

物理研究班通信

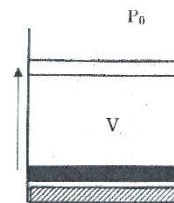
第 272 号

令和 6 年度 5 月例会 (R6.5.18)

村尾, 筒井, 澤田, 白川, 小谷, 佐藤, 岡田友, 白幡,
佐伯, 野田, 石井, 松本佳, 本田 (報告書担当: 本田)

蒸発熱と蒸発エンタルピー <佐伯先生>

問い 滑らかに動く軽いピストンのついたシリンジ内に, 物質質量 n [mol] の水が入っている。最初, 容器内の水の温度は t [°C] であった。この状態で熱を加え, 水をすべて気体にしたところ, 気体の体積が V [m³] となった。この時必要な熱量を求めよ。大気圧を P_0 [Pa], 水のモル比熱を C [J/(mol·K)], 蒸発熱を L [J/mol] とする。初め水蒸気となっている水の量は十分小さく, シリンダーやピストンの熱容量は無視できるものとする。



さて答えは $Q = nC(100 - t) + nL + P_0V$ か,
それとも $Q = nC(100 - t) + nL$ のどちらか。

論点は, 液体が気体になるとき気体は「仕事」をするが, その仕事分が蒸発熱に含まれているかどうかである。物理では, 蒸発熱は「物質を液体から気体に変えるのに必要な熱量」と教える。しかし化学では, 新課程においてエンタルピーが登場し, エンタルピー変化 ΔH の定義は「 $\Delta H = \Delta U + p\Delta V = Q$ (定圧)」となっている。蒸発熱は「1 気圧」下で測定されたものであり, 化学で扱うエンタルピー値と物理で扱う蒸発熱の値が同じであることから, 蒸発熱には体積変化分の仕事が含まれていると言える。啓林館の教科書には「潜熱の大部分は物質の内部エネルギーを変化させるのに費やされるが, 一部は物質の状態変化の際の体積変化に伴う仕事に費やされる。例えば, 水が 1 気圧, 100°C で蒸発するとき, 蒸発熱の約 8% がこの仕事に費やされる。」の記述がある。

実際にはピストンには重さがあるので水蒸気の圧力 P は大気圧 P_0 より大きい ($P = P_0 + \frac{W}{S}$)。したがって式は $Q = nC(100 - t) + nL + (P - P_0)V$ となり, ピストンの重さが無視できるとき $P = P_0$ で $Q = nC(100 - t) + nL$ となる。

テクネチウム <白川先生>

原子番号 43 テクネチウム Tc という元素をご存じか。テクネチウムはすべて放射性同位体で安定同位体をもたない。半減期が 6 時間と短く, 放射線 (γ 線) の人体への影響が少ないことから, シンチグラフィ検査 (放射性医薬品を静脈注射やカプセルで飲むことにより, 体内に取り込まれた部分から放出される γ 線を専用の装置で体外から計測することによって薬の分布を画像化する検査) など身近な医療現場で使われている。

ところで, γ 線が放出される時, 放射性原子核は「崩壊しない」が「 γ 崩壊」と言ってもよいのか。教科書の記述を調べると, 数研・啓林は「 γ 線放出」, 実教・第一・東書は「 γ 崩壊」と書いてあった。理研も「 γ 崩壊」という言葉を使っており, かつて文科が送っていた「放射線副読本」にも「 γ 崩壊」と載っていたので, 崩壊と言っても問題ないのだろう。



当院の専用装置



骨シンチグラフィの画像

国立国際医療研究センター病院 HP より引用

一次元の弾性衝突 <澤田先生>

今年度より徳島文理大の診療放射線学科で放射線物理学を教えることになった澤田先生は, とにかく散乱問題がたくさん出てくるので, 高校物理の「一次元の弾性衝突」を復習してみた。質量 m の物体が速さ v で, 質量 M の物体 (速さ V ($< v$)) に衝突する。衝突後のそれぞれの速度を x, y とおき, 運動量保存則とエネルギー保存則で式を立て, 連立方程式を解いた。解法が 3 パターン見つかったが, 最も

計算が楽になる方法では、連立してまず反発係数の式が出た。ゆえに高校物理では初めから反発係数を使うことが多いのだろう。

さて計算結果から、後方散乱つまり質量 m の物体が逆向きに跳ね返る条件を考察した。 $m \geq M$ では決して跳ね返ることはなく、 $m < M$ では $\frac{2M}{M-m} < \frac{v}{V}$ が成立するような m, M, v, V の組み合わせで跳ね返ることが分かった。たとえば、 $\frac{m}{M} = 2$ の場合は $\frac{v}{V} > 4$ なら跳ね返るといった感じで、どういう時に跳ね返るかは質量比と速度比によって様々なようだ。

ちなみに、放射線学科ではエネルギーの単位としてメブ [MeV] (1 メガ電子ボルト) を使ったり、コンプトン効果をエネルギーベースで学習したり、臓器毎に異なる音速を暗記したりするそうだ。医療従事者を志す高校生への物理のモチベーションアップに役立てたい情報である。

夜間や早朝に音が遠くまで届く理由の謎 <村尾先生>

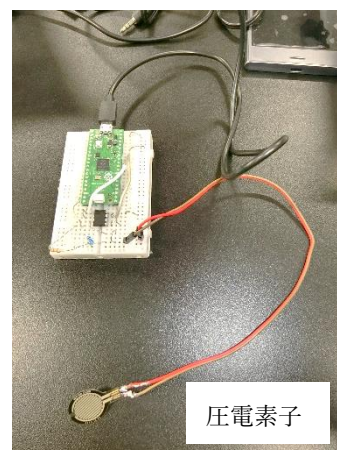
4月5日の「チョコちゃんに叱られる」を見て疑問に思われた方はいないだろうか。「なぜ鳥は朝によく鳴くの?」という問いに対するチョコちゃんの答えが「声が通りやすいから」とあり、昼より朝の方が遠くまで声が届く理由として、「声の通りやすさは大気中の水分量に強く影響される。朝は気温が低く大気中の水分量が少ないが、昼間は空気が温められると水蒸気が多くなり、音が水分に吸収されるため遠くに届きにくくなる。」と解説されていた。我々が教える「温度勾配による音波の屈折」とは全く異なる説明である。

小谷先生は「雨の日で地面が冷えているときに遠くの音が良く聞こえた。」と話されていた。そうすると大気中の水分に音が吸収されて聞こえにくくなるという説明は怪しくなる。やはり屈折による影響の方が大きいのではないか。

自作オシロスコープによる電圧測定 <村尾先生>

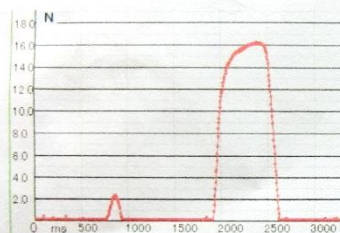
マイコンボード Raspberry Pi Pico を用いてオシロスコープを製作し、様々な値を計測した。

- ①圧電素子を接続すると力センサーとして使用できる。0.2msでの計測が可能であり、一高で使っている PASCO の力センサーより高性能である。
- ②端子を手で触ると、絶えず 60Hz で人が帯電していることを示せた。
- ③回路を組むとコンデンサーの充電曲線(電圧・電流)を示せた。コンデンサーの充放電について実験を行っている学校は少ないようだが、村尾先生のオシロスコープは1,500 円程度で製作可能なため、先生方からの要望が多ければ今年度の基本実験講習会で講座にできるかもしれない。

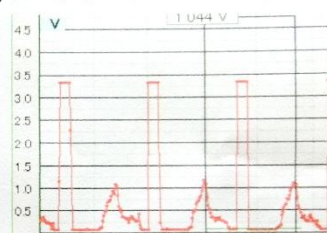


圧電素子

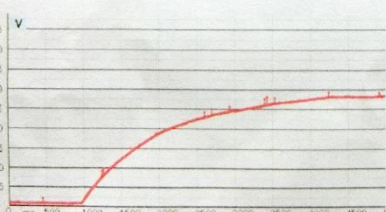
① FsR で力 f の読み取り



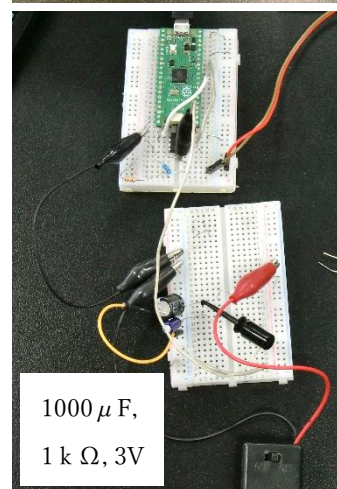
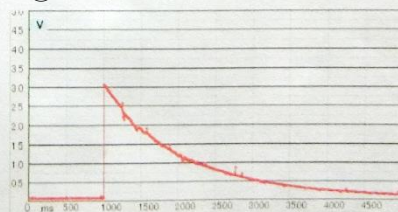
② 人の帯電? (T=16.7ms)



③ C の充電電圧 時定数 $t=Cr=1\text{ s}$



③ C の充電電流



1000 μ F,
1 k Ω , 3V

次回予告 6月29日(土) 15:00~16:00 です。ちょっとした演示実験や興味ある話題、授業での疑問点など、話題は何でもかまいません。ぜひお越しください。