

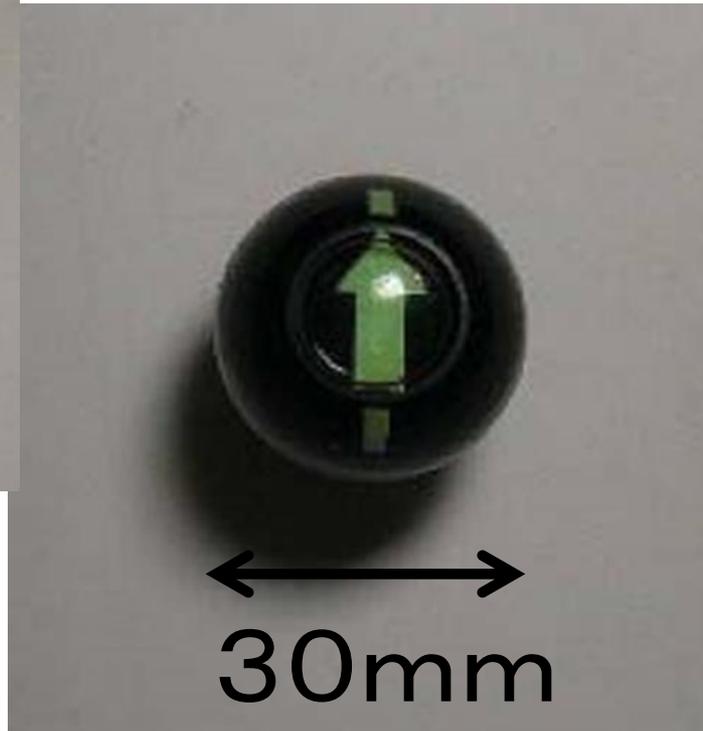
第44回物理教育研究集会
20151121
流通科学大学 大阪オフィス

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

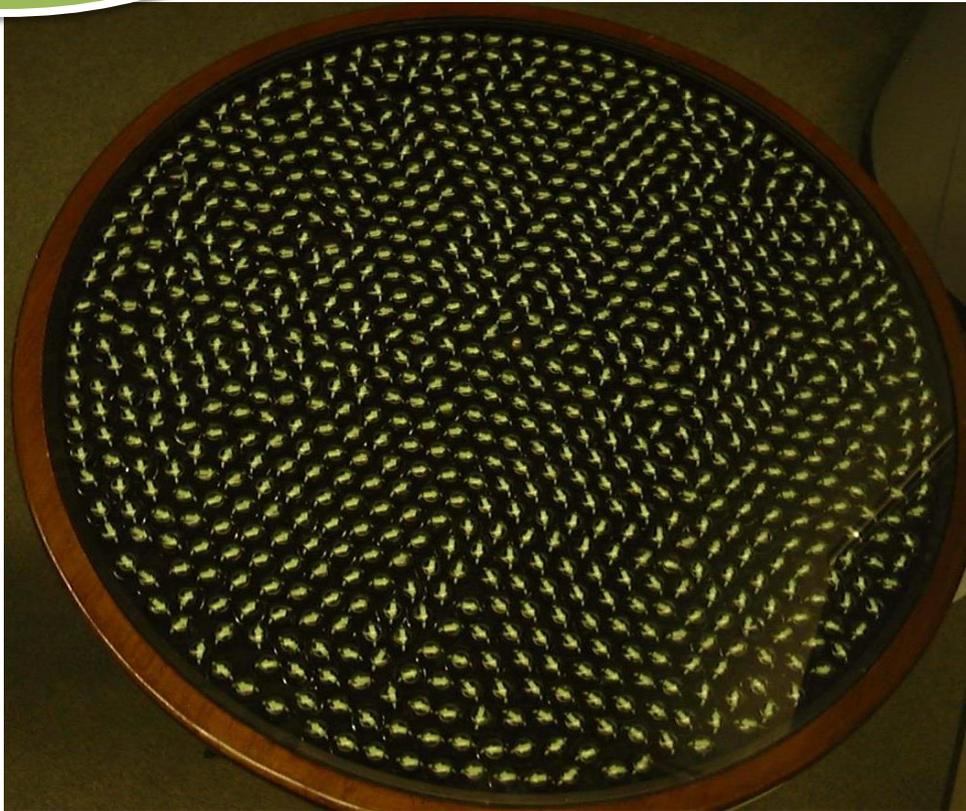


3mmの磁石
アルミ皿にのせて
油に浮かべる

双極子

三角格子結晶

向きが揃う



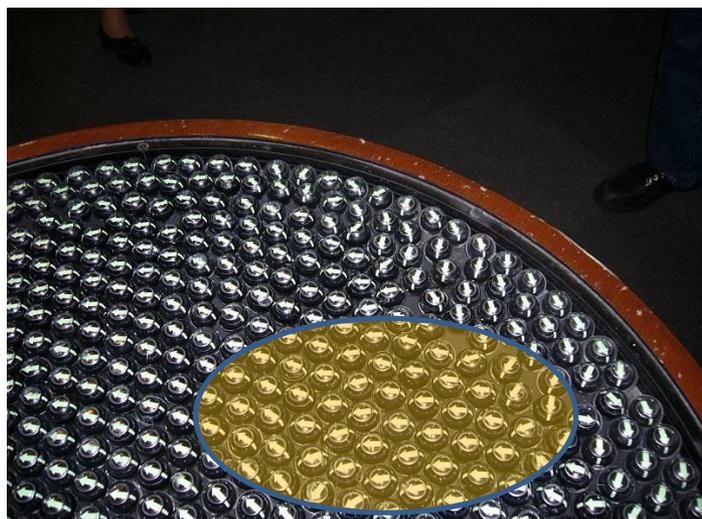
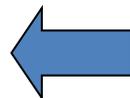
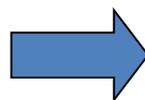
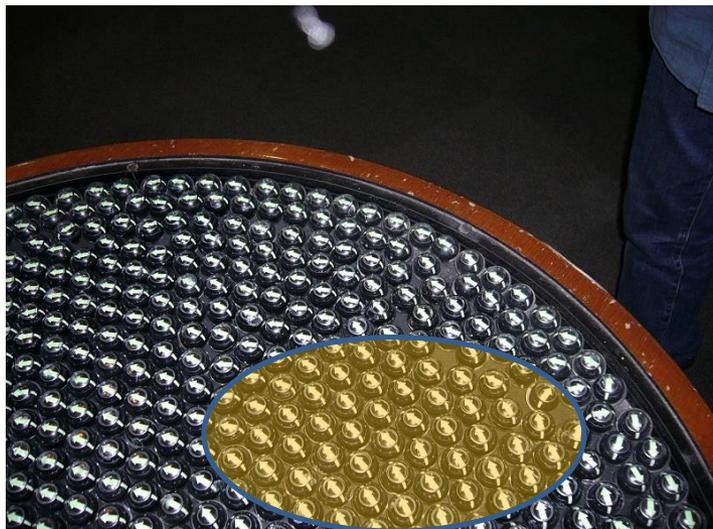
2005年度
大塚賞

磁区構造
鉄ニッケルなどの強磁性と
似ている

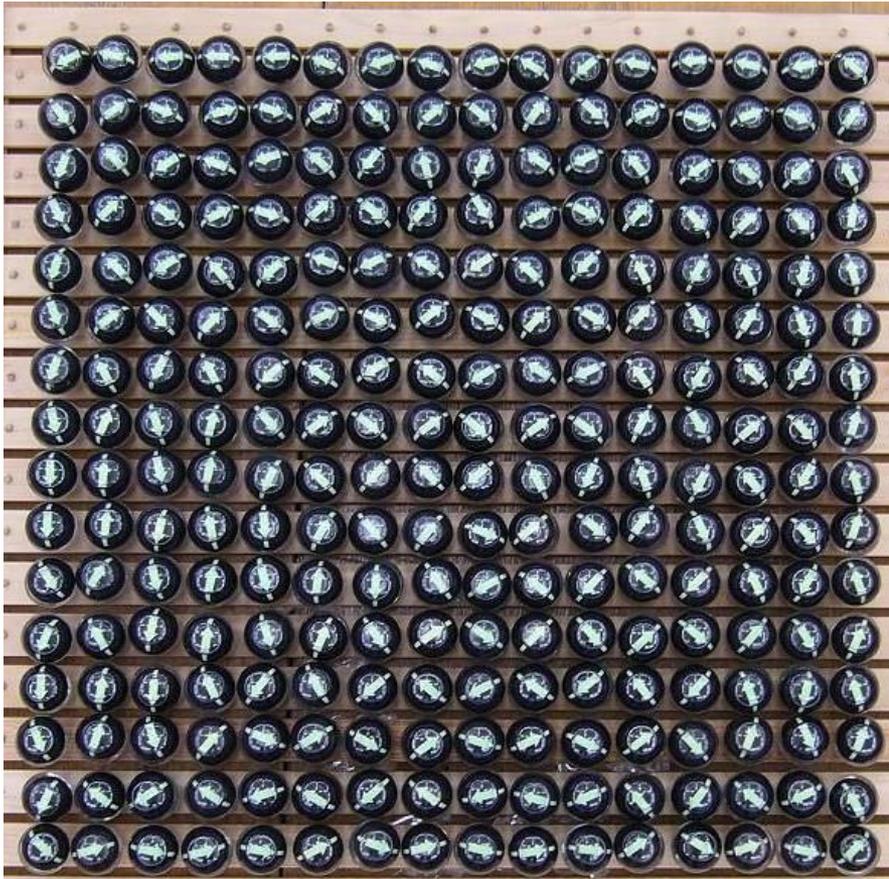
自発的対称性の破れ

方位磁石結晶に磁石を近づける

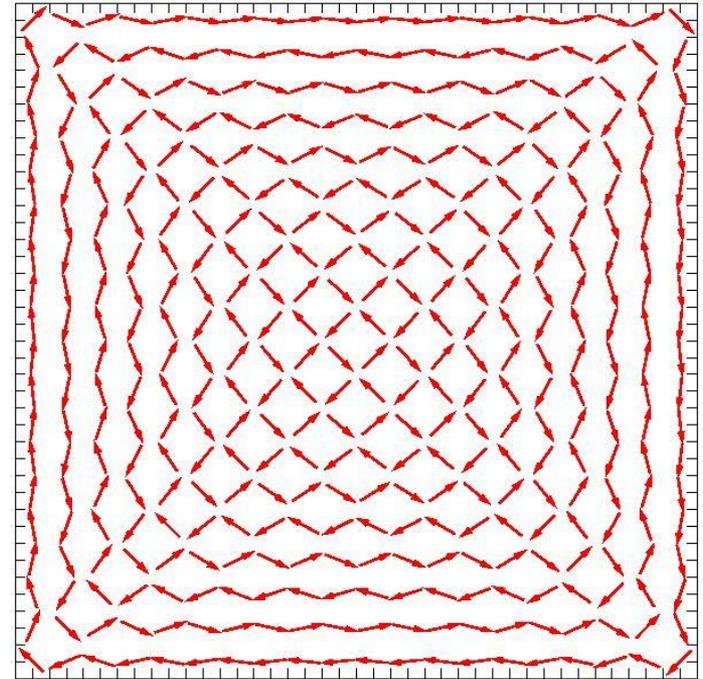
磁気ヒステリシス



正方格子 反強磁性



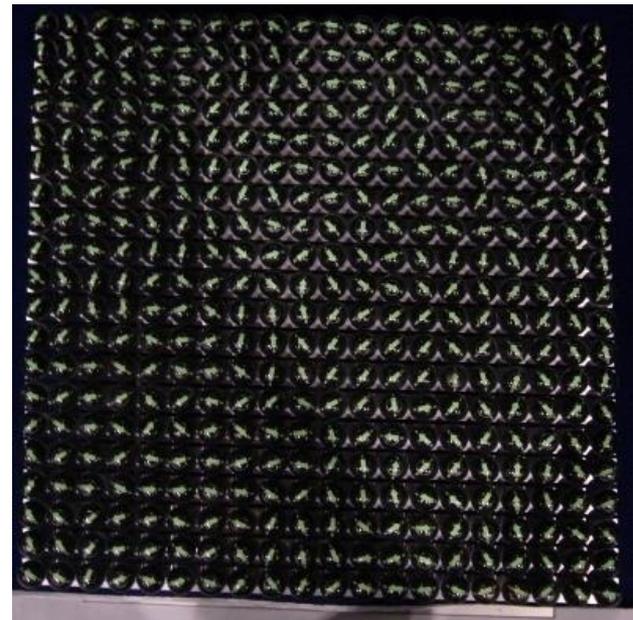
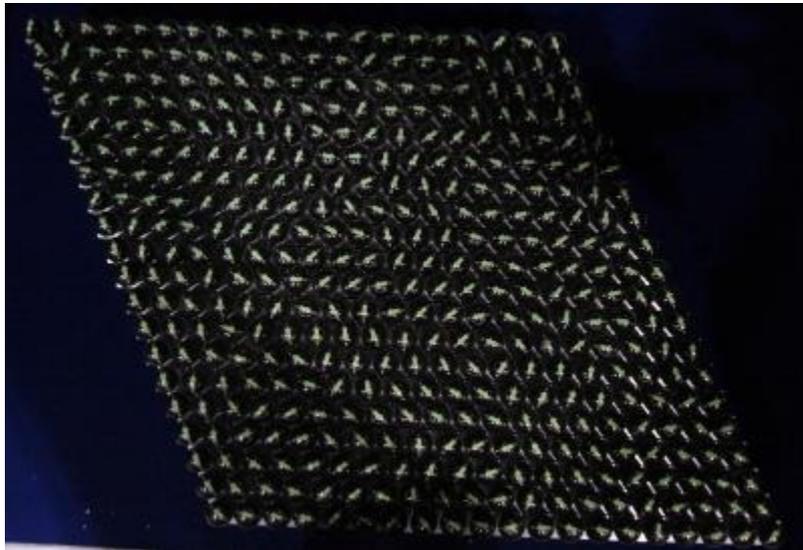
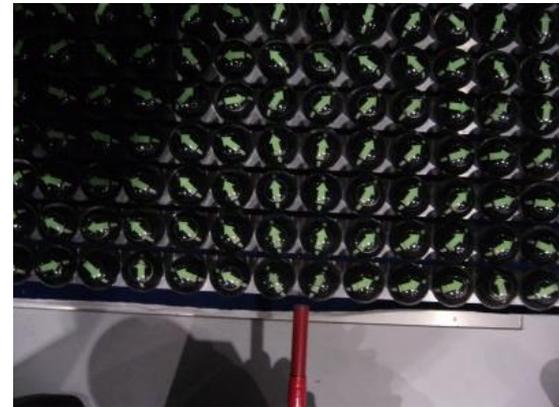
20x20 dipole square lattice



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

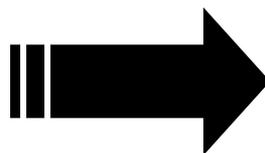


キュリー温度 強磁性—常磁性転移 ？

磁石で乱しても

動画

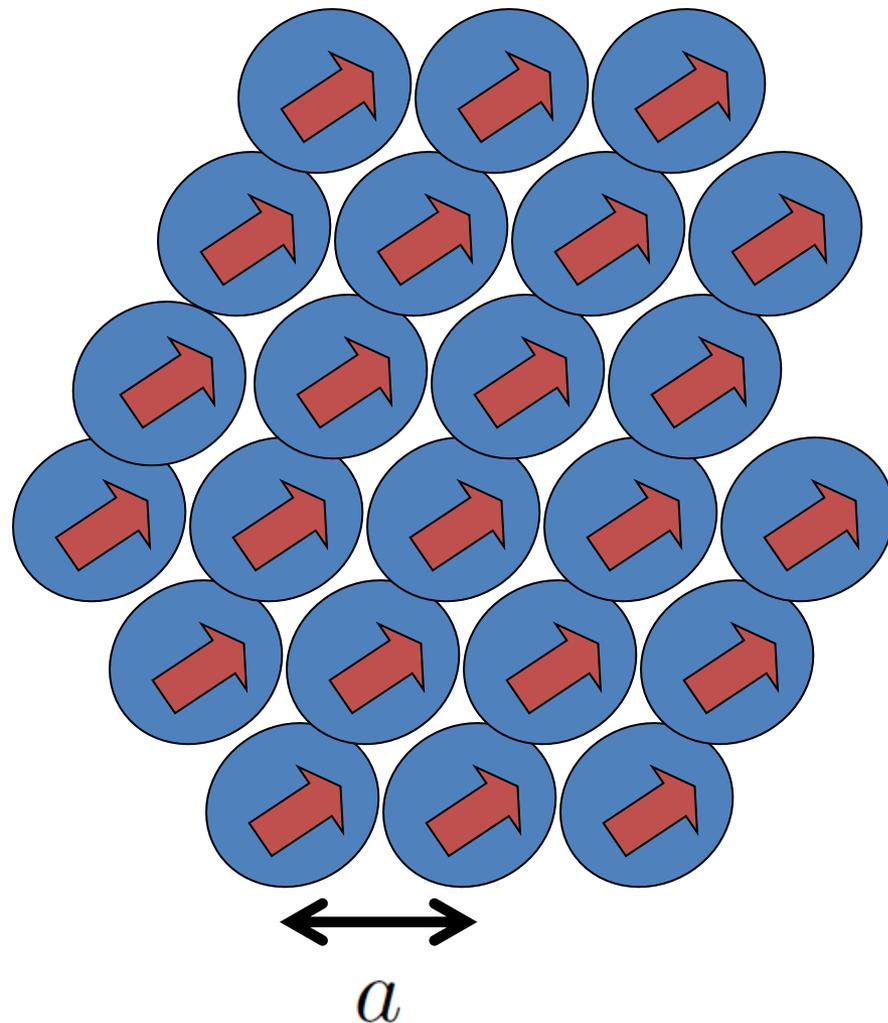
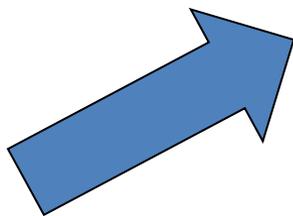
すぐに揃う



$T=0$

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

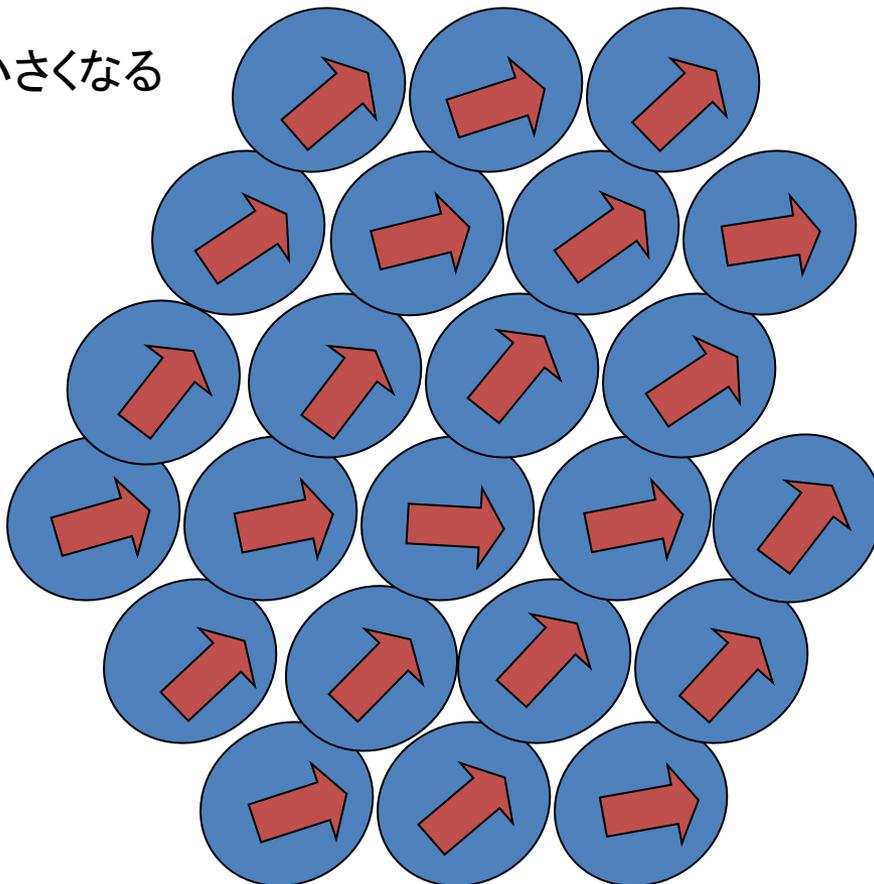
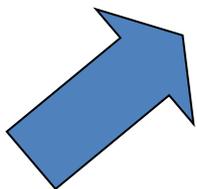


$$H_0 = \frac{\alpha m}{4\pi\mu_0 a^3}$$

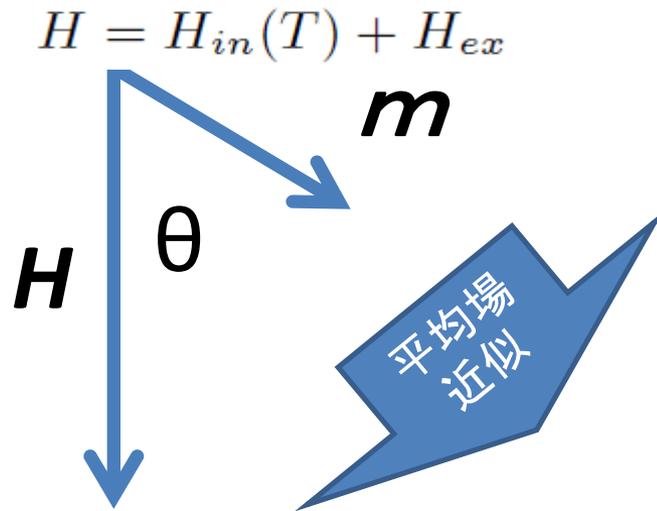
有限温度

熱振動で
磁気モーメント、自発磁場が小さくなる

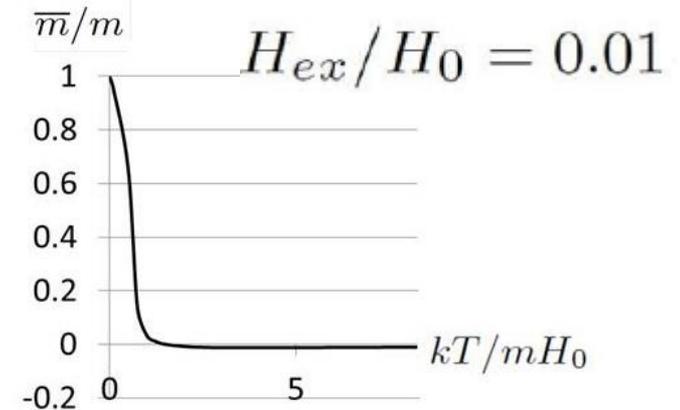
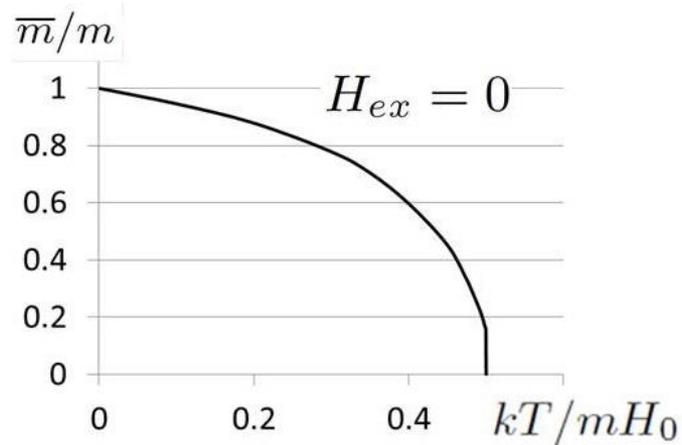
$$H_{in}(T) = \frac{\alpha \overline{m}(T)}{4\pi\mu_0 a^3}$$



統計力学による計算



転移
強磁性—常磁性



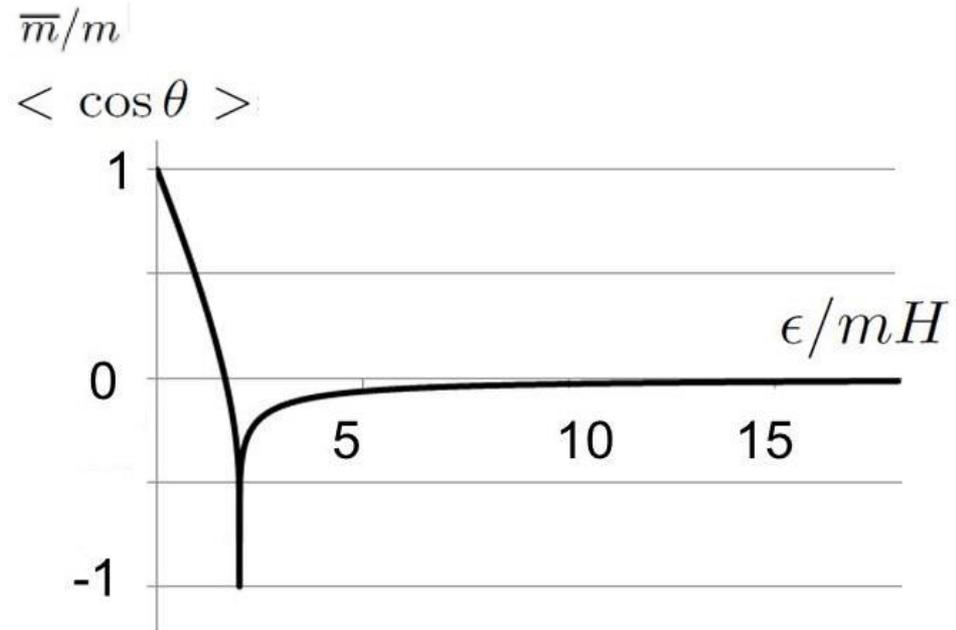
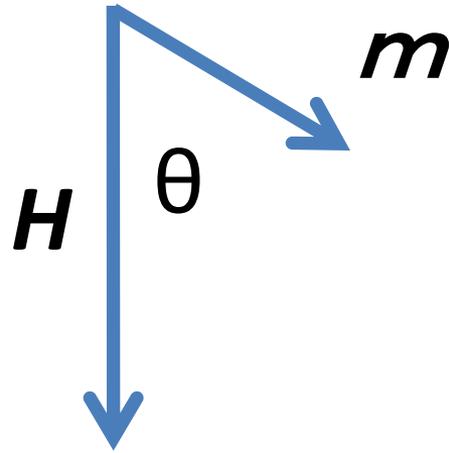
状態数を数える

不確定性関係で可能
量子論

巨視的な磁石？

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

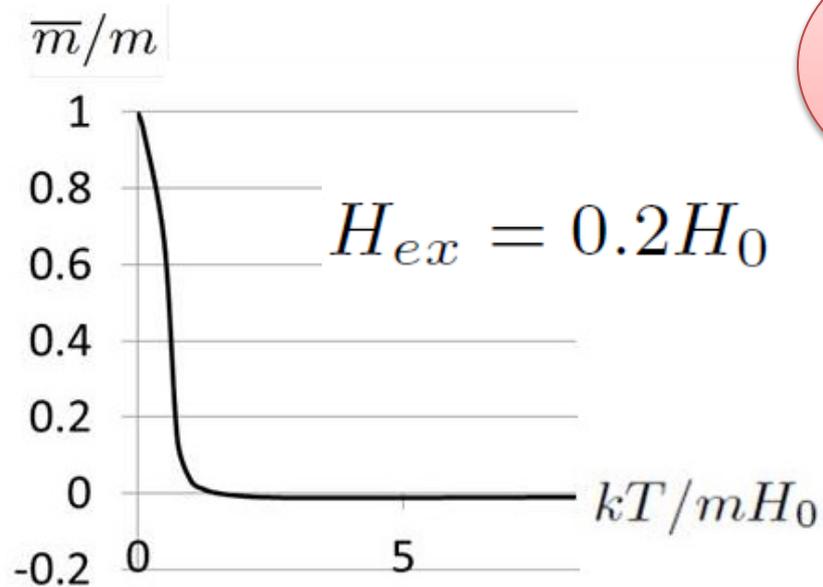
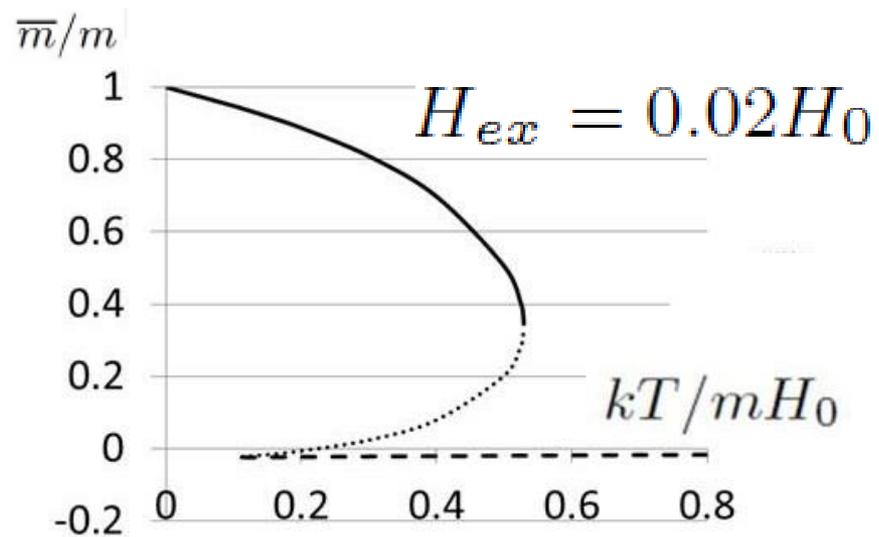
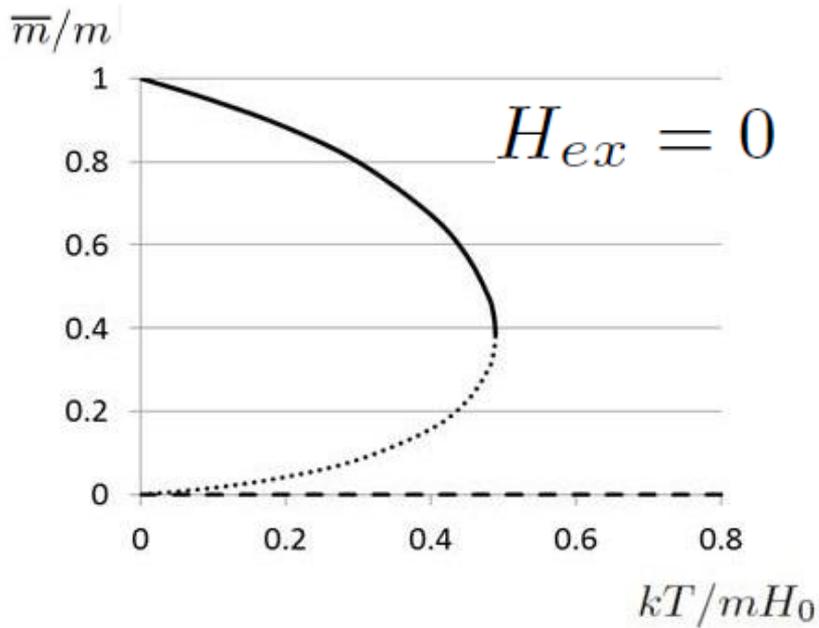
方位磁石は高エネルギーで反磁性



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。