

熱分解カーボンとネオジム磁石 を用いた磁気浮上あれこれ

平成24年9月28日

サイエンスEネット例会@ケニス
東京大学大学院総合文化研究科
鳥井寿夫

電流と磁界

磁石と電流が関係する磁気現象は、私たちにとって最も身近な物理現象の1つである。モーターや発電機など、磁気現象を利用した機器は私たちの社会のいろいろな場所で活躍している。この章では、磁気現象を支配している磁界と電流の関係を法則として学び、その理解をさらに深めよう。



1

磁界(磁場)

A 磁石と磁気量 Magnet and Magnetic Charge

磁石は互いに引きつけ合ったり、反発し合ったりする。これは磁石の両端の磁極間に**磁気力(磁力)**と呼ばれる力がはたらくためである。磁極にはN極とS極があり、同種の磁極間には反発力(斥力)がはたらく、異種の磁極間には引力がはたらく。

この関係は、静電気における正の電荷と負の電荷の関係に似ている。電荷の単位クーロン[C]に対応するものとして、磁気量の単位には**ウェーバ[Wb]**を用いる。強さの等しい磁極を真空中で1m離して置いたときに磁極が受ける力が $\frac{10^7}{(4\pi)^2}$ Nのとき、その磁極の強さを1Wbと定める。また、N極の磁気量の符号を正に、S極の磁気量の符号を負にとることにする。

磁気量がそれぞれ m_1 [Wb]、 m_2 [Wb]の磁極間にはたらく磁気力 F [N]は、電荷に関するクーロンの法則と同様に、磁極間の距離の2乗に反比例し、磁気量の積に比例する。



▲図1 磁極間にはたらく力 電荷と同じくクーロンの法則にしたがう。



▲図2 ネオジム磁石 強いものでは磁極表面における磁気量の密度が約1 Wb/m²、磁束密度(→p.262)が約0.5 T (Wb/m²)であり、1 cm²あたり約50 Nという強い吸着力をもつ。指を挟まないよう注意する必要がある。

物質の磁化と磁性体

鉄でできた釘が磁石に引きつけられるのは、磁石の磁界によって釘が磁石としての性質をもつためと考えられる。このように物質が磁石の性質をもつことを**磁化**という。

物質を構成する電子や原子核は、微小な磁石としての性質をもっている。外部から加えた磁界により、この微小な磁石がどのように振る舞うかが物質の磁化のようすを決める。身のまわりにある物質の多くは、磁化のようすの違いから**常磁性体**、**反磁性体**、**強磁性体**の3つに分類できる。

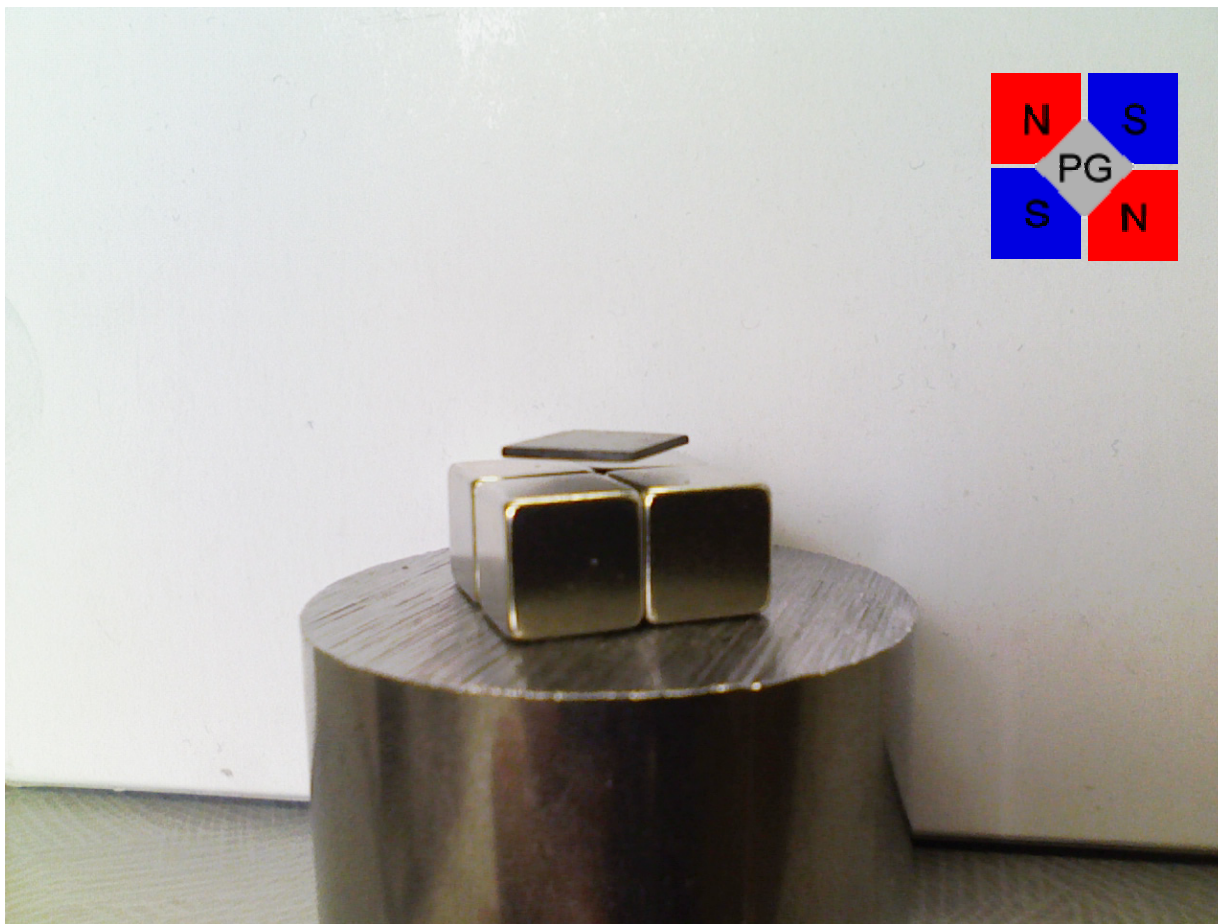
常磁性体に磁石を近づけると、磁石から非常に弱い引力を受ける。これは、電界による誘電体の誘電分極(p.217)に似た現象で、物質内の微小な磁石が外部磁界の方向(方位磁針の向く方向)にわずかにそろう性質をもつことによる。

これに対し、反磁性体では、物質内の微小な磁石が磁力線とは反対方向にわずかにそろう性質をもち、磁石から非常に弱い斥力を受ける。強磁性体は、常磁性体と同じく物質内の微小な磁石が外部磁界の方向にそろう性質をもつが、その程度が常磁性体に比べて非常に大きく、磁石から強い引力を受ける。電磁石とは、鉄などの強磁性体をコイルの磁界により磁化させて、強い磁界を外部に発生させる装置である。強磁性体の中には、外部磁界を取り除いた後も磁化が残り、**永久磁石**になるものもある。

	常磁性体	反磁性体	強磁性体
磁界のようす			
	N S	S N	N S
	磁石にわずかに引きつけられる。	磁石にわずかに反発する。	磁石に強く引きつけられる。
例	アルミニウム、空気 など	水、銅、グラファイト など	鉄、コバルト、ニッケル など

▲図 物質の磁化のようす 常磁性体や反磁性体の場合は、磁性体がつくる磁界が外部の磁界に比べ非常に弱いため、外部の磁界がほとんど変化しない。強磁性体の場合は、外部の磁界の強さによって異なる。また、外部の磁界を取り除いた後も磁化が残る場合は、永久磁石になる。

熱分解カーボンの磁気浮上



2000年イグノーベル賞



アンドレ ガイム
(Andre Geim)



生きたカエルを磁気浮上させる実験画像。アンドレ・ガイムとマイケル・ペリー卿はこの実験でカエルの磁気浮上にも成功し、2000年イグノーベル物理学賞を受賞した。なおマイケル・ペリー卿はイギリス王立協会会員であり、量子力学におけるベリー位相を命名した科学者である。また、ガイムはイグノーベル賞に続いてノーベル物理学賞も受賞した史上初の人物である(2010年)。

Wikipedia日本語版より

Diamagnetically stabilized magnet levitation

M. D. Simon^{a)}

Department of Physics and Astronomy, University of California, Los Angeles, California 90095

L. O. Heflinger

5001 Paseo de Pablo, Torrance, California 90505

A. K. Geim

Department of Physics and Astronomy, University of Manchester, Manchester, United Kingdom^{b)}

(Received 13 November 2000; accepted 5 April 2001)

Stable levitation of one magnet by another with no energy input is usually prohibited by Earnshaw's theorem. However, the introduction of diamagnetic material at special locations can stabilize such levitation. A magnet can even be stably suspended between (diamagnetic) fingertips. A very simple, surprisingly stable room temperature magnet levitation device is described that works without superconductors and requires absolutely no energy input. Our theory derives the magnetic field conditions necessary for stable levitation in these cases and predicts experimental measurements of the forces remarkably well. New levitation configurations are described which can be stabilized with hollow cylinders of diamagnetic material. Measurements are presented of the diamagnetic properties of several samples of bismuth and graphite. © 2001 American Association of Physics Teachers.

[DOI: 10.1119/1.1375157]

Table I. Values of the dimensionless susceptibility χ in SI units for some diamagnetic materials. The measurement method for the graphites is discussed in a later section.

Material	$-\chi(\times 10^{-6})$
Water	8.8
Gold	34
Bismuth metal	170
Graphite rod	160
Pyrolytic graphite \perp	450
Pyrolytic graphite \parallel	85

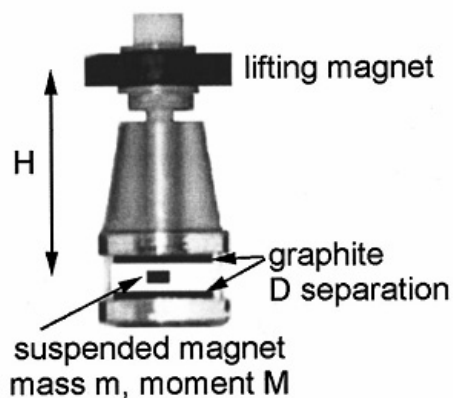


Fig. 4. Diamagnetically stabilized magnet levitation geometry for one compact implementation.

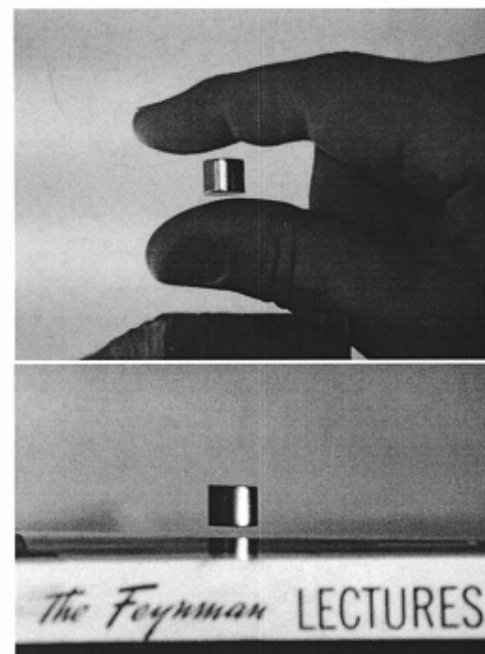


Fig. 1. (Top) Levitation of a magnet 2.5 m below an unseen 11-T superconducting solenoid stabilized by the diamagnetism of fingers ($\chi \sim 10^{-5}$). (Bottom) Demonstrating the diamagnetism of our favorite text explaining diamagnetism.

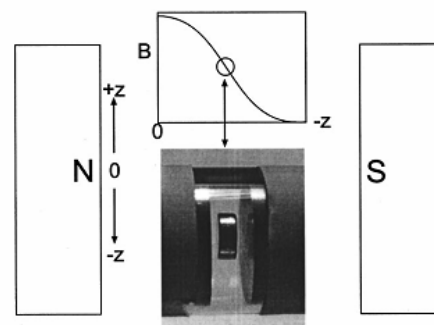


Fig. 11. Graphite plates stabilize levitation of a magnet below the centerline between two pole faces and just above the inflection point in the field magnitude. Not shown in the picture but labeled N and S are the 25-cm-diam pole faces of an electromagnet spaced about 15 cm apart. The poles can be from permanent or electromagnets.

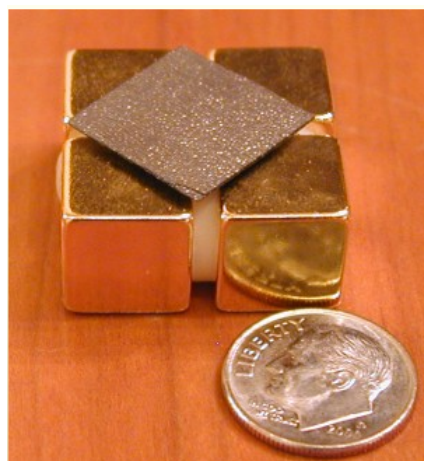


The Scitoys Catalog

[Scitoys Catalog](#) [Search](#) [All Products](#) [Basket Contents](#)

[Checkout](#)

<http://www.scitoyscatalog.com/>



Levitation Bundle #1
Code: LEVKIT1
Price: \$33.43
Quantity in Basket: *none*

All you need to levitate pyrolytic graphite.

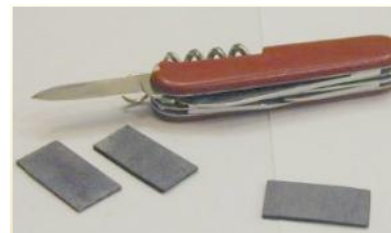
Four 12mm gold plated Neodymium Iron Boron magnets
One piece of Pyrolytic Graphite.

Trim up the graphite as explained in the pyrolytic graphite levitation section, and it will float above the magnets like magic.

CAUTION: Neodymium magnets are so powerful that they will break if allowed to jump together.
Work with them on a steel surface to prevent jumping.

[Add One To Basket](#)

[Buy One Now](#)



One Piece of Pyrolytic Graphite
Code: GRAPHITE1
Price: \$5.71
Quantity in Basket: *none*

This amazing stuff will float in mid-air above four strong magnets.
(See our Magnetism chapter).

Each piece is roughly 1 millimeter thick (thickness varies), 32 millimeters long, and 16 millimeters wide.

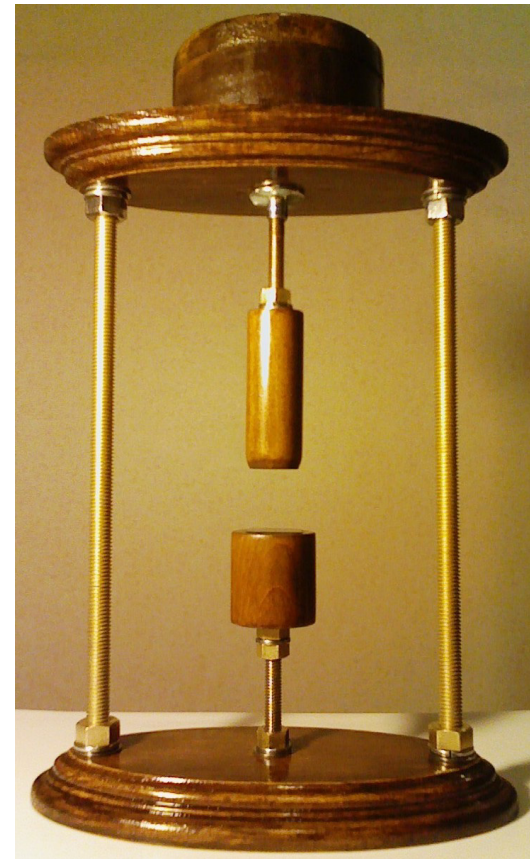
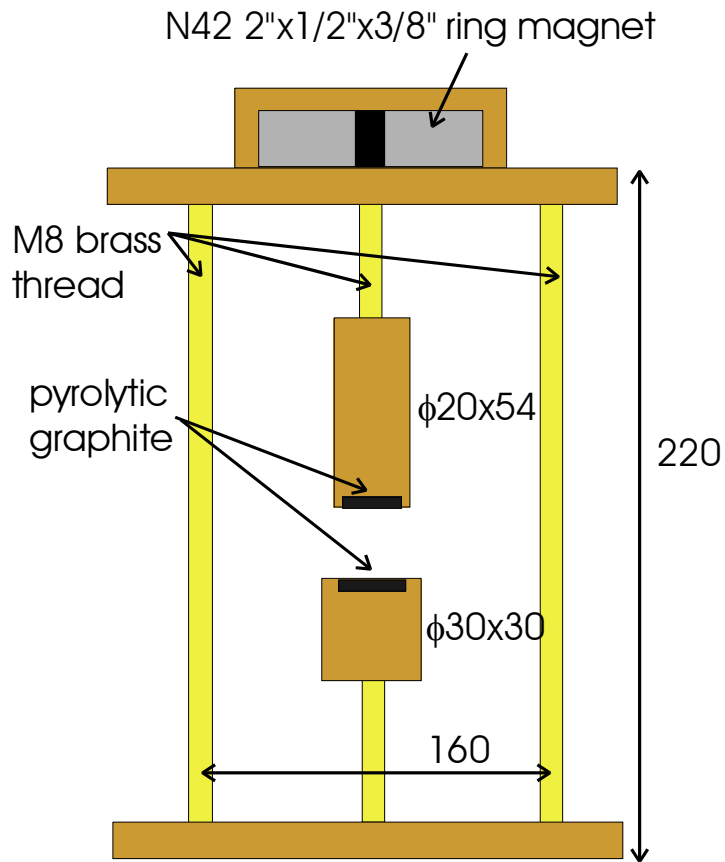
Great for the suspended magnet project as a replacement for bismuth, and essential for the levitating pyrolytic graphite project.

This makes a good sample for Carbon in your collection of samples for the Periodic Table of the Elements.

[Add One To Basket](#)

[Buy One Now](#)

アンティークな磁気浮上おもちゃ



Yahoo!メール(ベータ版)

10-mm-diameter sphere magnet

← → ↺

www.youtube.com/watch?v=jvBdCveRk7E

2次元イジングモデル

ABCDEFGH・創造と生...

AVRのタイマ割り込み...

AVRマイコンで学ぶコ...

Arduino + L...

YouTube

magneticlevitator

ランキン

10-mm-diameter sphere magnet levitation

magneticlevitator

チャンネル登録

8本の動画



0:58 / 1:21

高評価 20 件, 低評価 1 件

グッド!

追加

共有

3,143

高評価 20 件, 低評価 1 件

magneticlevitator さんが 2011/01/29 にアップロード

The 10-mm sphere is a gold-plated neodymium magnet (N40) which I bought at <http://www.26magnet.co.jp>. A large ring neodymium magnet (N42 2" x 1/2" 57mm outer diameter, 1.5" inner diameter, 1.5" thick, 26magnet.com) is