

物理教材指導上の問題点と対策

桃井 凡夫*・前田 健悟*・宮本 あゆみ**
 松本 隆一***・森迫 常生**・松井 明*

Measure to the problem in case of physical teaching material guide

Tsuneo MOMOI, Kengo MAEDA, Ayumi MIYAMOTO, Ryuichi MATSUMOTO
 Tsuneo MORISAKO and Akira MATSUI

Abstract

As for this paper, a point in case of guide is described about the experiment on the cycloidal pendulum, the hydrodynamic pressure, the Newton's ring and the radiation detection.

はじめに

「物理教材指導上の問題点と対策」というテーマのもとに、主に物理教材実験で指導者が直面する問題点とこの対策の継続研究を行ってきた。本報はこれまで論文^{1)~3)}としたものに加えて、サイクロイド振り子、流体力学中の流速と力の関係の実験、光の干渉を示すニュートンリング、放射線検出器の自作の4件を以下報告するものである。

サイクロイド振り子

振り子を教材とした実験上の問題は、複振り子であるべきところを単振り子に、ふれ角 $\sin\theta$ を θ としていることで周期の計算値と実測値の差異が問題となる。特に振り子のふれ角をどの程度までとどめるのかは、実験の指導に当たって誰もが苦慮するところである。

振り子の等時性は、見方を変えれば吊るされた錘が移動距離に関係なく、所要時間が一定であると云うのである。このことが厳密に成り立つのはサイクロイド曲線即ち等時性曲線である。振り子の錘がサイクロイド曲線を描くなら、等時性は成立し、周期は振り子のふれ角には全く無関係となる。振り子をサイクロイド曲線運動をさせるには2つのサイクロイド曲面の間に振り子を取り付けて運動させればよいことになるが実用的でない、そこで図1に示すよ

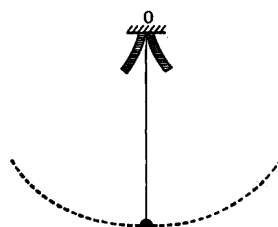


図1 サイクロイド振り子

うに、錘を吊るす点0にスプリング板を取り付ければ、極めて正確に振り子の等時性を示す振り子とすることができる。

実験の結果を図2

に示す。周期の計算値 T_0 と単振り子とサイクロイド振り子の実測値 T の比 T/T_0 (左軸)、それに単振り子とサイクロイド振り子の周期 T (右軸)の双方が、ふれ角 θ との関係で示してある。サイクロイド振り子では $\theta=30^\circ$ まで T の値が変わらないのに、単振り子では、ふれ角の増加とともに変わり

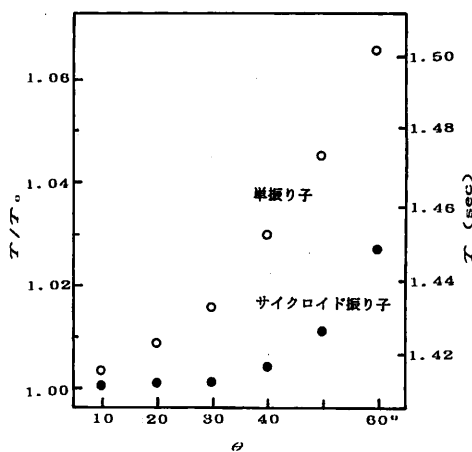


図2 周期の測定値と計算値

* 理科教育

** 熊本大学大学院教育学研究科理科教育専修

*** 熊本県科学教育研究室 研究生

30°では約2%の違いがあるのが判る。これらのことからスプリング板を取り付けることで、これまで用いてきた単振り子を容易にサイクロイド振り子とすることができ周期の測定値を改善することができた。

運動流体

ここで云う運動流体とは静止流体に対するものである。流体力学に関する物理教材の多くが静止流体を取り扱ったもので、なかでも気圧、水圧はこれらの代表的なものである。本報は流速が及ぼす力についての定量実験を試みたものである。空気流についてもよい結果を得

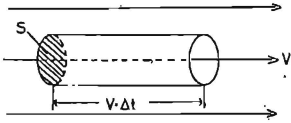


図3 流速と流量

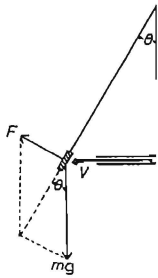


図4 動圧測定

たが、水流の場合のデータを次に示す。水流の場合は特に流速 V の決定が、図3から判るように流出流量との関係で容易に算出される。図4は水流による力 F の測定をする装置で、傾き角 θ より水流の及ぼす力 F をもとめることができる。

図5には測定結果を流速 V と流速の及ぼす力 F の関係で示してある。理論的に云われる V^2 と F の比例関係が明らかにされている。このように運動流体の流速と、この流体が及ぼす力に関する実験を極めて容易にできることが判った。

ニュートンリング

光の干渉を理解するためのニュートンリングを用いる実験は広く知られている。明線と暗線がリングとなり交互にあらわれるのであるが、中心部は理論的には暗部となる。しかし、この中心部が暗部になる

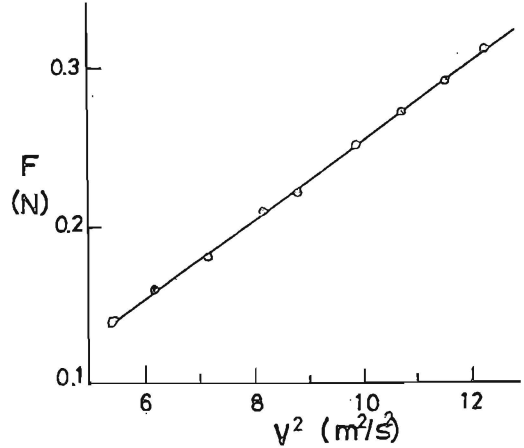


図5 流速の二乗と動圧の比例

という事実は実験的に容易に得られるかという点、図6から判るように見る角度により中心部が暗部になったり明部になったりすることもしばしばある。よく取り扱われる実験の割には、この事実が記載されている実験書は知る限りでは無かった。

器具としてのニュートンリングの構造は、平面ガラス板と片面の曲率半径が大きいガラスを重ね3個のネジにより固定させるものである。このネジの調整により、光の干渉により現れるリングの中心を器具の中央に持ってくると共に中心部で上下のガラスを完全に密着させるのである。

完全に密着させるためネジを強く締めれば、密着はするが一見してガラス面の曲率に異常を来しているのが干渉縞から観察される。そこで最小の力をガラス面に加えて、中央部で上下ガラスの密着が確かであることを如何にして確認をするのかが問題となる。

リングの中心が完全に密着していることを確認する最適の方法は観測する目の位置をガラス面の垂直上方から水平方向に移動させながら中心部を観察す



図6 観察角度で変化する中心部の明暗



図7 観察角度で変化しない密着状態での中心部

るとよい。このとき、図6にみられるように観察する目の位置により、中心部が明部になつたり再び暗部になつたり変化を繰り返すならば、上下ガラス面は密着していないのである。しかし、図7のように明暗の繰り返し認められない最初の状態が上下ガラス面の密着状態にある。指導上見逃しがちな点であったので報告する。

放射線検出器

放射線は原子力発電・医学・農業などの分野で利用されていることで、理科教育でもこの啓発のため教科書でもいろいろ記載が工夫されている。この放射線についての学習をより効果的にするための実験を試みた。

放射線検出器にはいろいろの種類があるが、本報ではガス封入タイプの計数管を写真のフィルムケースを利用して簡便に製作できるものを試作した。試作した検出器の構造を図8に示してある。陽極、陰極、充填ガス（主成分ガス、消滅ガス）、入射窓などの要素で構成される。放射線（ α 、 β 、 γ 線）が検出器に入射すると電離作用により充填ガスを電離させる。陽極と陰極の間には高電圧を印加しているので放射線の入射と同時に両極間で気体の電離が起こり、電気的パルスを得ることができる。一般に主成分ガスはヘリウム、アルゴン等の不活性ガスを用いる。また、多重放電を防ぐため少量の有機ガスを消

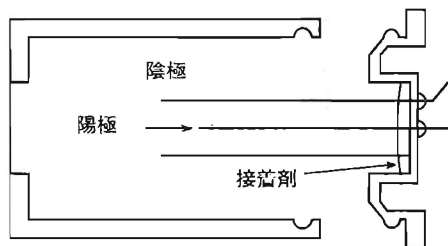


図8 試作検出器の構造

滅ガスとして用いる。

陽極は尖針型で市販の縫い物針（長さ394mm、直径0.56mm）、陰極は内径8mmのアルミニウム管を用い、フィルムケースのキャップ部にエポキシ系接着剤で固定した。主成分ガスは風船用のヘリウムを、消滅ガスは市販カセットコンロ用のボタンを用いた。入射窓はフィルムケース底部に直径10mmの穴を開け、食品包装用フィルムをエポキシ系接着剤で固定した。本検出器で α 線検出を目的としないなら、この穴は不要である。

ガスの充填はビニール袋（約4.5リットル）に、検出器のキャップを開けて入れる。内部の空気を十分押し出しヘリウムを充たす。これを一度押し出し、さらにヘリウムを入れる。最後にボタンを少量（約2秒）注入し、袋の中でキャップを閉めてから取り出す。

図9にはこのようにして試作した計数管の印加電圧 V と計数率 n の関係を示す。図から一見して判るように、良好なプラトーが得られている。測定時の位置関係は線源と入射窓までの距離が約5cmで γ 線が主に計数されている。

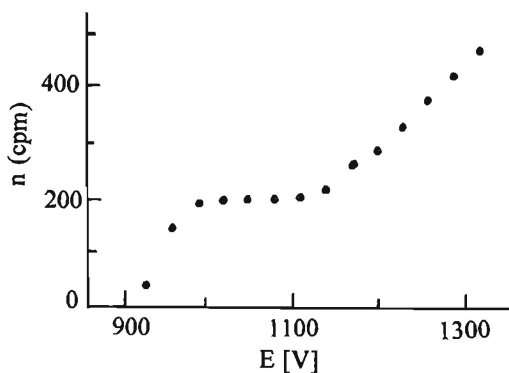


図9 放射線検出器のプラトー曲線

おわりに

長年続けてきた本テーマでの研究もこれまで報告してきたものは一論文一内容であるが、本論文はテーマそのものを論文題として4つの内容について報告したものである。また、これらは全て日本理科教育学会において発表されたものである。最後に実験に協力してくれた佐藤琢郎君と、本テーマを名付けられ、常に一連の研究に懇切なご指導を頂いた前教授であられる山下太利先生に深く感謝を申し上げます。

文 献

- 1) 桃井凡夫：熊本大学教育学部紀要，第1分冊，21，18(1972)。
- 2) 山下太利，桃井凡夫，前田健悟：熊本大学教育学部紀要，第1分冊，24，1(1975)。
- 3) 山下太利，桃井凡夫，前田健悟：日本物理教育学会誌，29(1)，1(1981)。
- 4) 山下太利，桃井凡夫，前田健悟，三島嶽志：日本物理教育学会誌，30，210(1982)。
- 5) 三島嶽志，桃井凡夫，前田健悟，尾道三一，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，30，29(1981)。
- 6) 三島嶽志，桃井凡夫，前田健悟，山下太利，尾道三一，藤本明広，森永好誠，松岡謙二，藤岡輝光：日本教科教育学会誌，7(2)，17(1982)。
- 7) 山下太利，前田健悟，桃井凡夫，三島嶽志，尾道三一：熊本大学教育学部紀要，自然科学，31，5(1982)。
- 8) 三島嶽志，前田健悟，桃井凡夫，尾道三一，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，31，33(1982)。
- 9) 前田健悟，桃井凡夫，山下太利：日本物理教育学会誌，31(4)，169(1983)。
- 10) 前田健悟，桃井凡夫，三島嶽志，尾道三一，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，32，39(1983)。
- 11) 三島嶽志，尾道三一，前田健悟，桃井凡夫，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，32，49(1983)。
- 12) 山下太利，前田健悟，桃井凡夫，三島嶽志：熊本大学教育学部附属教育工学センター 紀要，1，31(1984)。
- 13) 三島嶽志，前田健悟，桃井凡夫，尾道三一，山下太利：熊本大学教育学部附属教育工学センター紀要，1，35(1984)。
- 14) 三島嶽志，前田健悟，桃井凡夫，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，33，63(1984)。
- 15) 前田健悟，桃井凡夫，山下太利：日本物理教育学会誌，33(1)，4(1985)。
- 16) 山下太利，前田健悟，桃井凡夫：熊本大学教育学部附属教育工学センター紀要，2，11(1985)。
- 17) 前田健悟，桃井凡夫，山下太利：熊本大学教育学部紀要，自然科学，34，69(1985)。
- 18) 前田健悟，桃井凡夫，山下太利：熊本大学教育学部附属教育工学センター紀要，3，83(1986)。
- 19) 前田健悟，安藤 博，森川治雄，桃井凡夫：熊本大学教育学部附属教育工学センター紀要，5，25(1988)。
- 20) 桃井凡夫，平井智恵，前田健悟：熊本大学教育学部附属教育工学センター紀要，6，109(1989)。
- 21) 桃井凡夫，安藤 博，前田健悟：熊本大学教育学部紀要，自然科学，38，5(1989)。
- 22) 桃井凡夫，森迫常生，平井智恵：熊本大学教育実践研究，7，9(1990)。
- 23) 桃井凡夫：熊本大学教育実践研究，10，27(1993)。