

液体酸素の磁気現象の観察

前田 裕 司, 村 本 直 己*,
中 村 格 芳

(平成19年9月20日受理)

Observation of Magnetic Behavior of Liquid Oxygen

Hiroshi MAETA, Naomi MURAMOTO
and Masayoshi NAKAMURA
(Received September 20, 2007)

This research monitored the ease and simplicity in the observation of the magnetic properties of liquid oxygen and the subsequent development of education materials for use in the science class. Through the research, we found the method by which we can observe magnetic properties of liquid oxygen with ease. Because of the difference between the boiling point of liquid oxygen and liquid nitrogen, the liquid oxygen was procured from the condensation on the surface of aluminum can containing liquid nitrogen. This method of acquisition of liquid oxygen without using oxygen gas makes it safer and more efficient to collect it as well as to observe its magnetic properties. When a drop of liquid oxygen is brought in close proximity to the magnetic qualities of liquid oxygen can be observed.

Keyword : Liquid oxygen, Magnetic property, Oxygen molecular, Production of liquid oxygen, Liquid nitrogen

液体酸素の磁氣的性質の観察が安全で容易にできる理科教材を開発した。液体窒素の沸点と液体酸素の沸点の相違から、アルミ缶に液体酸素を凝結させ、その液滴を磁石に近づけることにより液体酸素の磁氣的性質が観察できる。

* 元非常勤講師

1. 概 要

液体酸素は単体の液体として磁性を持つ数少ない物質である。物理的にも大変興味を引く現象もあり、磁氣的性質を観察することは理科教材として、大変興味深いものがある。簡単な液体酸素の精製法を利用して、磁氣的性質の観察用教材を開発した。

液体窒素を使用して、空気中の酸素を金属表面に液化し、垂れてくる液滴を礎石に近づけ、その挙動を観察する。この方法では酸素ガスボンベを使用することなく実験でき、簡便で安全な理科教材である。

2. 液体酸素の性質

電子はスピンを持ち、各エネルギー単位には上向き電子と下向き電子の計2個が対として入ることができる。対をなしているとき、電子の磁石としての性質は打ち消し合われる。窒素分子の場合、全ての電子が対をなし不対電子スピンは残らないが、酸素の場合は一番上の2個の単位に一個ずつ不対電子スピンが入るために、磁石の性質が現れる(図1)。液体中では、酸素分子は熱運動をして無秩序な方向を向いているが、強い磁石を近づけると、そちらを向く分子の数が増え、全体として磁石に引き寄せられる。したがって、それ自体は磁石ではないものの、磁石を近づけると引き寄せられる性質がある。いわゆる常磁性である。酸素やアルミニウムは常磁性を示す。弱いながらも磁石を反発する性質を反磁性といい、銅は反磁性を示す。鉄は強磁性を示し、磁石を形成する¹⁾。

また、液体及び固体酸素は淡青色を呈する。これは2分子遷移による強い吸収スペクトルが赤色及び黄色光域に存在することによる²⁾。

3. 液体酸素の製法

液体酸素の沸点は90.2K(-183.0℃)であり、液体窒素の沸点は77.4K(-195.8℃)である。この温度差を利用する。アルミ缶に液体窒素を入れると、その表面に空気中の酸素が凝結する。この方法は酸素ガスボンベを使用することなく、また少量の液体酸素で磁氣的性質の観察が容易に出来る(図2)。

100ccの液体窒素をアルミ缶(350ml缶)に入れると約0.5秒毎に約0.1gの液体酸素が落ちてくる。これをシャーレに受けて集め、磁石の上に流してその挙動を観察する。

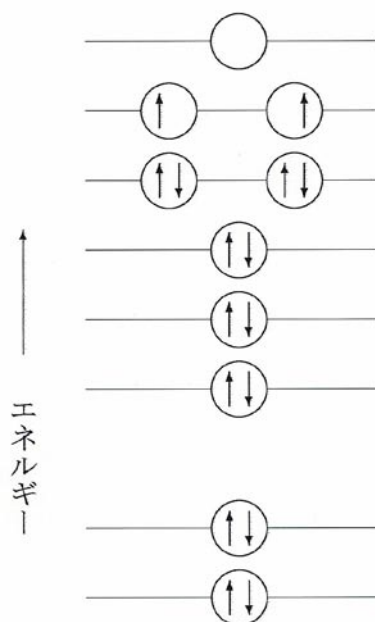


図1. 酸素分子の電子状態。
文献(2)を参考にして模式的に表してある。



図2. アルミ缶に液体窒素を入れた状態。表面の底辺部に液体酸素が凝結している。

4. 酸素の確認

凝結し、落下した液滴をシャーレに集めると、それらは玉となり、しばらくすると蒸発する。玉となった液体に火のついた線香を近づけると激しく燃え、炎となるので、落下した液滴は酸素であることが確認できた(図3)。



図3. 線香の火を近づけると液体酸素により線香が激しく燃えている。

5. 液体酸素の磁气的性質の観察

永久磁石(市販のネオジウム磁石, 円板状, 約5000 Gauss/表面)上に透明プラスチック板を置き, その上に液体酸素をたらす。液体酸素はころころと転がって, 磁石の近傍まで近づくと磁石の中心部に引き寄せられる。またその時近づいた液体酸素は磁石の中心部で振動を始める(図4)。酸素分子の磁化は鉄の数%と計算され, また, 磁場 10^3 Oe/cm 程度に対して, 磁力は $3.9 \times 10^{-2} \text{ N}$ となり, 1 g 重は $9.80 \times 10^{-3} \text{ N}$ であるので, 磁力は 4.0 g 重となる³⁾。すなわち, 液体酸素は磁石に十分に引き寄せられる。

磁石に液滴を近づけるとすばやく引き寄せられるが, 磁石に直接接触すると瞬時に蒸発する。磁石の熱容量によるためである。直接磁石に接触させることなく, 透明断熱材を介して近づけると, 液体酸素の磁气的挙動が良く観察できる。

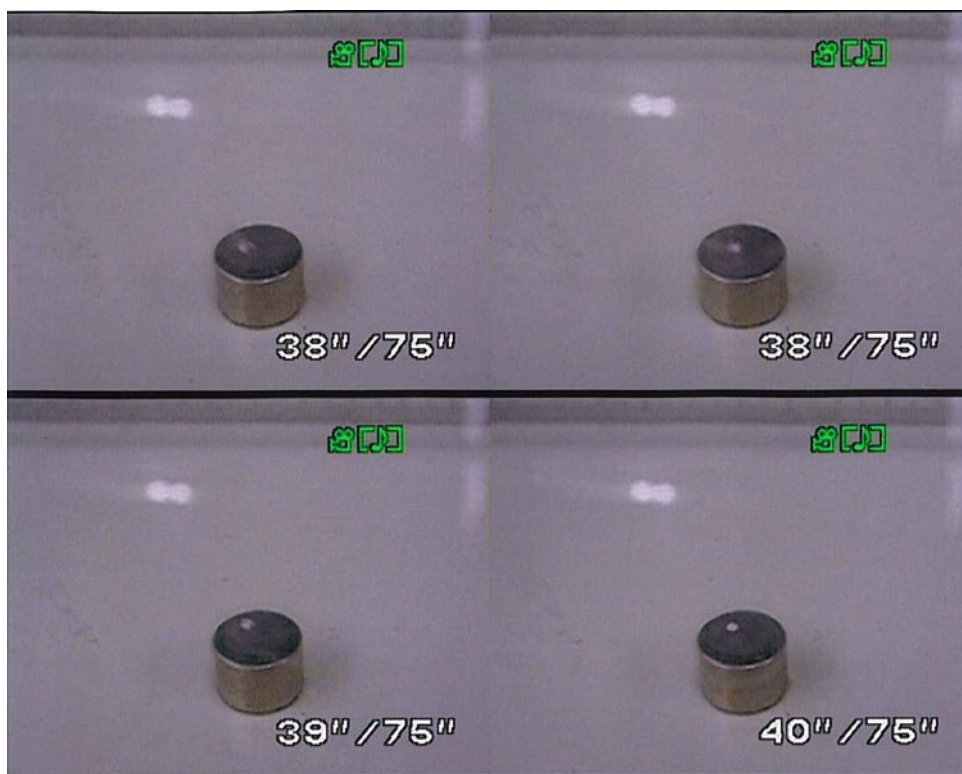


図4. 液体酸素が磁石の上で振動をしている連続写真

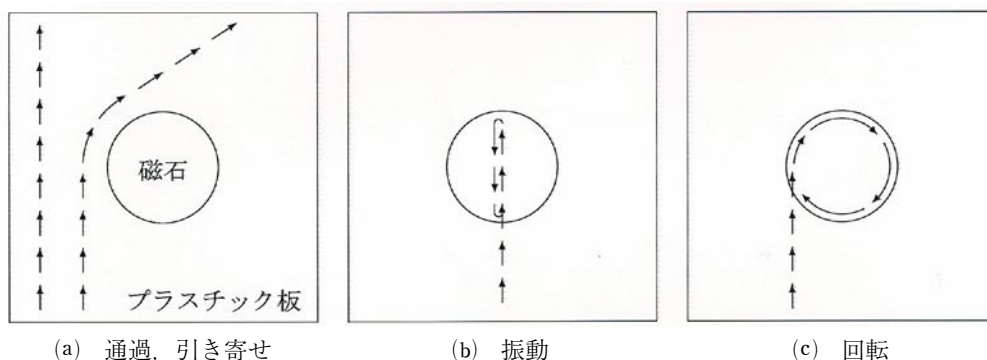


図5. 液体酸素の磁氣的性質によるいろいろな挙動

液体酸素の磁氣的性質によるいろいろな挙動として

- (a) 磁石に引き寄せられる現象；磁石に接近すると引き寄せられるが，通りすぎる場合
- (b) 振動現象；磁石の上で激しく振動する
- (c) 回転現象；磁石の中心を軸として回転する

等が観察された（図5）。転がった液体酸素の液滴の，磁石への接近の仕方，速度，角度により，これらの現象が現れる。またこれは，その挙動についての原因を考えて，液体酸素の磁氣的性質を体験的に理解させるのに適した教材である。

一方，液体酸素の代わりに液体窒素を透明プラスチック板の上にたらして磁石に近づけても，上記の現象は起きないことを確認した。液体窒素の挙動は磁石とは無関係で，直線的な動きであった。

6. 液体酸素の取り扱いの安全性

液体酸素は可燃性の物質が混入すると爆発することが知られている。また，大量に取り扱うには危険が伴う。この実験では酸素ポンプを使用する必要がない。酸素の液滴は約0.1gであり，その量で十分に磁氣的性質の観察が出来る。

7. 結 論

液体酸素の磁氣的性質の観察が安全で容易にできる理科教材を開発し，観察を行った。液体酸素よりも沸点の低い液体窒素を利用し，市販のアルミ缶表面に液体酸素を凝結させ，その液滴を少量ずつ使用できるため，より安全な実験が可能であった。この方法は液体酸素の磁氣的現象の観察を行う安全な理科教材として利用できる。

参 考 文 献

- 1) 金森金次郎：磁性，（新物理学シリーズ），培風館（1970）45.
- 2) 植田千秋，山岸昭雄，伊達宗之：固体物理，22（1987）149-152.
- 3) 遠藤慶三：東京医科大学紀要，第16号（1990）7-16.