

2004/9/25~9/26

2004年度 本郷祭

本郷中学：高等学校

科学部

目次

簡易モーター	1
空き缶スピーカー	3
雲	5
衝突球	8
U-CAS	11
浮沈子	14
ホバークラフト	15

簡易モーター

【実験目的】 子供にもわかりやすく、簡易なモーターを作り、原理を理解する。

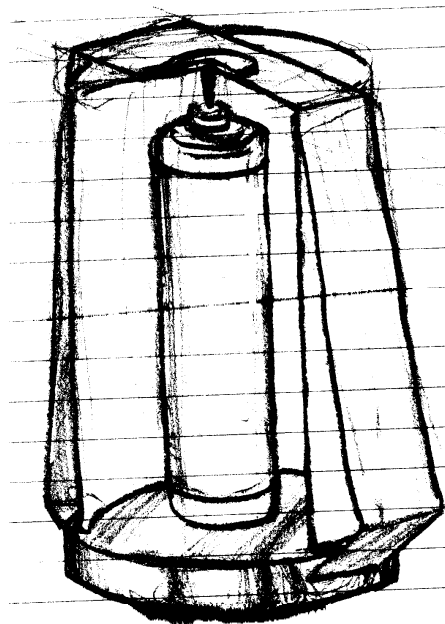
【材料】 画鋸、フィルムケース、アルミホイル、フェライト磁石、マンガン電池

- 【作成方法】
- ①フィルムケースに穴を開ける。
 - ②アルミホイルを1.3×15cmに切る。
 - ③磁石を用意して5.5cm四方の正方形にアルミホイルを切り、包む。
 - ④穴を開けたフィルムケースにアルミホイルを画鋸で固定する。
 - ⑤磁石の上に電池を置き、+極に画鋸の先端を合わせてフィルムケースを置く。
この際、下端のアルミホイルを磁石に接触させる。

※この実験ではアルカリ電池では発熱、発火、液漏れの恐れがあるため必ずマンガン電池を使用すること。

また回路としてはショートしている為、未使用時には必ずフィルムケースを外すこと。

【完成図】



【原理】 モーターが回転する原理は、フレミング左手の法則により電流と磁界の方向を決定させると力の方向が決定することによる。

図1

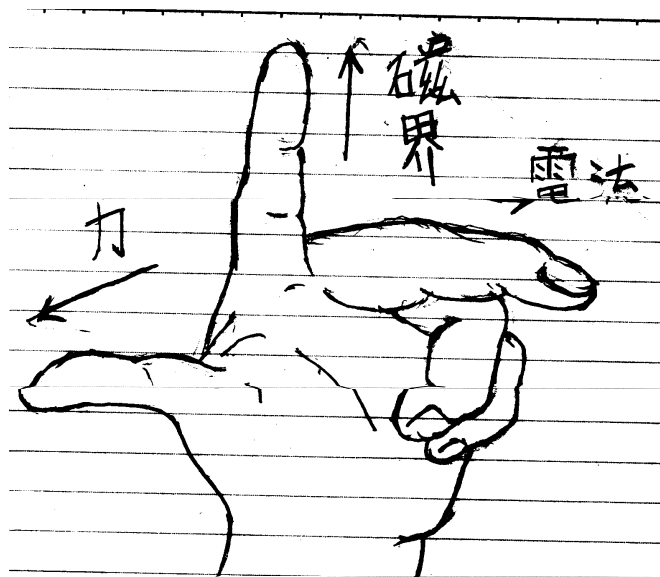
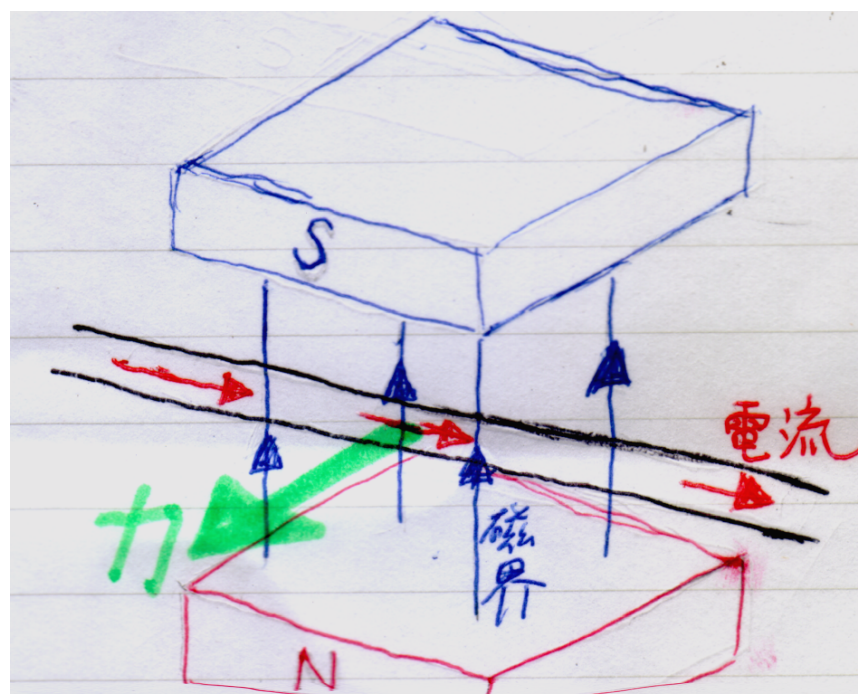


図2

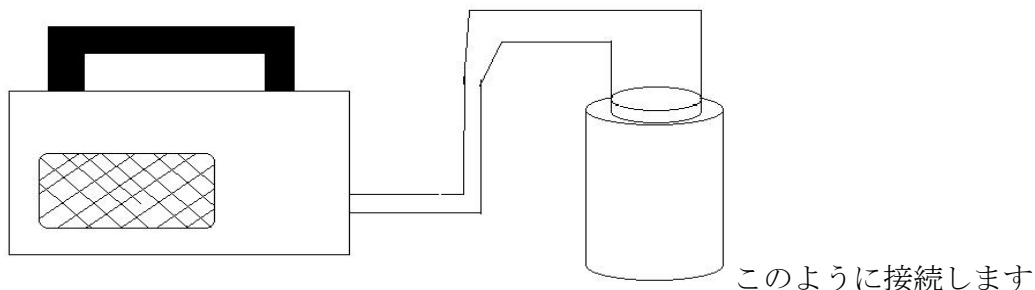


空き缶スピーカーについて

実験目的・・・スピーカーがどのように音を鳴らしているのか、身近なものを使ってスピーカーの原理を調べるものです

必要なもの・・・空き缶（そこが平らなもの）、エナメル線（約9,5m,直径0.35mmが望ましい）、フェライト磁石（ドーナツ型、外枠6.0cm、内枠3,4cm）、使い終わった単2電池

作り方・・・まず、使い終わった電池にエナメル線を100回まきます。このとき、両端をすこし余らせるようにしてください。また、このときにできる、この電線の束はコイルといいます。次に、コイルを電池から取り出し、解けないように縛ります。そして両端を紙ヤスリでけずり、そこにマイク端子を取り付けます。そして最後にコイルを空き缶の裏に固定し、磁石をくっつけて閉静です。使い方は図のとおりマイク端子をラジカセなどに接続し、音を鳴らしてください。耳を近づけると音が鳴っているのがわかります。



原理・・・ではこのスピーカーからどうして音がでるのでしょうか？まず、ラジカセから「音」の電気信号をコイルに流します。コイルは、電気が流れると磁石になる性質があるので（これを電磁石といいます）回りにあるフェライト磁石と反発、またはくっつきます（図①参照）。しかし、音の電気信号というものは波のように流れているので（図②参照）フレミングの左手の法則により流れが逆になることで極も逆になり、反対の動作をします（図③参照）。これをたくさん繰り返すことによって、コイルが振動をします。それが空き缶の底に伝わり、大きな振動へと変わります。さらにこの大きな振動が音の波となり、それが人間の耳の鼓膜のなかを伝わって入っていきます。

フェライト磁石

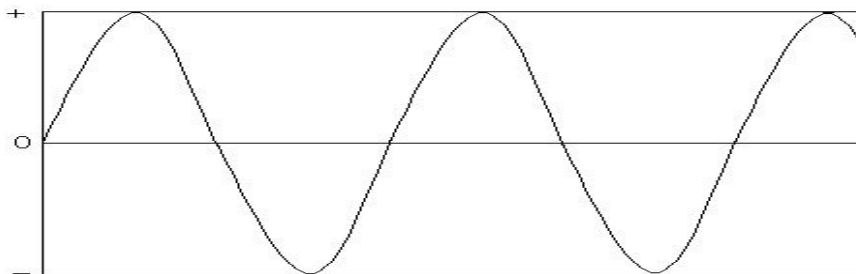


図①

フェライト磁石



図②



+の方向にいけばいくほど正の方向に流れ、-の方向にいけばいくほど、負の方向に流れる(負とは初め流れていた逆の方向)

図③

雲

【実験目的】 ペットボトルを用いて雲を作り出す。
そしてその原理を考察する。

【手順】 ペットボトルに空気入れで空気を入れ、抜くだけ。
ペットボトルの中を少し水で濡らしておくと雲が出やすい。

【原理】 「雲」とはとても細かい水蒸気の粒の集合体である。
それをペットボトルの中に作り出したのが今回の実験だ。

〈まずは水蒸気について確認しよう〉

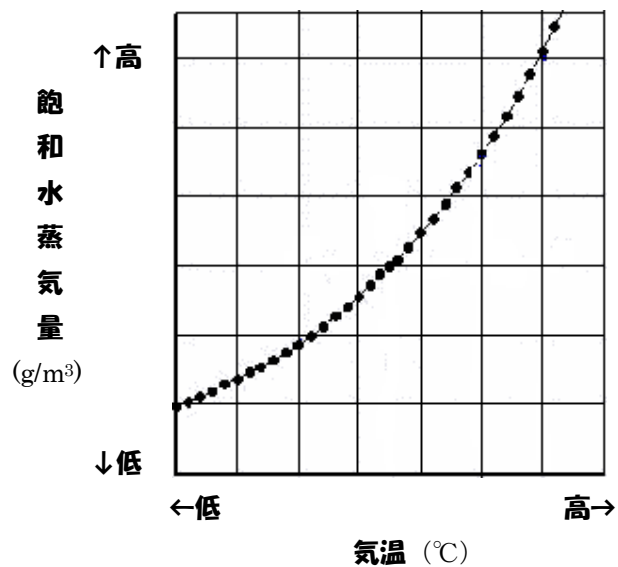
空気の中には水蒸気が含まれている。

空気中に含むことのできる水蒸気の量には限度があり、限度まで水蒸気を含んだ空気は、水蒸気で「飽和」しているという。

その限度をこすと、こした分の水蒸気は水滴になってしまう。(これを結露と言う。)

また、飽和している空気 1 m^3 に含まれている水蒸気の量を、「**飽和水蒸気量**」という。

飽和水蒸気量は気温によって増えたり減ったりする。(下グラフ参照)



〈では今回の実験について考えよう〉

当然、実験に使用したペットボトルの中にも水蒸気が含まれている。

実験の初めにボトル内に空気入れて空気を入れた。それによってボトル内の圧力は高くなり、(※1) に書いてある理由でボトル内の空気の温度は高くなり、飽和水蒸気量は増える。

(この時、ボトル内の水滴の一部が水蒸気へと変わり、ボトル内は水蒸気の量がとても多くなる。)・・・①

次に空気を抜いた。すると圧力が急激に下がってしまい、(※2) の理由でボトル内の温度が下がり、飽和水蒸気量は減る。・・・②

ここで①と②を比べてほしい。①ではボトル内の水蒸気の量がとても多い状態にある。しかし②では、空気中の水蒸気の割合はそのまま飽和水蒸気量が減ったため、ボトル内には含むことのできる量の限度以上の水蒸気が存在しているのだ。

限度をこした水蒸気はどうなるか、そう、結露してしまうのである。

そして、ボトル内の空気中にある、肉眼で見ることの難しいホコリなどに結露した物が「雲」だ。

以上がこの実験での雲ができる過程である。

[※1 気体の温度は

「気体の圧力 × 気体の体積」 に比例する。

空気をボトル内に送り込んだとき、ボトルの容積 (=ボトル内の気体の体積) は変わらないが、圧力は上がるので

「気体の圧力 × 気体の体積」 が大きくなり

ボトル内の気体の温度は上がる。]

[※2 圧力が下がると温度が下がるのは、「断熱変化」によるもの。

空気はそれ自体が高性能の断熱材である。

ゆえに空気どうして熱のやりとりを全くしない。

物体同士がやりとりする熱は、

「やりとりする熱 = 空気のする仕事 + 空気の内部エネルギーの変化量」

で表すことができる。

(内部エネルギーとは気体に含まれるたくさんの分子が持つエネルギーのことで、エネルギーがたくさんあれば気体の温度は高くなり、少なければ低くなる。)

この場合、断熱変化なのでやりとりする熱の量は0。

そして圧力が減って空気が膨張する (ために仕事をする) ので空気の仕事は+ (プラス)。

上の式に当てはめると、

$0 = 「+」 + 「???」$ 。

「???」は「- (マイナス)」しか当てはまらない。空気の内部のエネルギーが「-」、つまり減るので温度は下がる。]

【実際の雲のできる原理】

では、空に浮かんでいる雲はどうできるのか。
でき方はペットボトルの中で作った雲とほぼ同じだ。

まず、太陽光で地面が暖められ、地熱で地表付近の空気が暖められる。
(飽和水蒸気量が増える。)・・・①と同じ状況

空気は、暖められると膨張し、軽くなり上空高くへと昇っていく。
上空では空気が薄い (気圧が低い)。
ここで断熱変化 (※2) が起こり、昇ってきた空気の温度が冷える。
(飽和水蒸気量が減る。)・・・②と同じ状況

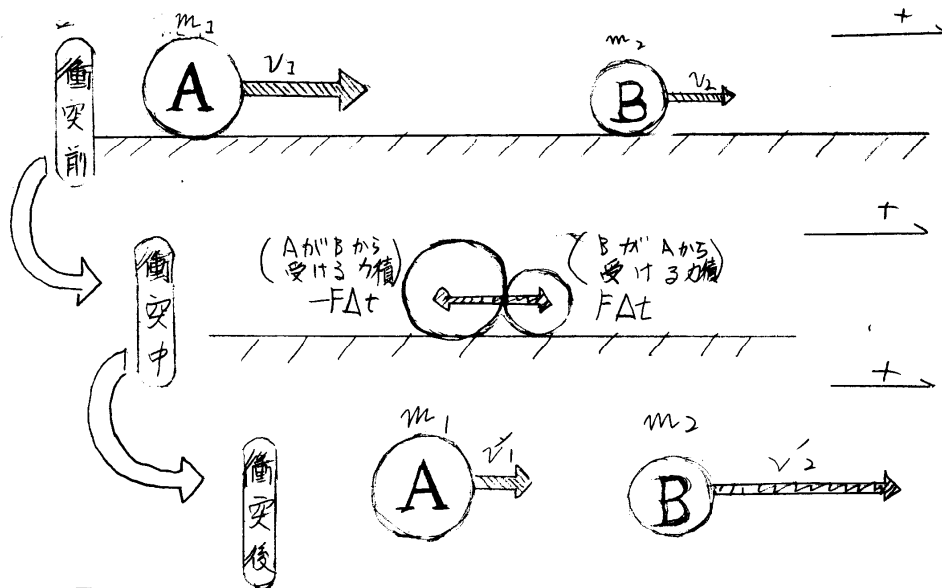
ここで地上付近と上空で飽和水蒸気量に大きな差ができ、含みきれなくなった水蒸気が空気中のホコリやゴミに結露する。
これがたくさん集まった物が、雲だ。

衝突球

【実験目的】 物体と物体がぶつかり合ったときの変化を調べる。

【手順】 振り子のビー球を動かして他のビー球に当てる。

【原理】 この衝突球には「**運動量保存の法則**」という法則が作用されている。
 運動量とは物体が動くときの激しさのことをいって**質量×速度**で表せます。
 運動量をわかりやすく例えるならば、ボールを投げそれを受け止めるときの衝撃です。
 そして運動量保存の法則とは、**物体と物体が衝突の前後で運動量の総和は変わらない**という法則です。(下図を参照)



$$\left[\begin{array}{l} \text{球(大) A} \quad m_1 v_1' - m_1 v_1 = -F\Delta t \quad \dots \text{①} \\ \text{球(小) B} \quad m_2 v_2' - m_2 v_2 = F\Delta t \quad \dots \text{②} \end{array} \right.$$

$$\text{①} \times -1, \text{②} \div 1$$

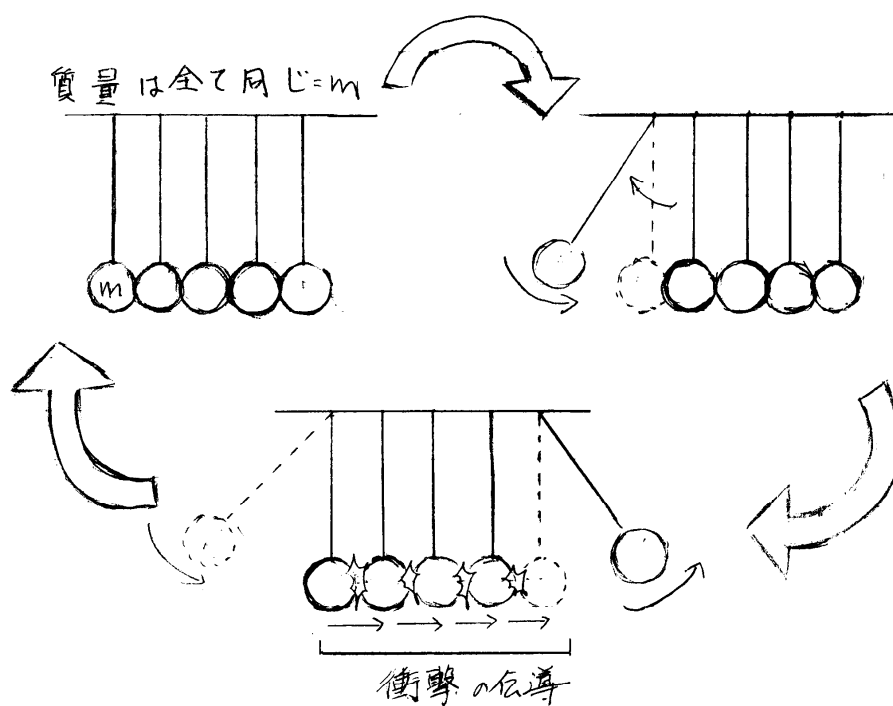
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

【実験】

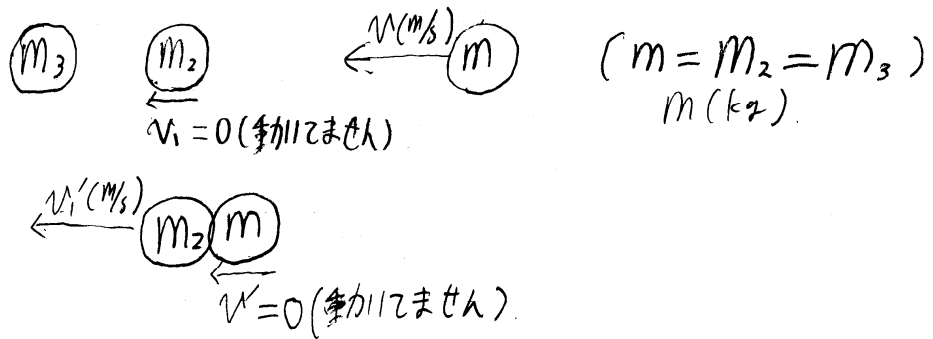
衝突球は最初に動き出したビー球の持つ運動量が隣のビー球に衝突して伝わり、また衝突してその隣のビー球に伝わる。これらの動作を繰り返して最後に端のビー球までたどり着きます。

端のビー球は運動量を他に伝えることができずに空に浮いて、また戻ってきたときに隣のビー球へ運動量が伝わります。

これらの一連の動作が衝突球の実験です。



[質量が同じ時の運動量保存の法則]



$$e = \left| \frac{v_2' - v_1'}{v_1 - v_2} \right| = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2} \quad \text{の式から}$$

m の速度を v とし、 m_2 の速度を $v_1 (= 0)$ とする。
 そしてぶつかったあとの m の速度を $v' (= 0)$ とし、
 m_2 の速度を v_1' とする。

$e = 1$ から e の式に代入して

$$e = -\frac{0 - v_1'}{v - 0} = 1 \quad \text{より}$$

$$v = v_1' \quad \text{になる}$$

また、同じように m_2 が m_3 にぶつかったあとの
 m_3 の速度は v_1' と同じになる。
 つまり v と同じである。

これにより質量が同じの時衝突の前後では速度が同じである。

U-CAS の実験

○U-CAS とは

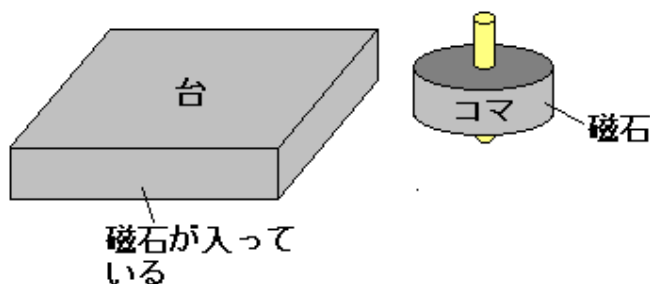
U-CAS というのは、磁石の同極同士の反発を利用して、磁石を埋め込まれた台の上で、磁石で出来たコマを回して浮かす、というものです。

○U-CAS の原理

- ・なぜコマは浮くのか

U-CAS のコマは磁石で出来ており、台座には磁石が埋め込んであり、その上に板が置いてあります (図 1)

図 1



ためにコマを台に近づけてみると、力を感じます。

では、この台の上にコマを置いてみれば、浮くのでしょうか？

実際にやってみると、コマはあらぬ方向へと飛んでいってしまいます。

これは、コマが安定して浮くところからコマが少しでもずれると、コマはバランスを崩し、重力と反発力の釣り合いが崩れ、飛んでいってしまうのです。

では、今度はこの台の上に板を置き、その上でコマを回し、板をだんだんと上に持ち上げて行きます。すると、ある点でコマは浮き上がり、空中で回り続けます。今度は、回転が弱まるまで落ちることはありません。(図 2) (図 3)

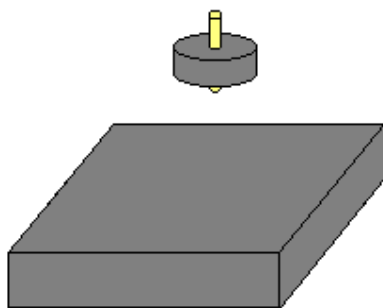


図 2

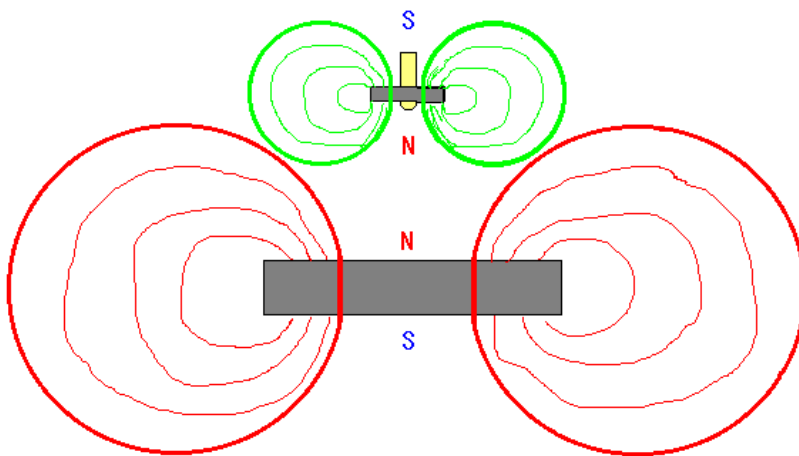


図3
浮遊時の磁力線

- ・ コマの安定する理由

コマを回しながら持ち上げると、コマは安定して回ったまま空中に浮かびつづけました。なぜコマは安定したのでしょうか？

それは、「ジャイロ効果」というものによるものです。

コマのように、回転しているものは、その回転の軸の方向を一定に保とうとする性質があります。それを「ジャイロ効果」といいます。

コマのバランスが崩れそうになると、回転の軸の方向を保とうとして、傾こうとする力を打ち消そうとする力が働きます。(図 4)

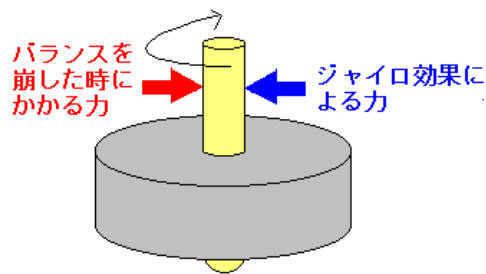


図4

そのため、コマは安定したまま回り続け、回転が弱くなるまで回りつづけます。

- コマはなぜ落ちるのか

回転を始め少したつと、回転が弱まっていき、ジャイロ効果の効力が弱まり、バランスを崩してコマは落ちてしまいます。コマは地面と接していないのに、なぜ回転が弱まるのでしょうか。

これは、空気とコマの間に空気抵抗があり、摩擦が生じ、回転力がだんだんと奪われていく、というものが主な原因かと思われます。

- コマを回しつづける方法

空気がなければ、コマはもっと長い時間回り続けることが出来るはずです。

そこで科学部では、真空装置の中で U-CAS を浮かしてみました。

科学部で実験したところ、10分間回り続けました。

浮沈子

浮沈子は浮力によって浮いている。

浮力とは物体を水に入れたとき、その物体が水を押し出した体積分だけ浮く力である。

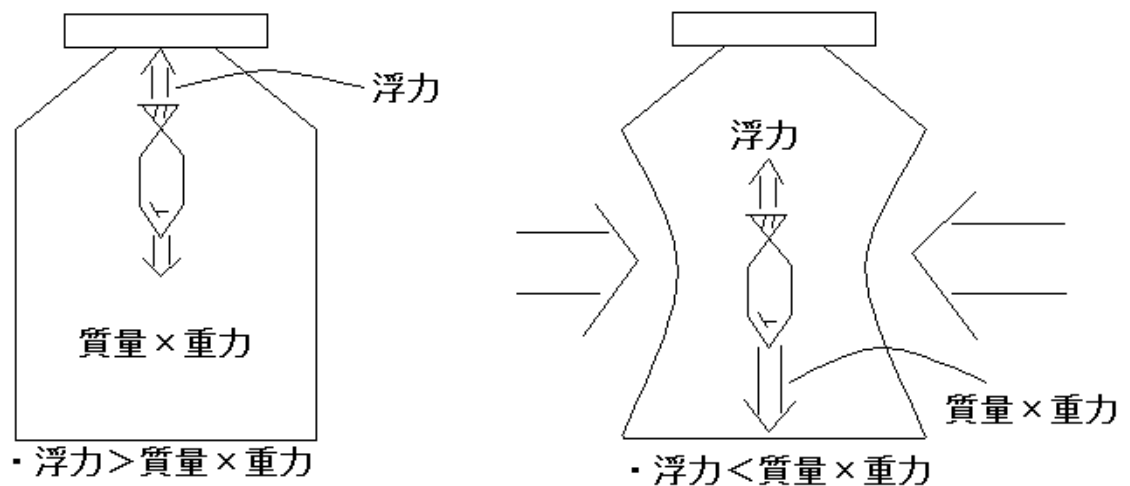
この浮沈子の場合には図1のようにになっている。

そしてペットボトルを押すとパスカル原理によって圧力が全体に伝わる。

浮沈子は圧力によりへこみ、体積が減るため浮力が小さくなる。

そして浮力が重力より小さくなったときに下へ沈む。

図1



ホバークラフト

【実験目的】 わずかな力で大重量の物体を動かせる「ホバークラフト」を作る。
そして、その原理を考察する。

【ホバークラフトとは】

ホバークラフトとは地面すれすれに上がり、地面との摩擦をなくして移動する乗り物である。

当科学部のホバークラフトは掃除機のパワーを使用している。

【浮く原理】 このホバークラフトの動力は掃除機の後ろから出る排気だ。
掃除機で人を浮かせることはできない。ではなぜホバークラフトは浮くのだろうか。
それは「圧力」によって、掃除機の排気の何倍もの力を引き出しているからだ。

〈圧力〉

圧力とは、物がふれ合うとき、ふれ合う面の 1 cm^2 あたりを垂直に押し合う力。

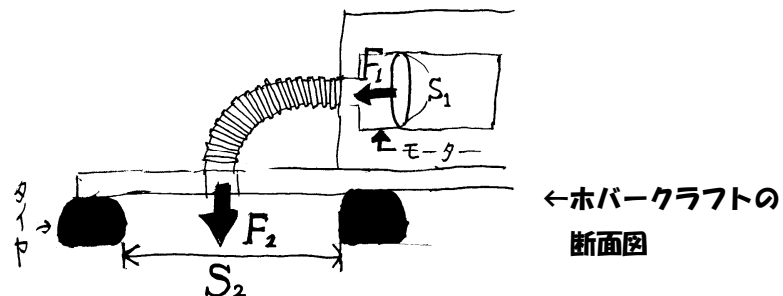
式で表すと以下のようなになる。

$$\text{圧力} = \frac{\text{面を垂直に押す力}}{\text{力がはたらく部分の面積}}$$

〈ホバークラフト〉

ホバークラフトの断面は下の図のようになっている。

ホバークラフトが浮くとき、モーターの部分とタイヤで囲まれた部分の圧力が同じになる。



その状態を前ページの式で表すと

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

両辺に S_2 をかけると

$$F_2 = \frac{S_2}{S_1} \times F_1$$

$S_2 > S_1$ なので $F_2 > F_1$ と言える。

よって、掃除機の排気よりも大きな力を取り出すことができるので、ホバークラフトは浮く。