平成20年度　調査研究統一テーマ

「生きる力」をはぐくむ学校教育の創造

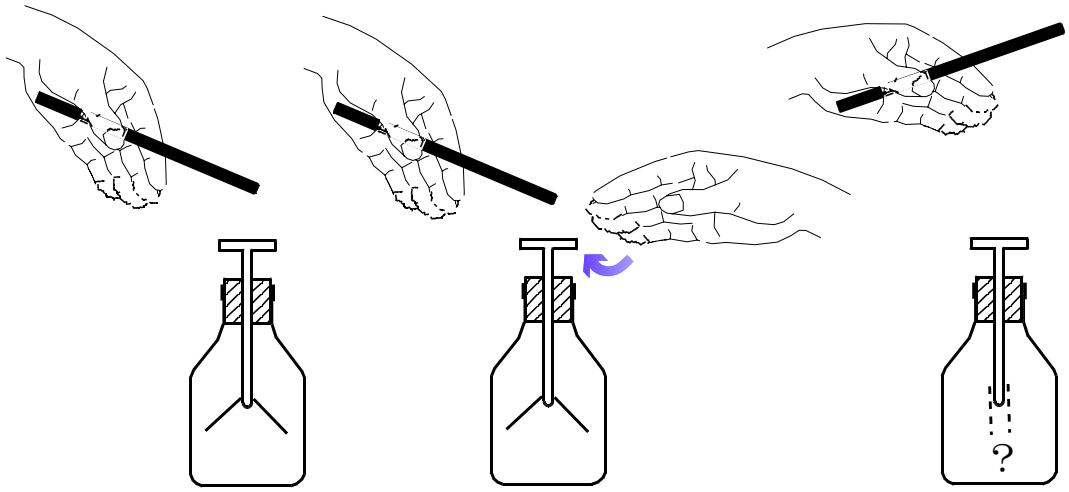
理科研修班班内共同研究

学ぶ意欲を高める指導

――興味を喚起する教材，教具の製作を通して――

演示実験の充実に向けた支援資料の作成

―― 高校物理の教材づくり ――



毛皮で摩擦したエボナイト棒を近づける

箔検電気の金属部分を手で触れる

エボナイト棒を箔検電気から遠ざけたとき箔の開きはどうなるか

平成21年2月

沖縄県立総合教育センター

〈物理〉

演示実験の充実に向けた支援資料の作成

── 高校物理の教材づくり ──

末　吉　康　徳 ＊

Ⅰ　テーマ設定の理由

理科研修班では，班内共同研究として平成 16 年度から「体験的学習（実験・実習）の充実に向けた支援資料の作成」の研究に取り組んでいる。平成 17 年度には小学校理科，家庭科へ支援するための手だてとして，ものづくりや実験の方法などを中心とした実験・実習帳を作成，また平成 18 年度には，県内中学校の理科教師を対象として行ったアンケート調査の結果をもとに，対象者の具体的な要望を取り入れ，実験を取り入れた授業の具体的なマニュアルとして「実験の手引き」を作成した。さらに平成 19 年度においては，範囲を高等学校まで広げ，小・中・高等学校の支援資料の充実を図り，それぞれの発達段階において活用できる身近な素材を生かした複数の物理教材を研究・製作して実験・実習の資料を作成した。

さて，今年度は，高等学校「物理」の支援資料の充実に取り組む。物理の概念は抽象的な事項が多く，視覚に訴える実験・教具の工夫・改善が必要な科目である。電気や磁気によるさまざまな現象，熱エネルギーなど日常生活に密着しているにもかかわらず，授業者にとってその原理やエネルギーの変換の様子をイメージさせることが難しく，理解させにくい単元である。そのため授業展開においてより強い創意・工夫が必要である。このようなイメージさせにくい，視覚的に捉えにくい現象を，いかにわかりやすくかつ興味・関心を喚起できるかを課題とし，それらの現象を視覚的に捉えることができる装置を作り，演示実験を行うことで理解するという授業の展開を図るための支援資料を作成することをねらいとした。これらの実験を通して生徒の興味・関心が高まり，各生徒がその原理・法則を探究する力を身につけ，「物理」の指導内容の改善の手だてとなることを目的として，本研究テーマを設定した。

Ⅱ　研究内容

1　力学に関する項目（運動とエネルギー，力と運動）

レール上を転がるボールのはじめと終わりの物体の速度や時間の比較，力学的エネルギー変換の様子を観察する実験器を製作した（図１）。物理Ⅰ「物体の運動」や「エネルギー」の単元の導入実験として活用できる。

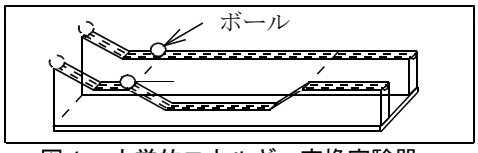


図１　力学的エネルギー変換実験器

また，ころ（丸い棒）を利用して摩擦を小さくした動く斜面を作り，その上を運動する物体の様子を観察する実験器を製作した（図２）。物理Ⅱ「物体の運動」の単元の導入として活用できる。この単元は大学入試では頻出して取り上げられている。「動く斜面上の物体の運動」について，斜面を固定した場合の物体の落下運動や動く斜面上にした場合の物体の落下運動と斜面の運動の様子が具体的に実験・観察ができる。

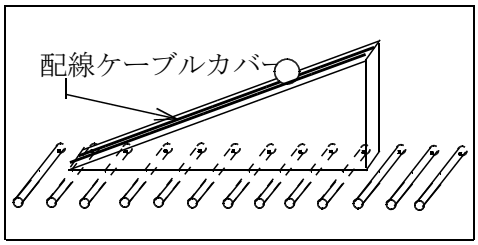


図2　動く斜面上の物体運動観察器

これらの教具は，厚さ4㎝の発泡スチロールを切り取り，ボールと発泡スチロールの摩擦を小さくするために配線ケーブルのカバーを両面テープで貼り付けて作ることができる。

次に，日常で起こる物体の運動の中で，水に働く重力やエネルギーの変換について観察する実験器具「ヘロンの噴水」を製作した（写真１）。これは気体の圧力について観察するできるように透明なアクリル素材の容器を利用し，製作した。物理Ⅰ「物体の運動」の単元に活用できる。

写真1　ヘロンの噴水

＊県立総合教育センター指導主事

２　電磁気学に関する項目（電気，電気と磁気）

静電気現象を視覚的に捉えることができる「静電気発生装置（ウィムスハースト型)」を製作した（写真２）。この装置は，物理Ⅰの「電気」の単元で活用できる。例えば，アルミ片の入った演示用の平行板コンデンサーに接続すると，電気力によるアルミ片の運動や木綿糸を使って電界の様子を観察することもできる。また排気盤と真空ポンプを併用したり，厚めの丸底フラスコを利用して真空放電現象を観察することもできる（図４)。

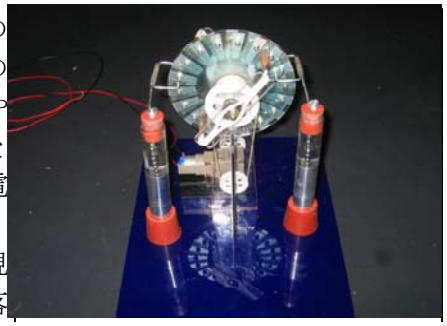


写真２　静電気発生装置

他に，銅管やアルミ管にネオジウム磁石を落下させて電磁誘導現象を観察する簡単な実験は学校現場でよく行われている。磁石の落下する様子を観察しやすくするために，コの字型のアルミ板とアクリル板を組み合わせた器具を製作した。物理Ⅱの「電界と磁界」の単元で導入実験として活用できる。

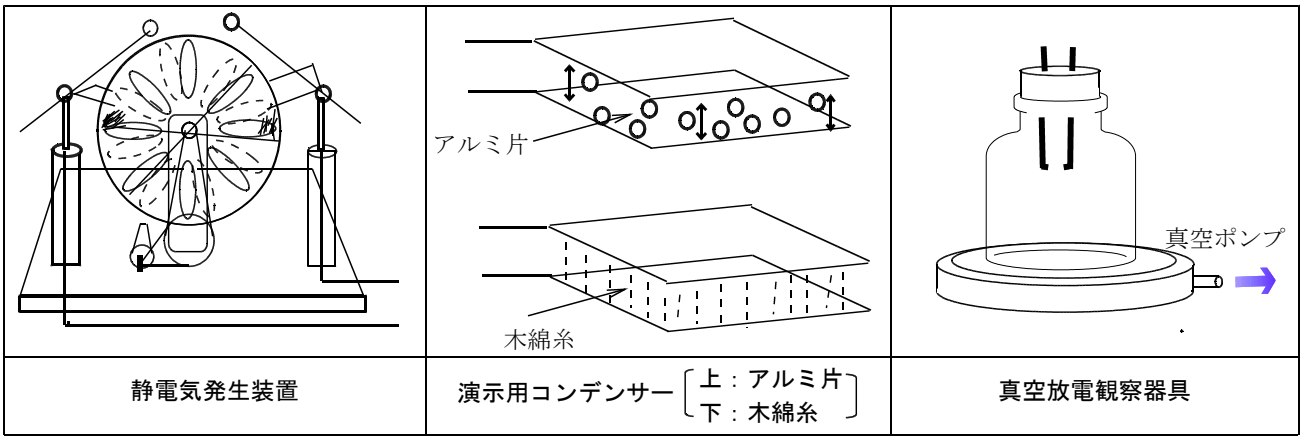


図４　静電気現象の実験例

Ⅲ　成果と課題

高等学校の体験的学習の支援資料の作成として，身近な素材を生かした物理教材づくりを進めてきた。いずれの教材も軽量化し，消耗品費の範囲内で入手しやすい材料を使い容易に作成できるものを目指して研究してきた。これらの教材を使って授業を展開することで，これまで難しかった「物理」の各内容への生徒の興味・関心が高まり,各生徒がその原理・法則を探究する力を身に付けることができると思われる。

今後の課題として，優先順位の問題から本研究で取りあげなかった単元で活用できる，身近な素材を生かした物理教材の充実をはかり，これまでの資料をまとめた「物理実験資料集（小・中・高)」を作成し，教師の支援をしていきたい。

〈主な参考文献〉

文部科学省　1999　『高等学校学習指導要領解説－理科編　理数編－　文部科学』　大日本図書省
全理セ協議会編著　1988　『身近な素材を生かした物理教材の研究』　東洋館出版社
砂川重信著　1987　『物理テキストシリーズ　電磁気学』　岩波書店

斜面上の物体の運動

１．目　的

物体の運動について，速さや終点に到達するまでの時間，力学的エネルギーの保存および運動量保存を理解させる。

２．教具の製作

(1)　材料

発泡スチロール材（90 × 90 × 5cm），ジョイナー（屋内配線カバー 90cm × ３本），両面テープ，鉛筆または色鉛筆（実験の時に“ころ”として利用する），ビー玉（２個）と実験用鉄球（φ３～4cm：１個）

(2)　製作

①　発泡スチロール材を３個切り取り，実験器具を作る（図 1）。

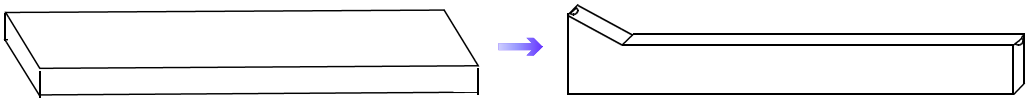


図１

②　その内の１個をさらに切り取る（図２）

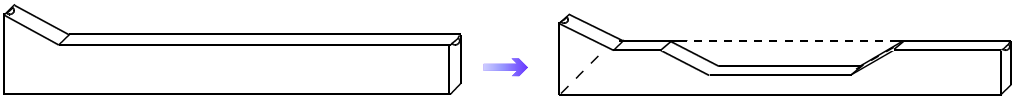


図２

③　①，②で切り取ったものにジョイナーを両面テープで付けて完成（図３）。

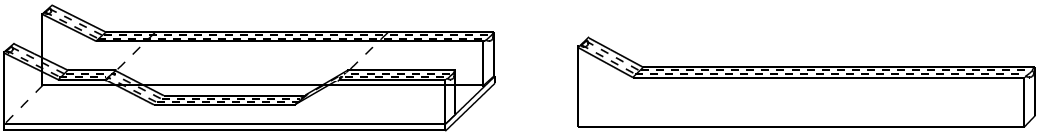


図３

【ポイント】・図３のように木の台に取り付けると実験が行いやすい。
・ジョイナーは熱湯で温めると曲げやすい。

④　大学入試問題に出題される斜面を作る（図４）。

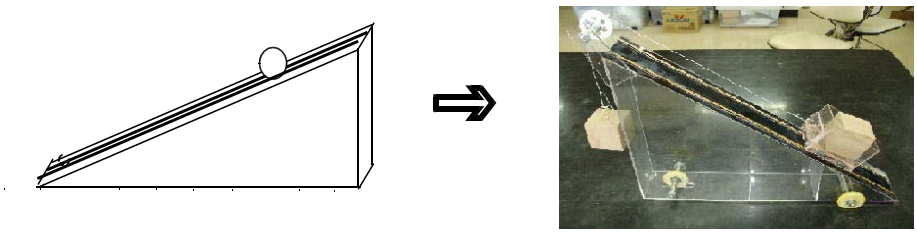


図４

３．実験方法

(1)　図５のように２個のビー玉を同時に転がし，ビー玉の速さや終点までの到達時間について実験・観察する。

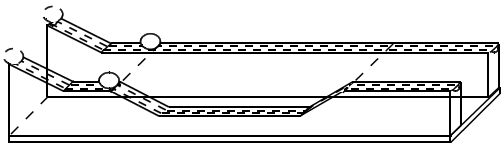


図５

(2)　鉛筆を下に敷き，その上に実験器具を載せて床との摩擦を小さくする。鉄球を転がし，器具と鉄球の運動の様子を観察する（図６）。

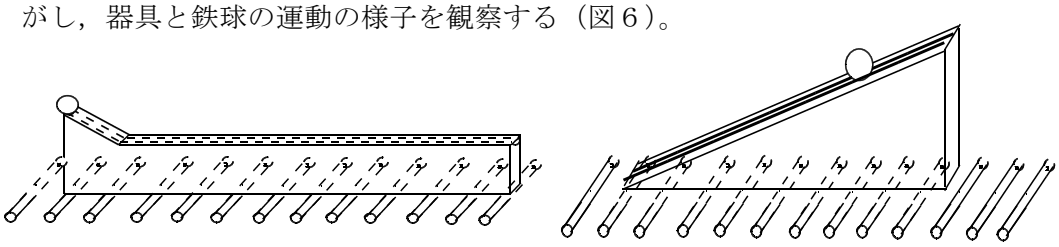


図６

４．指導メモ

実験方法(1)では，実験前に２個のビー玉の速さが変化する様子について推測させる。また終点までの到達時間（到達する時刻）について推測させてから実験を行う。力学的エネルギーの保存についても忘れないこと。実験方法(2) では，器具と鉄球の動きを注意深く観察させる。そして質量と速さの関係について運動量保存の法則を解説するとよいでしょう。また運動方程式の応用として取り扱うこともできるでしょう。

５．入試問題

(1) 2004　センター試験（本試験）　第２問　B

図２のように，質量Ｍの台が水平な床の上に置かれている。この台の上面では，摩擦がない曲面と摩擦がある水平面が点Ｑで滑らかにつながっている。台の水平面から高さhにある面上の点Ｐに質量ｍの小物体を置き，静かに放す。ただし，空気による抵抗はなく重力加速度の大きさをgとする。

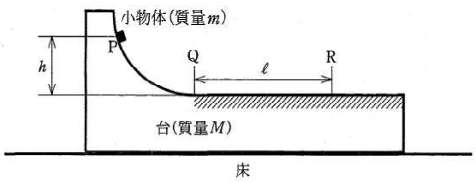


図　2

問３　台が床に固定されているとき，小物体は点Ｑまで滑り落ちたのち，点Ｑから距離ℓだけ離れた点Ｒで止まった。ＱＲ間の水平面と小物体の間の動摩擦係数μ'はいくらか。

問４　次に，台が床の上で摩擦なく自由に動くことができるようにした。台が静止した状態で，点Ｐから同じ小物体を静かに放した。小物体が台上の点Ｑに速したときの，小物体の床に対する速度をv，台の床に対する速度をVとする。ただし，速度は右向きを正とする。このときvとVが満たすべき関係式を２つ作りなさい。

問５　問４と同様に台が床の上で摩擦なく自由に動く場合，小物体は，点Ｑを通り過ぎたのち，点Ｑからある距離だけ離れた位置で台に対して停止した。この時点における台の床に対する運動はどうなるか。説明しなさい。

(2) 2002　大阪大学　理学部　後期

図１のような，水平面とθの角をなし，滑らかな斜面を持つ質量Ｍの三角柱があり，その頂点に質量の無視できるくぎが固定されている。このくぎに糸の一端を結び，糸の他端には斜面に置かれた質量ｍの大きさの無視できる物体Ｐが結ばれている。水平床上に固定した(x，ｙ)座標と三角柱に固定した(Ｘ，Ｙ)座標を図１のようにとる。

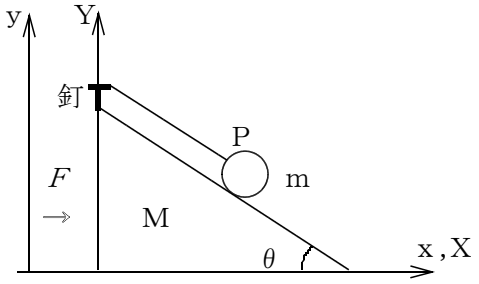


図１

はじめ，三角柱は滑らかな水平床上をｘ軸負の方向に滑っていける。ここで，三角柱にｘ軸正の方向に一定の力Ｆを加え続けて，三角柱を減速させる。力Ｆは十分に弱く，糸はピンと張っており，物体Ｐは三角柱に対して相対的に静止している。重力加速度を g として，以下の問いに答えなさい。

問１　三角柱の水平床に対するｘ成分 Ao を求めなさい。

問２　糸の張力をＴ，物体Ｐに働く斜面からの垂直抗力を Ro とする。
三角柱とともに運動する観測者からみると，物体Ｐには三角柱の加速度による慣性力が働いている。このことを考慮して，三角柱とともに運動する観測者からみた物体ＰのＸ軸方向および，ｙ 軸方向の運動方程式(力のつりあいの式)を書きなさい。

問３　糸の張力Ｔを F，Ｍ，ｍ，θ，g を用いて表しなさい。
以下省略。

６．資料（図）

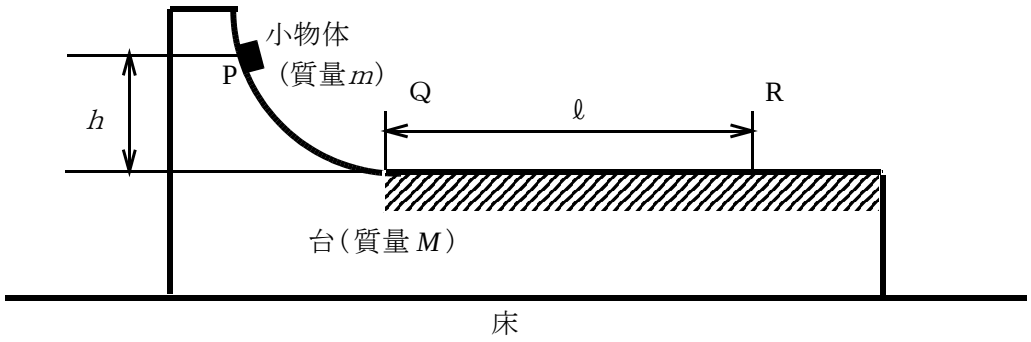


図　２

ヘロンの噴水

１．ねらい

水の重力やエネルギー変換の様子，また気体の圧力についても理解させる。

２．教具の製作

(1)　材料

アクリル板（50 × 50 × 0.２ cm），アクリル円筒棒（φ１ cm × 90cm），アクリル容器（容量 460ml，２個），ゴム栓（１号），アクリル溶剤

(2)　製作

①　アクリル容器にドリルで穴（φ１ cm）をあけ，蓋を接着剤で密閉する（図１）。

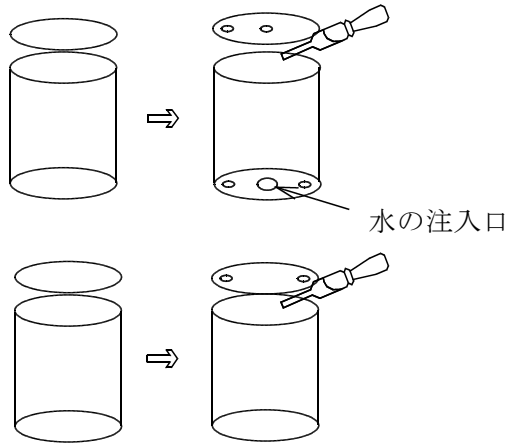


図１

②　アクリル円筒棒を図２のように取り付け，噴水の受け皿を取り付けて完成（図２）。

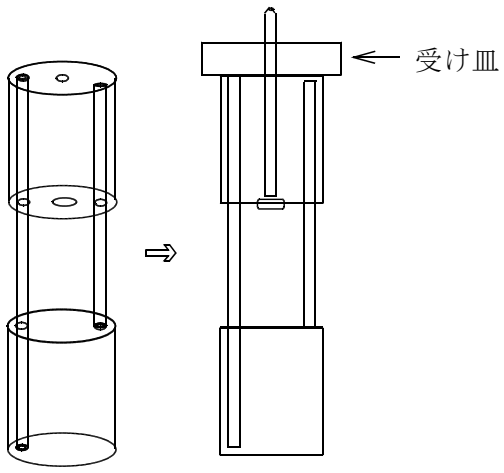


図２

３．実験方法

(1)　流れがよく観察できるように，水彩絵の具を数滴水に溶かして容器に入れる。初めは水が出にくいので受け皿に水を少し入れて，流れを促す（図３）。

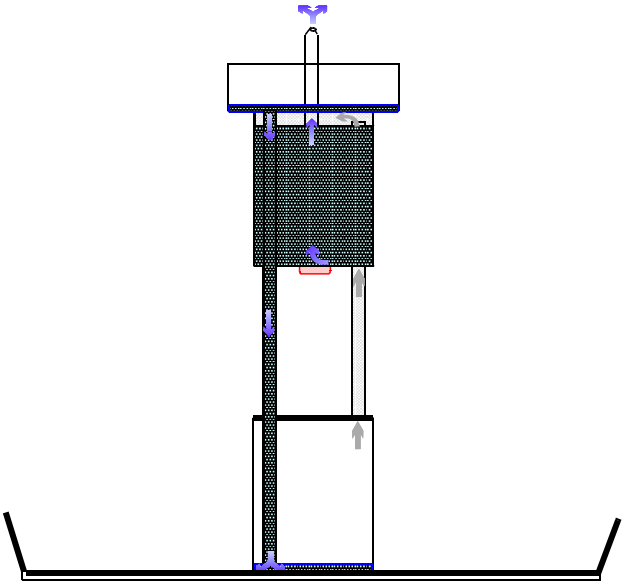


図３

(2)　水が斜めに噴き出すように工夫し，ストロボ撮影装置を利用して，水の斜方投射の実験ができる。

４．指導メモ

実験方法(1)において，ぬるま湯を入れて実験・観察し，水の場合と比較するのもよいでしょう。

静電気の実験

－ウィムスハースト型静電気発生装置の製作および活用－

１．ねらい

電気量，電気容量，クーロン力（静電気力），クーロンの法則に関する電気の基礎やライデン瓶，コンデンサーについて理解させる。

２．教具の製作

(1)　材料

アクリル板（３～５ mm），アルミホイル，ボルトと袋ナット（φ２～３ mm），CD（使用済みのもの），試験管２本，プーリー（模型用滑車），ゴムひも，アルミ線（φ２ mm），小型モーター

(2)　製作

①　発電部分の円盤の製作

CD のコーティングをガムテープなどで丁寧にはぎ取る。図１のように放射線状に 24 カ所穴（φ２～３ mm）を開け，ボルトと袋ナットをしっかりと取り付ける。ボルトの頭の部分をアルミ片を貼りやすくするためにヤスリで少し削る。ボルト側にアルミ片を５ mm 程度間隔をあけて貼る（図２）。

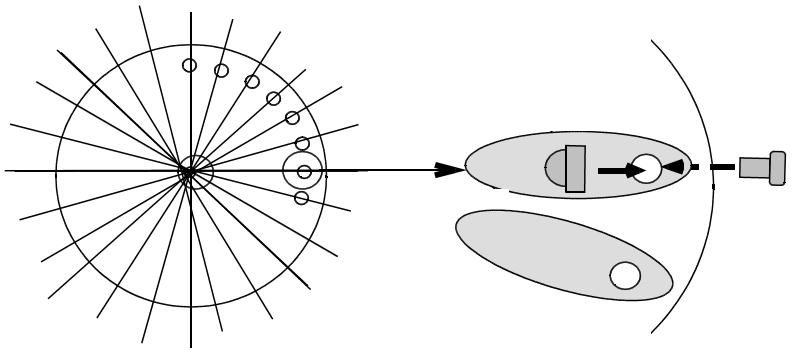


図１

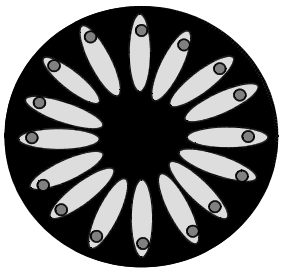


図２

【ポイント】・ボルトを削りすぎないこと。

・ボルトと袋ナットをすべて取り付けた後 CD 全体にアルミを張り付けからカッターなどで不要な部分をはぎ取ってもよい。

② 電気を蓄える部分の製作（ライデン瓶）

試験管の内側と外側にアルミを貼る。底の部分の内側は貼りにくいので，アルミ片を内側に貼ったアルミに接触する程度に丸めて入れる。（図３）

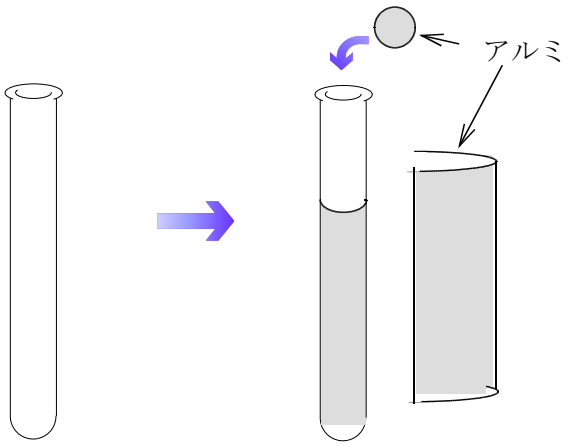


図３

【ポイント】・内側に入れるアルミ球（アルミを丸めたもの）は必ず内側に貼られたアルミに接触させること。

③ ①，②で製作したものとモーターを利用して組み立てて完成（図４）。

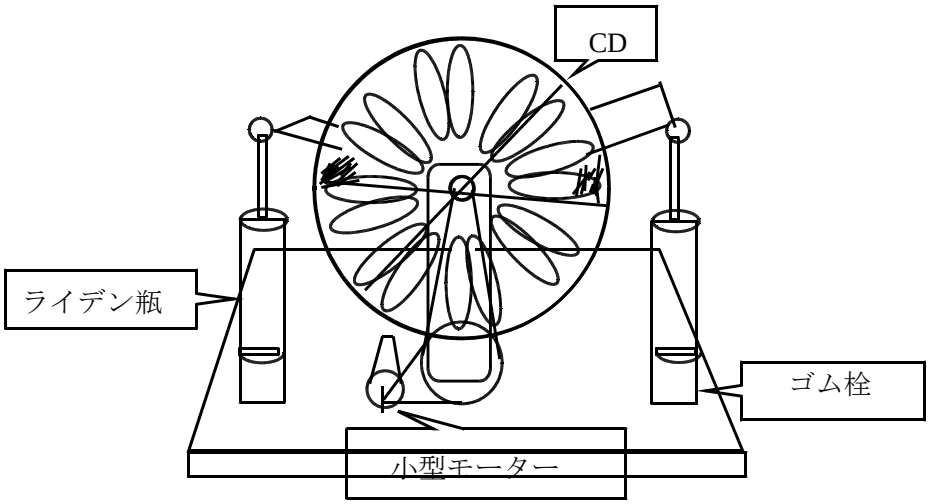


図４

【ポイント】・固定するときはしっかりと取り付ける。
・モーターはステッピングモーターを使用してもよい。

④　実験に必要な器具：製作過程は省略。いずれも消耗品費の範囲内で安くできるように身近な素材を生かして製作した。

〔簡易コンデンサー〕：生徒が観察できるようにアクリル材とアルミで製作（図５）

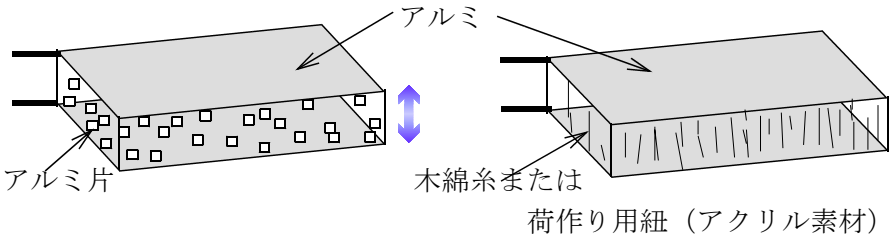


図５

〔クーロン力観察器具Ⅰ〕：簡易コンデンサーとアルミ球で製作（図６）

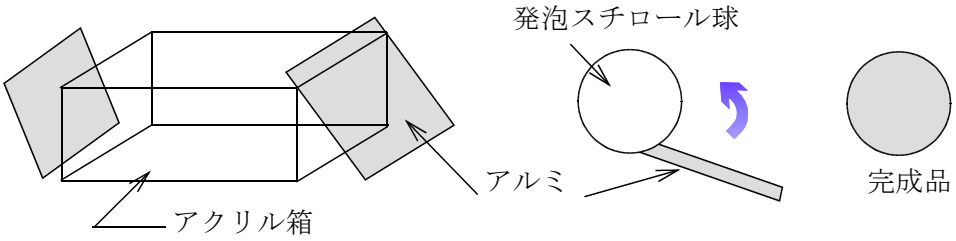


図６

〔クーロン力観察器具Ⅱ〕：円形容器をアルミ球が運動する様子を観察する（図７）

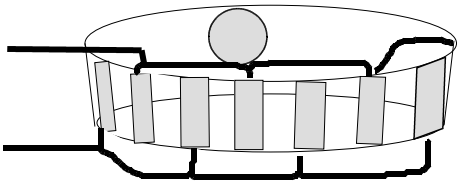


図７

〔静電気現象観察器具〕：ペットボトル（炭酸用），発泡スチロール球（φ５ mm）で作成（図８）。

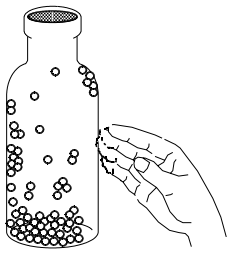


図８

３．実験方法

(1)　静電気について説明し，静電気現象観察器具（図８）を観察する。摩擦の度合いによって，またはペットボトル上下に振るだけで静電気が発生することを理解させる（図９）。

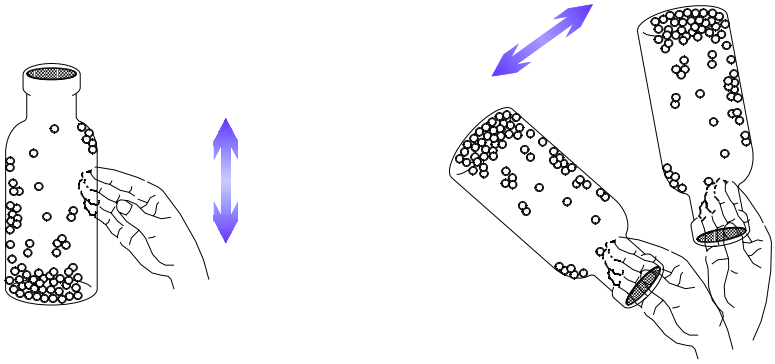


図９

(2)　コンデンサーおよびライデン瓶について説明し，ウィムスハースト静電気発生装置に構造を説明する。（写真１）

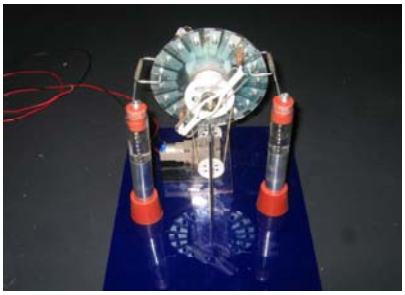


写真１

(3)　クーロン力について解説し，ウィムスハースト静電気発生装置（またはバンデグラーフ静電気発生装置）とクーロン力観察器具 I を活用してクーロン力が働いている様子を観察する（図 10）。

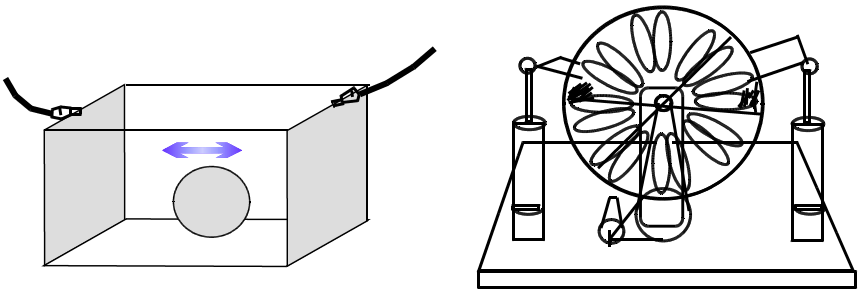


図 10

４．指導メモ

実験方法(2)では，ウィムスハースト静電気発生装置を活用した。これは電気を蓄える機能（ライデン瓶）が装着されている理由からである。もし，ライデン瓶の器具があるならばバンデグラーフ静電気発生装置でもよい。実験方法(3)においても同様にクーロン力観察器具を製作して学校備えてある静電気発生装置を活用してください。

５．入試問題

この単元は入試によく出るところである。問題にあわせて器具を製作し，生徒が理解を促す支援をしてください。

※表紙の問題参照