

hcp ヘリウム4の超流動固体状態第一臨界角速度 Ω_{c1} と Landau 状態の探査

八木 雅彦, 宮 利雄、久保田実(物性研); 渡邊健太郎、北村 玲 (新潟大); K. Rogacki (Inst. Low Temp. & Struc. Research, Poland); S.Nemirovskii(Inst. Thermal Phys. RAS)

ヘリウムは量子性の高い物質であり、絶対零度付近でも常圧では固体にならずに液体の超流動となる。但し、外圧を掛ける事によって固体ヘリウムが出来る。超流動が固体の中でも起こりうるという理論的な予測が 1960 年代の後半になされ、その後 2004 年 Kim, & Chan により固体 ^4He のねじれ振子法による実験で supersolid かと想像されるシグナルの観測が初めて報告された。[1, 2]

我々はこの固体 ^4He に対して、高精度な回転冷凍機とねじれ振子を用いた実験を行っている。現在までに vortex fluid 状態へのオンセット温度 T_0 を決定し[3]、 $T_c \sim 75\text{mK}$ 以下の温度で DC 回転に対して固体 ^4He へ渦糸が侵入すること[4]、 V_{ac} (ねじれ振子の振動速度) の sweep 方向に対して慣性モーメントの変化量にヒステリシスが観察され[5]、その一方のブランチでは上記の DC 回転による渦侵入がなされていないこと[6]を報告している。

この渦をはじく効果を持つものとしては既に超伝導の Meissner 状態が知られているが、これに対応する液体 He 超流動の状態として、Landau 状態がある。Hess & Fairbank によってその状態は確認されており、ある DC 回転速度以下では渦が入らないことを、容器の角運動量の変化によって測定したものである。固体 ^4He にも量子渦が侵入をしているのなら、Landau 状態があり、それは観察されるものなのだろうか。また Landau 状態とヒステリシスの渦をはじく状態はどのような関係があるのだろうか。

この疑問を解決するために、固体 ^4He についての Landau 状態、それと同時に Landau 状態を壊す第一臨界角速度の測定を目的とした実験を行う。既に超流動 $^3\text{He-A}$ 相については、我々のグループでは直径 200 ミクロンの円筒容器を用いた実験で、核磁気共鳴 NMR による渦の侵入を報告している。[7] 固体 ^4He についても同様に、直径の異なる円筒容器を用い、DC 回転に伴う渦糸の侵入がない状態が存在し、ある速度以上で初めて渦糸が侵入する、という回転速度 (Ω_{c1}) の存在を実験的に確定する計画である。

[1] E.Kim and M.H.W.Chan, Nature 427, 225 (2004)

[2] E.Kim and M.H.W.Chan, Science 305, 1941 (2004)

[3] A.Penzev, Y.Yasuta, M.Kubota, Phys. Rev. Lett. 101, 065301(2008).

[4] M. Yagi, A. Kitamura, N. Shimizu, Y. Yasuta, M. Kubota, J Low Temp Phys (2011) 162: 492–499.

[5] N. Shimizu, Y. Yasuta, and M. Kubota, arXiv:0903.1326

[6]. M. Kubota et al., presentation at LT26 (2011).

[7] Ishiguro, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 93, 125301 (2004).