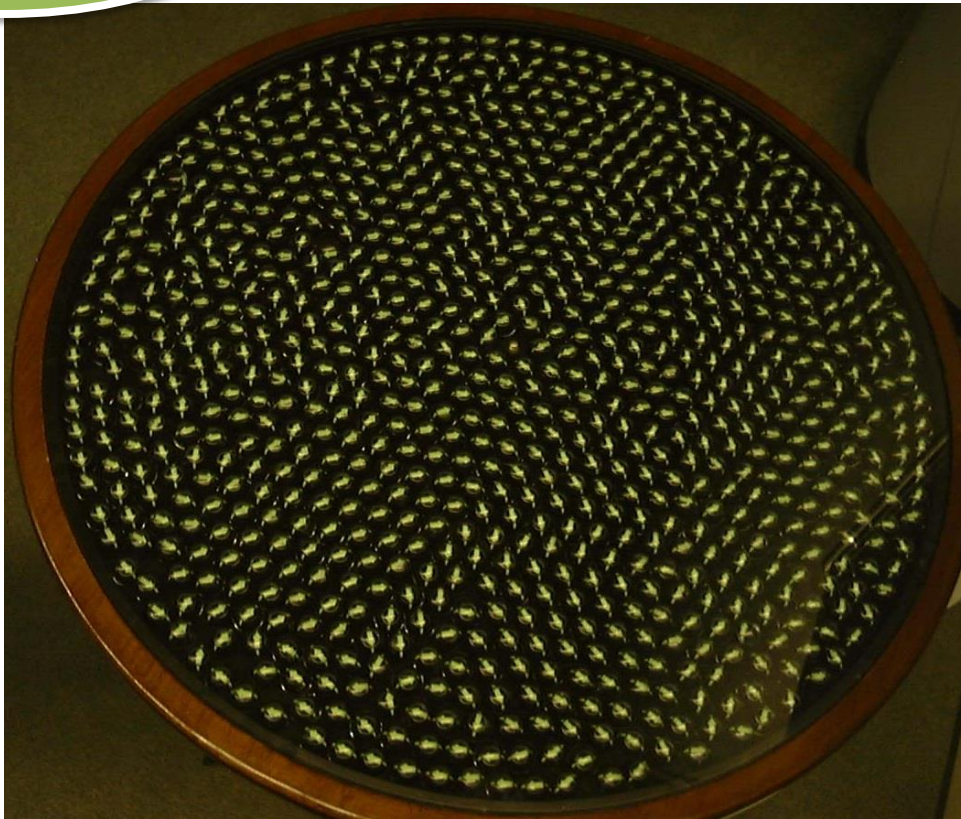
# 三角格子結晶

向きが揃う

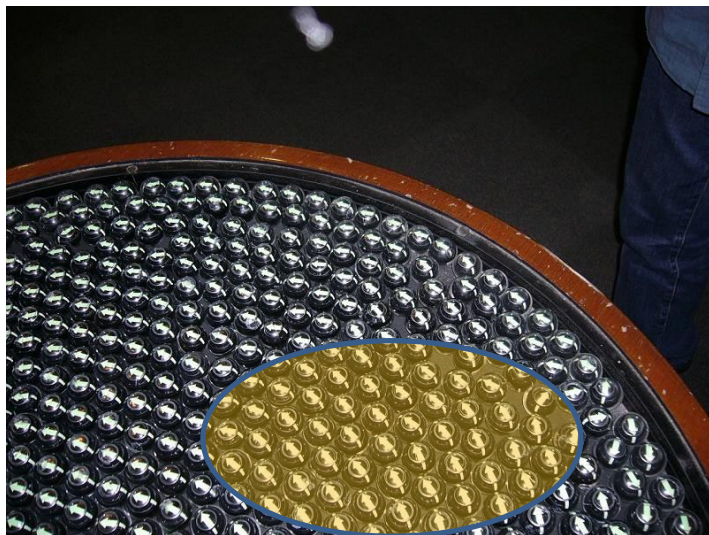
2005年度  
大塚賞

磁区構造  
鉄ニッケルなどの強磁性と  
似ている

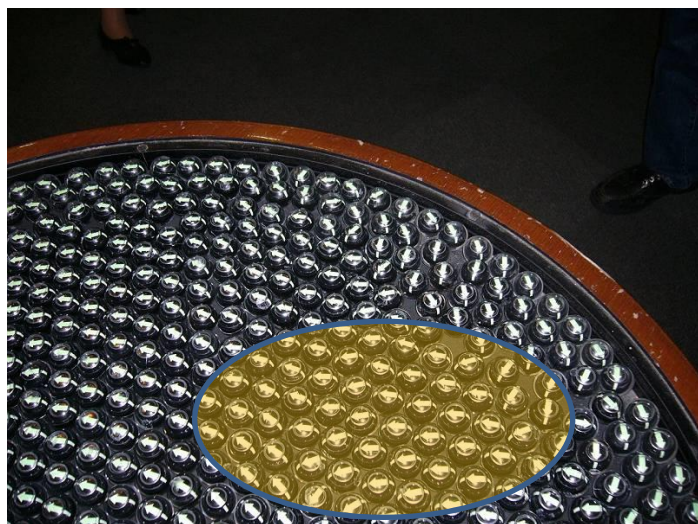
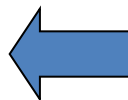
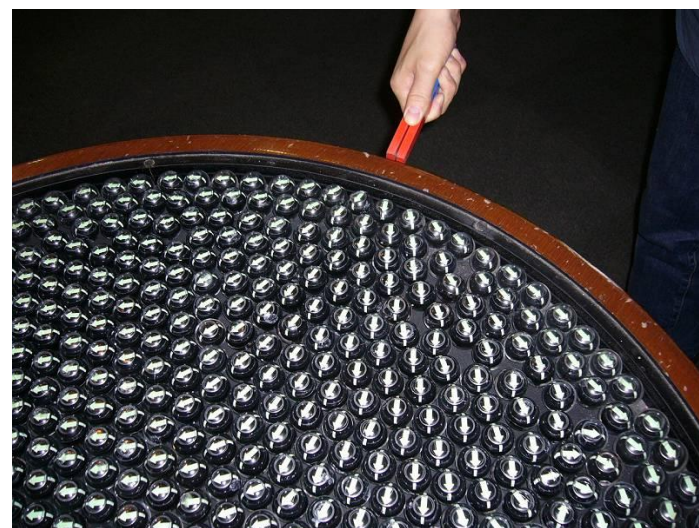
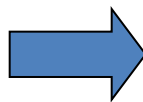
自発的対称性の破れ



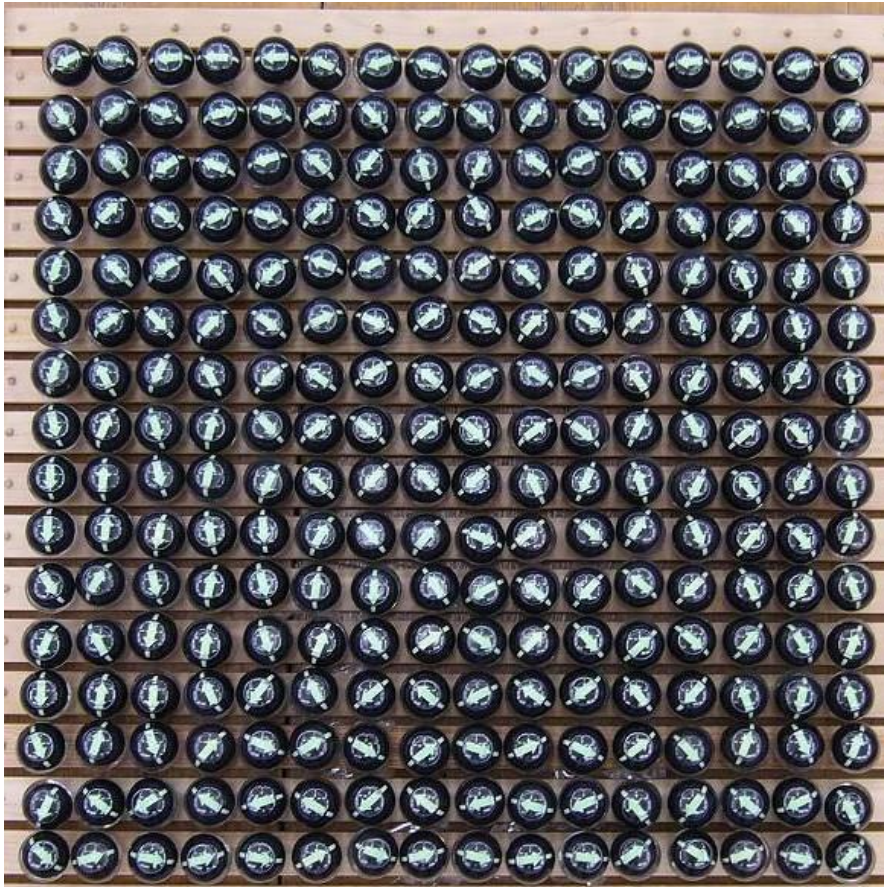
# 方位磁石結晶に磁石を近づける



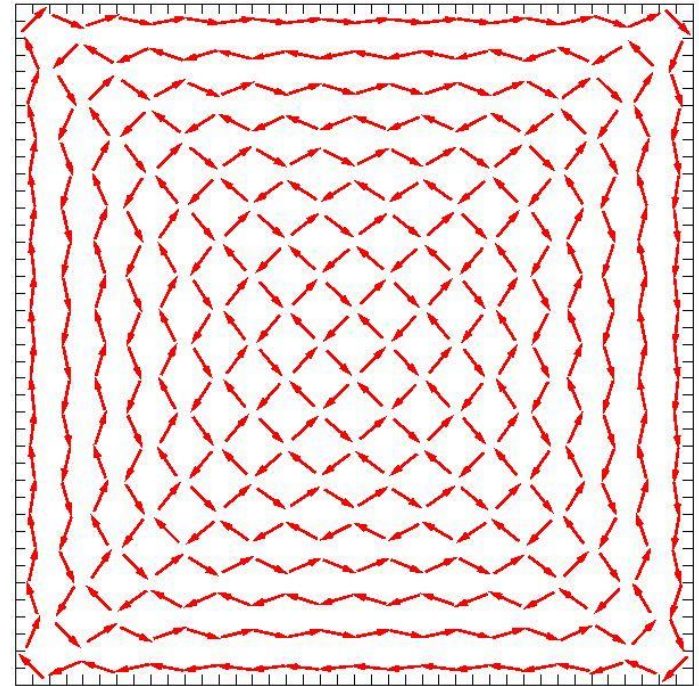
磁気ヒステリシス



# 正方格子 反強磁性



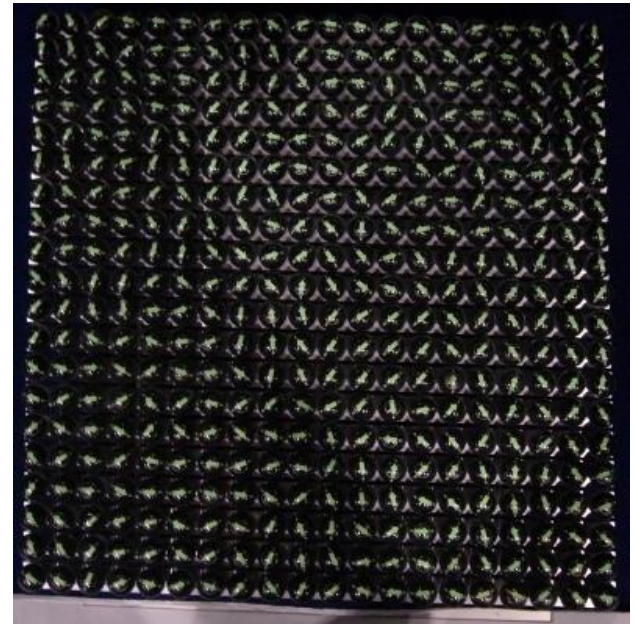
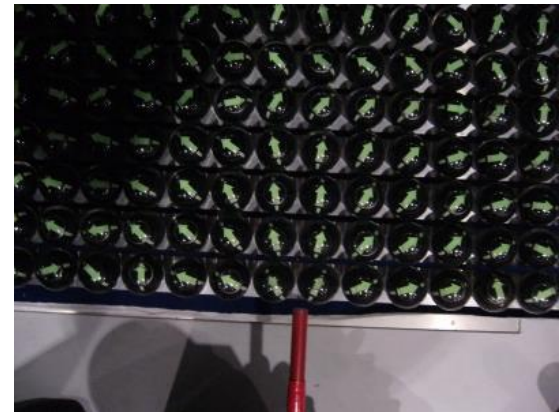
20x20 dipole square lattice



三角格子 強磁性  
磁石に強くつく



正方格子 反強磁性  
磁石につかない



# キュリー温度 強磁性—常磁性転移 ？

磁石で乱しても

動画

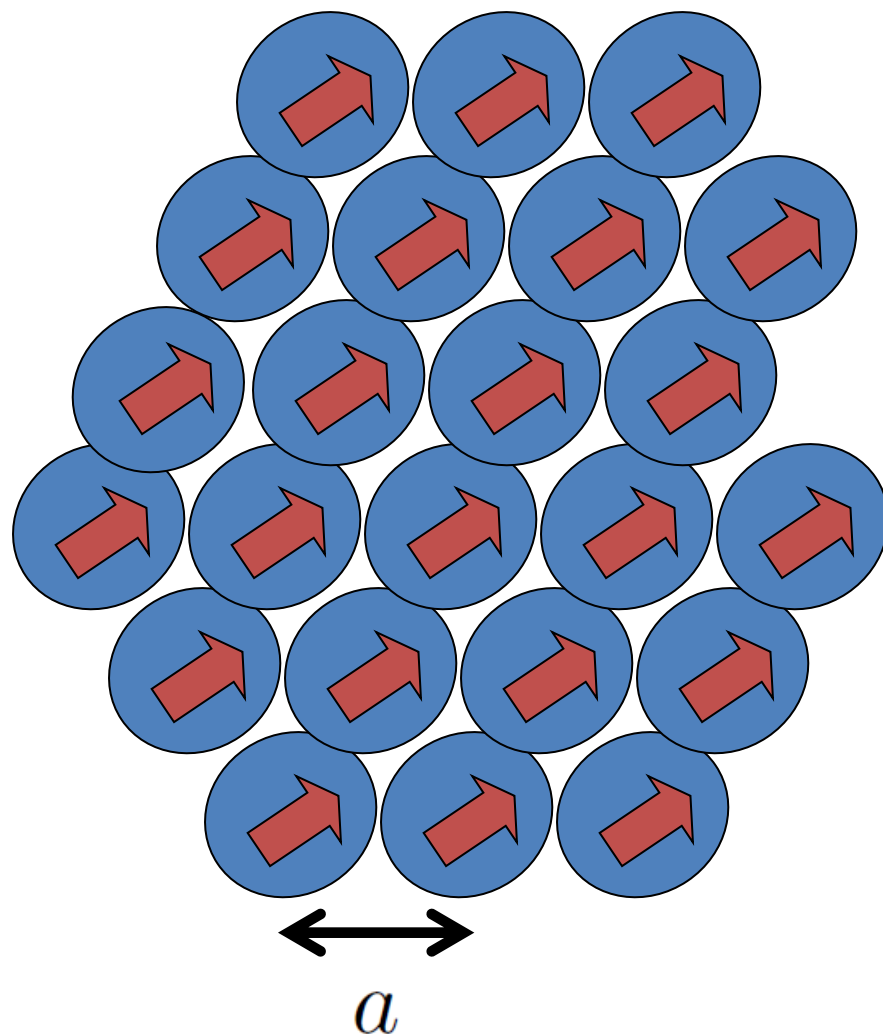
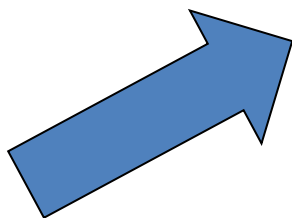
すぐに揃う



$T=0$

方位磁石の向きは  
自発磁場 $H_0$

鉄は双極子相互作用でなく交換相互作用



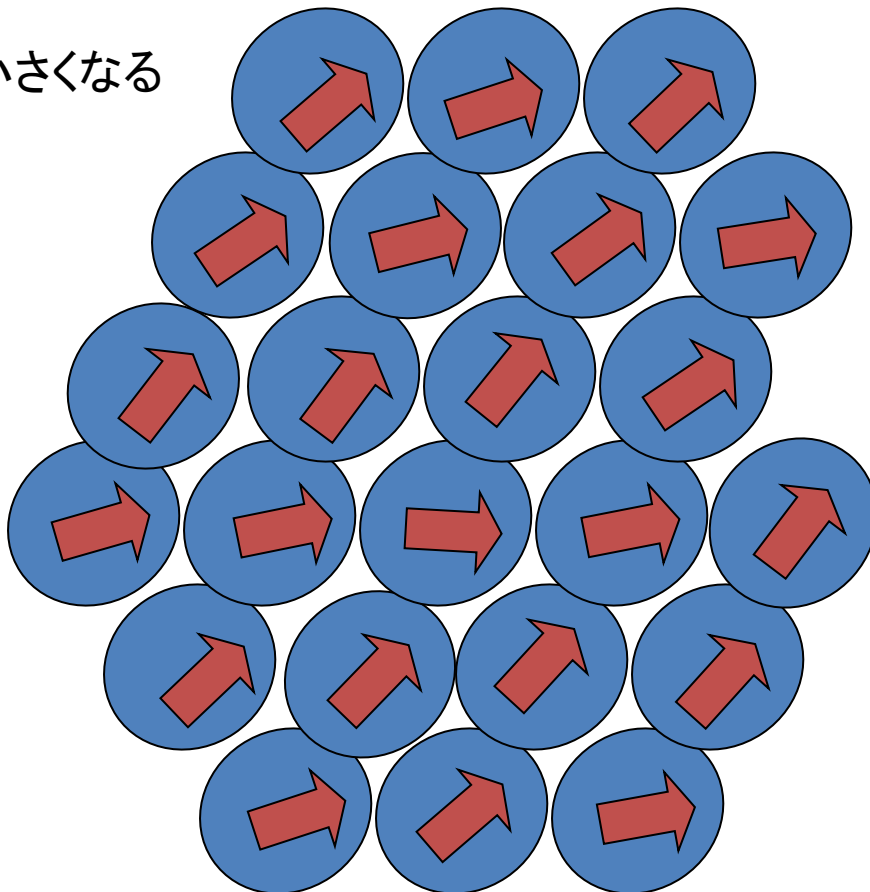
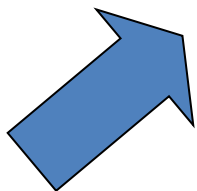
$$H_0 = \frac{\alpha m}{4\pi\mu_0 a^3}$$



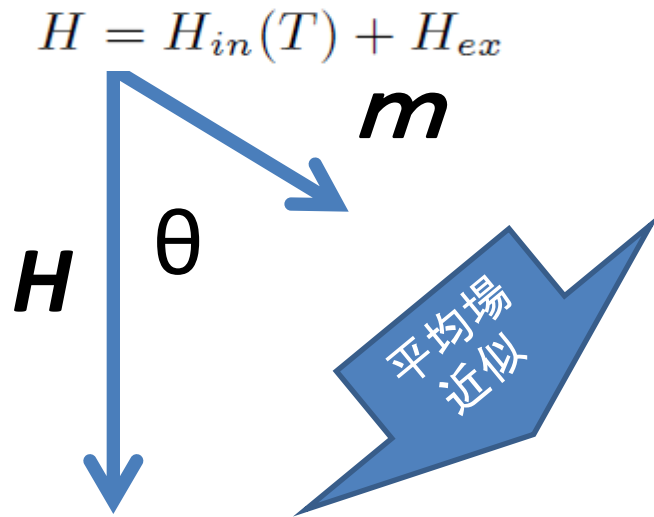
# 有限温度

熱振動で  
磁気モーメント、自発磁場が小さくなる

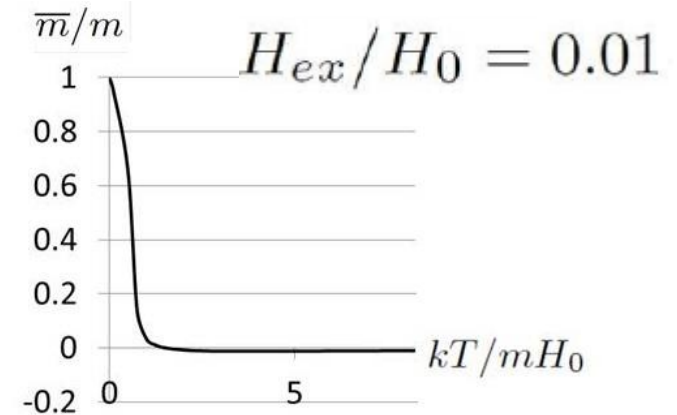
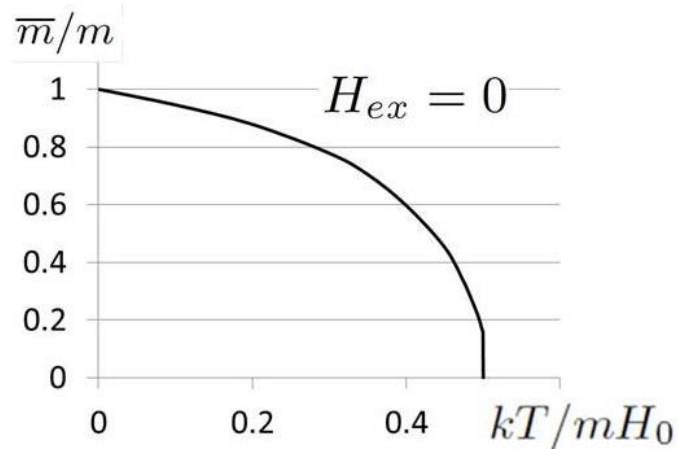
$$H_{in}(T) = \frac{\alpha \bar{m}(T)}{4\pi\mu_0 a^3}$$



# 統計力学による計算



転移  
強磁性—常磁性



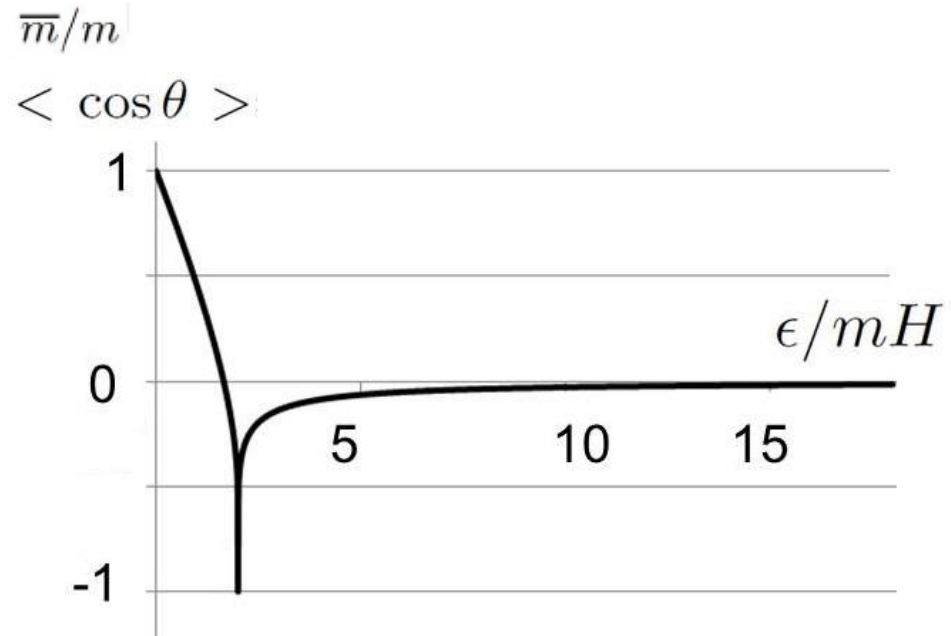
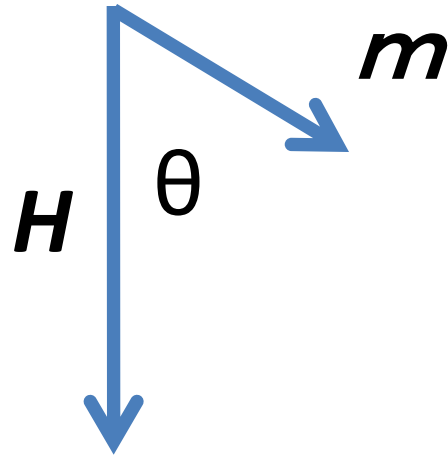
状態数を数える

不確定性関係で可能  
量子論

巨視的な磁石？

$$\overline{m} = m \frac{\int_0^\pi d\theta \int dp_\theta \cos \theta \exp\left(-\frac{\epsilon}{kT}\right)}{\int_0^\pi d\theta \int dp_\theta \exp\left(-\frac{\epsilon}{kT}\right)}$$

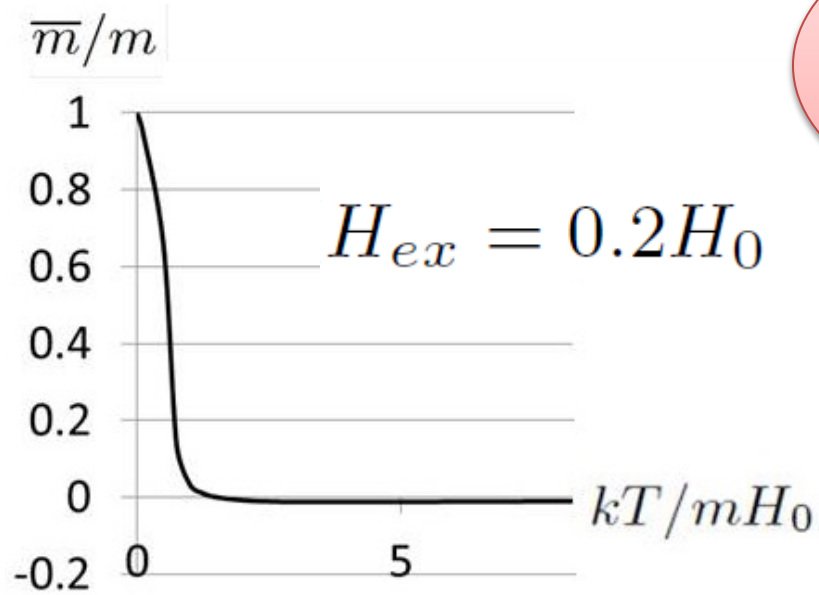
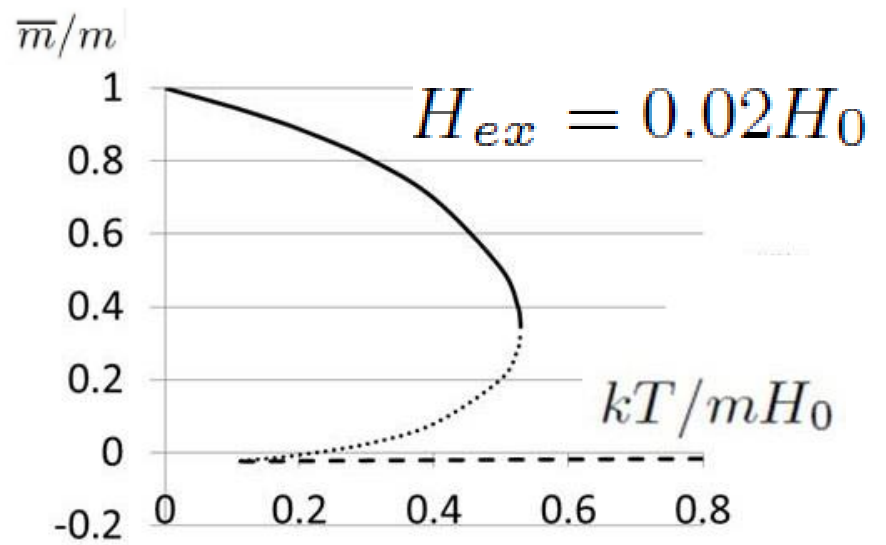
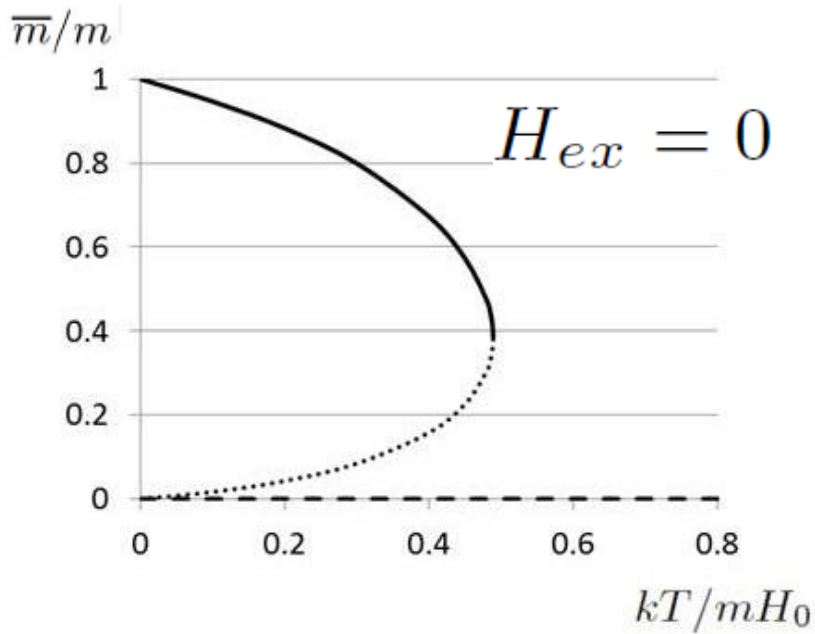
# 方位磁石は高エネルギーで反磁性



剛体振子と等価

時間平均

$\exp\left(-\frac{\epsilon}{kT}\right)$  を掛けて計算



高温で反磁性

$\exp\left(-\frac{\epsilon}{kT}\right)$  を掛けて計算

そもそも  
量子論

# 熱浴との熱平衡から導出

全系に対してエネルギーEで  
等重率の原理  
状態数の数え上げ→量子論

古典的な双極子系  
状態数？

系

熱浴  
温度：  
T

$$\exp\left(-\frac{\epsilon}{kT}\right)$$

# 結論

- 方位磁石のような古典的対象は統計力学で扱えない
- 「方位磁石結晶は高エネルギーで反磁性」は正しいと思う。
- 「高温で・・・」の言及はできない。