

物理研究班通信

第 284 号

令和 8 年度 6 月例会 (R8.6.27)

村尾, 沢田, 荻谷, 小谷, 佐藤, 野田, 佐伯,
石井, 本田

これまでの取組・教材開発について <荻谷 麻子>

これまで、大学教員と高校教員による研究グループの一員として、日本の学習指導要領に対応した物理概念調査紙の開発および全国規模での調査に関わってきました。そこで作成された概念調査問題や結果の一部を紹介させていただきました。

また、現在は物理学習における男女差の縮小を目指し、芸術要素を取り入れた物理教材の開発に取り組んでいます。物理学習の男女差の背景には「男性向き」というステレオタイプが存在することが示唆されています。物理とは異なるイメージを持つ芸術要素を取り入れ、物理のイメージを変えることをねらいとした教材作成に取り組んでいます。

静止標的への 2d 非弾性衝突：散乱図と反跳図の円解析 <沢田 功>

質量 m 、速度 v_0 の入射粒子を質量 M の静止標的に衝突させ、入射粒子は速度 v と散乱角 θ で散乱され、標的は速度 V と反跳角 φ で弾き飛ばされるとする。衝突時には 2 つの剛体内部に熱として振動エネルギー E_{th} が生じる。運動量保存則は(1)式と(2)式、エネルギー保存則は(3)式で書ける。但し、質量比 $a = M/m$ 、散乱速さ比 $x = v/v_0$ 、反跳速さ比 $y = V/v_0$ 、エネルギー散逸比 $\beta = E_{th} \div (m v_0^2 / 2)$ を導入している。

$$1 = x \cos \theta + a y \cos \varphi \quad (1)$$

$$0 = x \sin \theta - a y \sin \varphi \quad (2)$$

$$1 = x^2 + a y^2 + \beta \quad (3)$$

これら 3 つの式から散乱角 θ と反跳角 φ は次の極方程式で書ける。

$$\cos \theta(x; a, \beta) = \frac{1 - a(1 - \beta)}{2} \frac{1}{x} + \frac{1 + a}{2} x, \quad \cos \varphi(y; a, \beta) = \frac{\beta}{2a} \frac{1}{y} + \frac{1 + a}{2} y$$

共通の数学的構造は変数に比例する項と反比例する項で散乱角と反跳角が書けていることである。対応する直角座標での円の方程式は次の通りである。

$$\left(x \cos \theta - \frac{1}{1 + a} \right)^2 + (x \sin \theta)^2 = \left(\frac{a}{1 + a} \sqrt{1 - \frac{1 + a}{a} \beta} \right)^2 \quad (4)$$

$$\left(y \cos \varphi - \frac{1}{1 + a} \right)^2 + (y \sin \varphi)^2 = \left(\frac{1}{1 + a} \sqrt{1 - \frac{1 + a}{a} \beta} \right)^2 \quad (5)$$

非弾性散乱でも散乱図と反跳図は円で書け、衝突問題を円解析で予想・理解・分析できる。また、(3)式中のエネルギー散逸比 $\beta = 0$ を(4)式と(5)式に代入すれば、非弾性衝突から弾性衝突を導ける。つまり、研究班通信第 283 号の散乱図や反跳図の円と一致するのである。

ラジェーションかるた <沢田 功>

「ラジェーションかるた」の取り組みが令和 8 年香川県「かがわの未来を担う大学生等定着促進補助金」を用いた事業、「県内高等学校への医療放射線理解促進事業」に採択された。7 月 25 日第 14 回香川県高校生科学研究発表会でポスター発表の機会を特別に頂けている。生徒の皆さん（3 年理系志望単位・医療系志望単位・科学系クラブ活動単位・補習科など様々な選択的形式で）と本学学生が共にかかるたをする事で、医療への興味関心を醸成できればと考えている。一校でも多くの高校等に本学学生とお伺いしたく、訪問の機会を皆様に募る次第で、沢田までご協力ご連絡を賜りたい。かるたは 8 月末に完成させる予定である。

前回、白川氏が水入りフラスコを用いて慣性力のデモ実験を行った。（物理研究班通信 283 号）

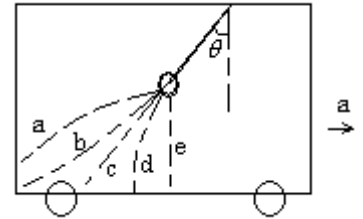
今回私が授業で行っていた慣性力の指導例を示す。

まず、一般的な慣性力の講義をした後、慣性力の例として 3 例を挙げた。

- 例 1
- ・エレベーター内では慣性力と重力場は同等になり一般相対性理論へと発展した。
 - ・宇宙飛行士の耐 g 訓練では回転椅子で g 大、ジェット機の放物運動で機内の $0 g$ を実現している。
 - ・修学旅行でのローターの感覚は金網のかご状のローターの回転速度が増すにつれて、体とローターが傾いていき、体が金網に押し付けられていった。
 - ・スペースシャトル打ち上げ時にロケット内の宇宙飛行士が感じる感覚は $3 g$ 程度であるが、ロシアのソユーズで大西さんが感じた体重は地上の 4 倍 ($4 g$) であった。

例 2：車内の吊り輪の落下方向

- ・電車が加速度 a で加速を続けているとき、車内の吊り輪（質量 m ）が右図のように角 θ 傾いて釣り合った。角 θ はいくらか。また、つり革の張力はいくらか。このとき、吊り輪が切れたとしたら吊り輪の落下方向は a~e のどれになるか。（生徒の答えは a、d、e がかなりあった）



例 3：炎はどちらに傾くか

鉛直にしたペットボトル内にローソクを立て、火をつける。

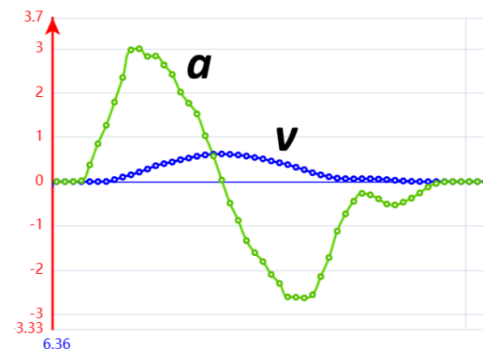
このペットボトルを右に動かして止めるとき、炎の向きはどう変化するか？

また、立てたまま手に持って回り円運動をさせるとローソクの炎の向きはどうなるか？



手を右に動かして止めるとき手はどのような運動をしているのか測定した。（OPTICAL-d-TIMER で測定：右図）

—中央付近で速度最大、加速度は正から負へ変化



装置の作製方法

ペットボトルの下部と上部にはんだごてで数個穴を開ける。（上部穴が小さいと炎が消える）

ペットボトルの口に挿し込むゴム栓の中央に短いアルミ線（3 mm：ローソクの下部に挿し込める大きさ）を突き刺して留める。（元はボトルのキャップの中央に 5 寸釘を刺していた）

アルミ線上部にろうそくを立ててゴム栓ごと机に立てる。

ろうそくに着火して炎が大きくなるまで待つ。

上からペットボトルをかぶせて実験開始

27 日の例会では、皆で例 3 の実験を行っていたが、体の前面でボトルを手を持ち円運動させた時、炎が内側に傾いたが、横から見ると、下から見ると炎の傾きがよく見えた。また、上下に動かすと炎が少し伸びたり縮んだり伸びたりするのが見られた。さらに、無重力では炎が丸くなるということで自由落下させてみたが、目立った変化はなかった。1m 程度の落下時間では炎が変形する時間が足りないようである。炎を消すにはボトルを机上に落として止めると、大きな加速度で静止するので瞬時に消える。