



あいち 物理サークル通信

2025/9/20

愛知物理サークルホームページ <http://www2.hamajima.co.jp/ikiikiwakuwaku/>

次回の例会は

とき：9月23日（火・祝）

13時半より

ところ：市立向陽高校
物理室にて

名古屋市昭和区広池町47

電話：052-841-7138

幹事は向陽の石川光紀さんです

実験用具、教材、プリント、物品販売、何でも持ち寄りましょう。手ぶらでも大歓迎です。

物理室は1階
です。

向陽高校

桜山駅から北東に徒歩8分です

地下鉄桜通線

「桜山」駅

N
4
至今池

〒昭和郵便局
名古屋市立
大学病院

6月14日 例会の報告（参加者14名、9件の報告がありました）

授業報告：ミツバチの偏光覚と8の字ダンス（伊藤政夫さん：市立北）



↑発表する伊藤さんです。

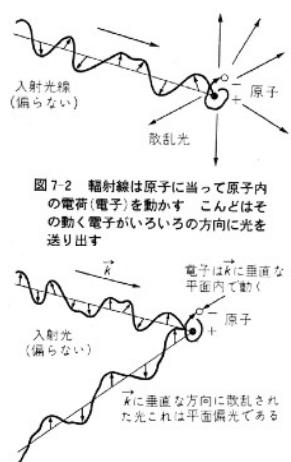
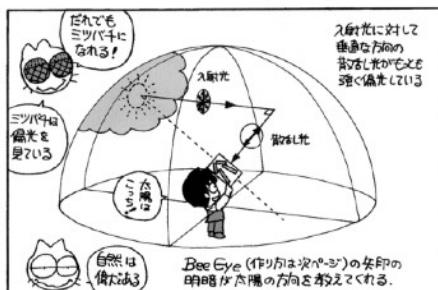
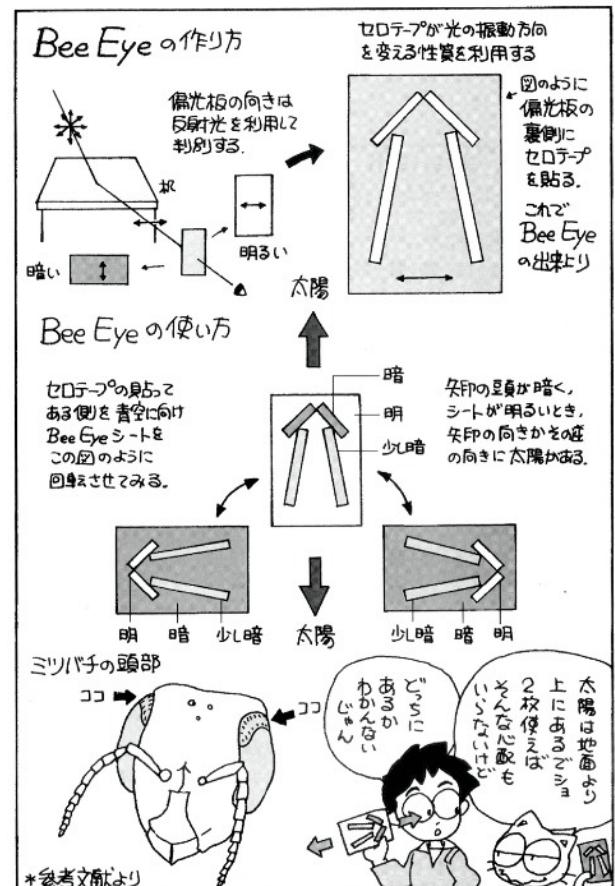


図7-2 輻射線は原子に当って原子内の電荷(電子)を動かす。こんどはその動く電子がいろいろの方向に光を送り出す

3年生理系生物で行った授業の報告。
ミツバチはえさ場までの距離や方向を、
垂直な巣板上でのダンスで伝えます。
(1967フリッシュ→1973ローレンツ、
ティンバーゲンとともにノーベル生物学
賞) 方向の基準は太陽ですがミツバチは
青空の偏光を利用して太陽の位置を知り
ます。伊藤さんの授業では、くじで引いた
えさ場の位置を生徒自身が8の字ダンス
を踊って友人たちに伝えます。ただし
ヒトは偏光覚を持っていないので、偏光
板で作った“BeeEye”で太陽の位置を調
べました。例会では散乱と偏光の関係に
ついて議論となりました。



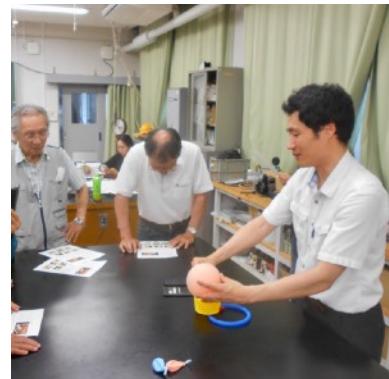
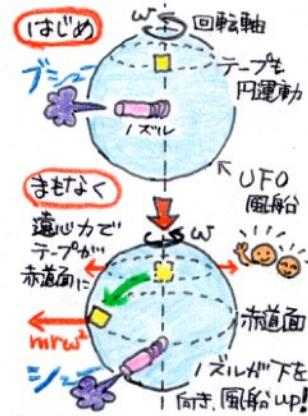
↑上図は「ファインマン物理学
第2巻 光・熱・波動」より



↑上図イラスト2葉は「いきいき物理わくわく実験3 p.26~27」より

UFO風船 回転と上昇の原理（村田さん：三重）

2月11日例会で盛り上がった永田さんによるUFO風船。
ノズル（曲がるストロー）が下方を向くと空気も下向きに吹き出すため風船は回りながら天井まで上昇。永田さんはビニールテープの切れ端を風船の上部に貼るとうまく上がることを経験的に突き止めましたが、村田さんは実験動画を慎重に検討。テープに働く遠心力が回転の赤道面にテープを「降着」（沈殿？）させることで風船の傾きが変わり、ノズルが下を向くことを明らかにしました。テープの切れ端程度の質量であっても高速回転による遠心力（慣性）の効果は絶大だったんですね！ 感心しました。



風船を手に説明する村田さんです。

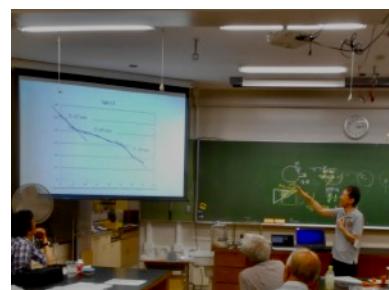
空気中の塵、塩化カリウムの放射線の測定（林さん：名大、杉本さん：向陽）

線量計を用いて自然放射線や半減期を求める実験、探究活動が教科書に掲載されるようになりました。「ウラン鉱石など特殊な線源は使わない」「放射線（線源：放射性物質）はどこにでもある」などの配慮でしょうが、掃除機や黒板消しクリーナーなどで吸引した空気中の塵をクッキングペーパーや不織布マスクに吸着させ、1分毎の壊変数を線量計で調べる方法が多いようです。

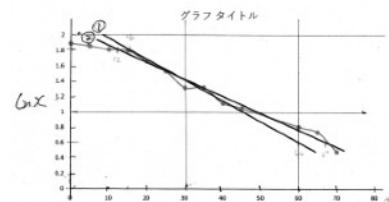
杉本さんが行った実験では半減期25～32分が得られ、ウラン系列のRn222が壊変していく過程のPb214（β壊変：27分）、Bi214（β壊変：20分）に伴うγ線を見ているのではないかと推定されます。

林さんの高感度拡散式霧箱では飛跡の形状、長さなどからα線、β線の区別もつき、磁場をかけるとβ線（高速の電子）のローレンツ力による円運動も分かります。飛跡を動画で撮影しα、βの壊変の区別をしながら観測すると、やはり半減期30～40分が得られます。林さんによると、²¹⁴Biから²¹⁴Poへのβ壊変は²¹⁴Pbの壊変によって次々に補充されるので、実験結果は長めに出るのだろうとのことでした。（右下の表参照）

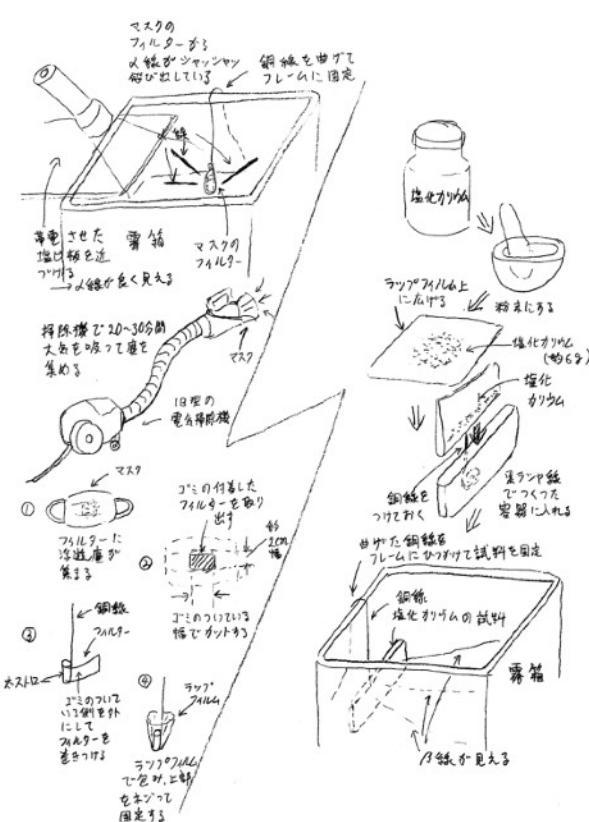
カリウムには半減期12.5億年の安定核種⁴⁰Kが0.012%（約1/10000）含まれており、β壊変して⁴⁰Caに変わっていきます。バナナやカリ肥料などカリウムを多く含むものからのβ



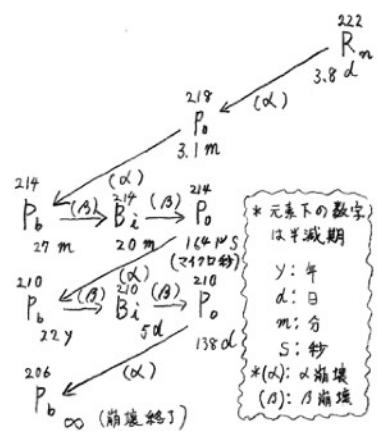
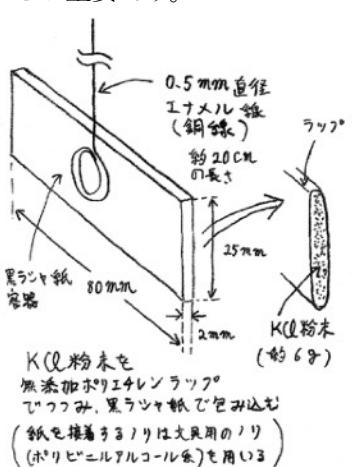
上は発表する杉本さん。下のグラフは杉本さんによる生データです。



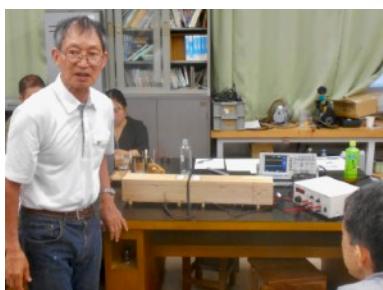
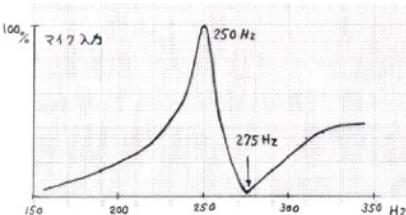
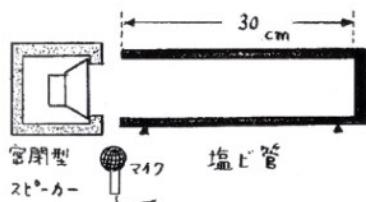
一同が注目しているのは線量計の値。中央の白い筒は塩化カリウムの試薬瓶です。



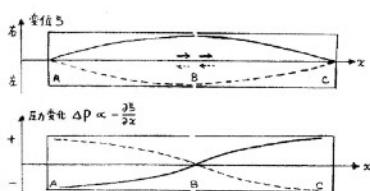
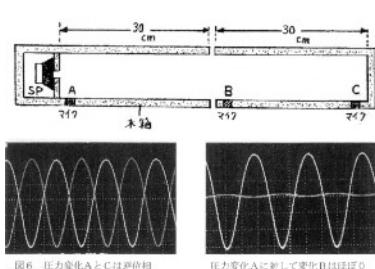
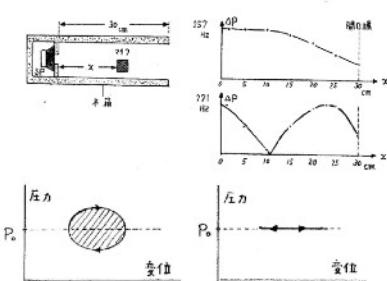
線は林式霧箱で見ることができます。線量計で観測する場合は注意が必要です。右写真のように厚みのあるサンプルでは自らの質量が遮蔽となって観測値が小さめになります。下図のように薄く細かくし、面積を大きくすることが重要です。



気柱の固有振動と空洞共振（石川さん：富山YMCA）



上写真は石川さんとスピーカー、マイク一体型の共鳴箱。対向して置かれています。発振器で音の高さを変え、オシロスコープで音圧を測ります。



物理サークルの例会では、音波（圧力が伝搬する疎密波：縦波）の干渉や反射、共鳴現象をめぐって、「山」「谷」「腹」「節」など横波風の表現に起因する問題点がたびたび議論されてきました。「蛇腹ホースの音速問題」や「共鳴中の空気の吹き出し」など残された課題も多いように感じます。

石川さんは以前より「共振・共鳴・固有振動とエネルギー」の関係に注目してこられました。左は石川さんによる実験例です。「気温から求められた音速が 336m/s のとき、 250Hz で共鳴（音量最大）した。音波の波長は 1.344m となるので $\lambda/4=0.336\text{m}$ 。パイプの長さは 30cm なので気柱の腹は 3.6cm 外にはみ出ていた。（開口端補正は 3.6cm ）」とするのが普通です。

しかし、さらに音波の振動数を上げていくと 275Hz で音量が最小（消音）となりました。このとき波長は $336/275=1.222\text{m}$ となり、 $\lambda/4=0.306\text{m}$ はパイプの長さと一致します。これは偶然？

《消音の理由》

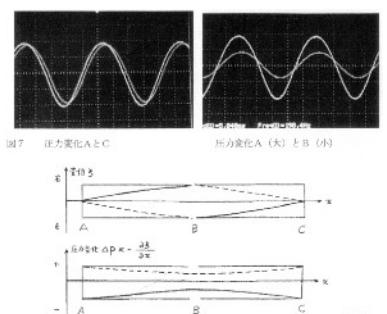
気柱の長さが $\lambda/4 \times (2m-1)$ の場合、スピーカーから出た音が反射して帰ってきたとき $\lambda/2 \times (2m-1)$ の経路を伝わる。しかし、反射の際に位相は「密は密」で戻るので、密の状態がスピーカーまで戻ってきたとき、ちょうど位相反転した疎と出会うことになる。よって圧力変化はキャンセルされ、音量は小さくなる。

私は物理を教え始めて40年以上になりますが、この考え方は革命的で眼から鱗が落ちました。どうしてこんなことに気づかなかったのでしょうか。まったく情けないかぎりです。

石川さんは左図のようなスピーカー一体型の共鳴箱を作り、小さいコンデンサーマイクで音圧を測りました。すると基本振動、3倍振動で共鳴（音量最大）しているときの管口部の音圧は3割ほど残っていました。このとき管口部の空気は激しく振動しており、ロウソクの火を近づけると消えてしまいます。p-V図を描くと左図のようになり、共鳴（音量最大）状態の気柱は外部に対して仕事をしていることになります。一方、消音状態では圧力変化が小さいために「外部に対して仕事をしない」＝「スピーカーが気柱に対して行う仕事は気柱内に閉じ込められている」（エネルギー閉じ込め状態）と考えられます。

石川さんはマイクを内蔵した共鳴箱をもう一つ作り、左図のように対向して置いて共鳴中の音圧をオシロスコープで測定しました。共鳴箱同士の間隔が 2cm のとき、基本振動の $\lambda/2=0.62\text{m}$ 、音速は気温から 343m/s なので、 $f=343/1.24=277\text{Hz}$ 。実際に 275Hz でオシロスコープの波形（圧力変化）は左図6のようになり、AとCでは位相反転、Bでは圧力変化 ≈ 0 。音量は小さく消音状態だが、ロウソクの火を隙間Bから内部に入れると消えてしまう。よってBでは空気が激しく振動した状態になっていると考えられます。（変位の腹）

続いて振動数を下げていくと、約 200Hz で音量が大きくなり、隙間からはロウソクの火が消えるほど空気が吹き出し、AとCの位相は一致しました。Bでも位相がほぼ一致した音圧が確認されました。（右図参照）こちらが一般的な共鳴状態です。（ヘルムホルツ共鳴：空洞共振）





私は初任の頃からウチダの共鳴装置を使って左図のような実験を行ってきました。（振動数一定で共鳴管の長さを変化するパターン）

若い頃から「共鳴最大の位置から共鳴板を1cmほど奥へずらすと音量が最小になる」ことは認識しており、「気柱の共鳴はこういうものか」と思って40年以上何百回もこの実験を生徒諸君の前で行ってきました。しかし改めて考えてみれば、共鳴最大の直後に最小が訪れるのは不思議なことです。



上写真は井階の標準的な生徒実験の装置。音量最大、最小のときの画像です。電子ブザーの振動数2214Hz、気温31°C。音速の理論値は350m/s。



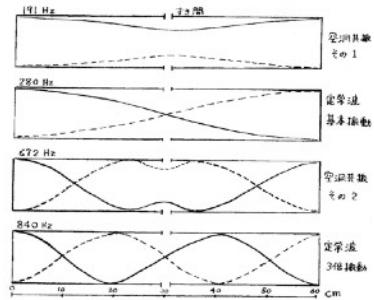
授業では音量最大となる位置を耳だけではなくオシロの波形から読み取り、音量最大の位置の差から実験的に波長 λ を求めます。電子ブザーの振動数 f はオシロや周波数カウンターから読み取って実験値 $V = f \times \lambda$ とし、気温（サーミスター温度計）の値から音速の理論値 $V = 331.5 + 0.6t$ (°C) を求め、その値同士を比較します。

今回改めて追実験し、気温28°Cの下で音量最大の間隔78.3mm、最小の間隔78.7mmを得ました。音速の実験値は音量の最大間隔を用いれば $2214 \times 0.157 = 348\text{m/s}$ 。気温からの理論値は $331.5 + 0.6 \times 28 = 348\text{m/s}$ なので一致します。音量最小間隔を用いても同様です。

消音の原理を用いると以下の結果が得られます。
($\lambda/4 = 0.0040\text{m} \rightarrow \lambda = 0.160\text{m} \rightarrow V = 2214 \times 0.160 = 354\text{m/s}$ 。気温からの理論値は $V = 331.5 + 0.6 \times 31 = 350\text{m/s}$)



気柱の共鳴を復元力による単振動で説明する石川さん。下はまとめの図。（縦軸は音圧）

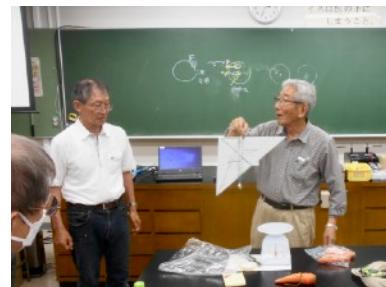


ニンジンを質量2等分する方法（飯田さん）

重心や力のモーメントの分野で教科書や問題集に載っている「ダイコン、ニンジン2分割問題」。吊るして水平になったところ（全体の重心位置）で切ったら質量2等分となるか？ 先端の細い方は重心までの腕（距離）が長いため、質量が小さくてもモーメント的には同じ効果となってしまう。よって細い方は不利、というのが答えです。飯田さんはニンジンの断面（三角形）で近似するアイデアを提案しましたが「そもそも体積や密度を面積で表すことができるのか？」と疑問や意見が続出しました。

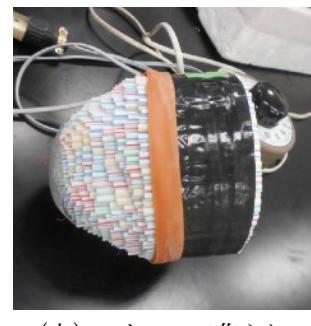
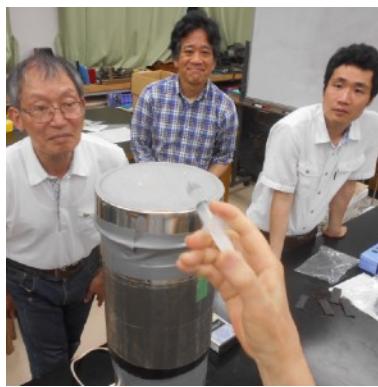


実際にニンジンを切って質量を測る飯田さん。伊藤さんが突っ込んでいます。



断面（三角形）モデルを手に自説を展開する飯田さん。石川さんも議論に参加しています。

「空中をゆっくり浮遊する水滴」観察装置（林さん）



（上）ストローで作られた整流器



みんなで風速を測ったり、風船やピンポン球を浮かせたりして遊んで（実験して？）います。

「落下する雨滴の形はメロンパン」を観察するための装置の再登場です。周囲が速く、中央部が遅くないと水滴は安定して浮かんでくれません。ちょうどよい速度分布を作るための試行錯誤の結果が上写真のストロー式整流器です。ストローの長さで空気抵抗を調節し、さらに細かいメッシュの金網の抵抗も加えて中央部の風速が周辺部より1m/sほど小さい安定した気流を作ることができました。風速計によると中央部9.8m/s、周辺部が10.8m/sとなりました。

その他の報告

シャルルの法則と分子運動・バネのかたさ(k)と自然長(L)の関係・名古屋大学の2023入試問題（衝突と単振動）を実験とグラフから考える・2物体の振動と換算質量の導出（井階：名古屋南）