

来た、見た、わかった！～携帯電話の電波から宇宙線へ～

日本原子力学会・日本物理学会 企画

私たちの身の回りには、見えないけれど存在するものがたくさんあります。今日は、それらの正体にせまってみましょう！

第 I 部：携帯電話の電波

いつもみなさんが使っている携帯電話、さてどうやって遠く離れたあの人と通話できるのでしょうか？糸電話なら、糸が声を伝えてくれます。携帯電話では、糸の役割をしているのが目には見えない「電波」です。では一体「電波」とは何でしょうか？

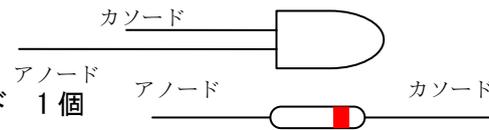
実験 1 携帯電話の電波で光るアンテナ

電池につないでいないのに、電波があると光るアンテナを作ってみましょう！
発光ダイオード(LED)と、ショットキーダイオードをハンダ付けして、もう完成。



用意するもの

(超)高輝度 LED 1個
ショットキーダイオード 1個



、はんだごて、ラジオペンチ

作り方

LED (Light Emitting Diode「発光半導体素子」)の長い方の線(アノード)と、ショットキーダイオード(電流が一方向にしか流れないようになっている素子)のカソードマークの付いている方を、軽くひねってハンダ付けする。次に、残りの端同士も同様にハンダ付けする。

観察

- 「光るアンテナ」を携帯電話のアンテナの近く(3Gの場合は下の方)に近づけて、隣の席の人に電話をかけてみましょう。受信時か着信時か、LEDは光るでしょうか？もしもLEDが光らなかったら、金網等で携帯電話をくるんでみましょう。受信時か着信時か、LEDは光りましたか？
- 金網等で包んだとき、携帯画面のアンテナマーク  の数がどうなりますか？どんどんグルグル包みこんでいくと、最終的にどうなってしまいますか？
- 携帯電話から発信された電波は、ドコモとJ-フォン、PHS、第3世代携帯電話(3G)で何が違うのでしょうか？第3世代より前の携帯電話には、引っ張り出すアンテナが付いていましたが、第3世代ではアンテナは内蔵できるその訳は？ヒント：「電波」というのは「波」の性格を持っています。

観察メモ

考察

携帯電話の種類（機種や通信業者）が違くと、電波の「周波数（振動数）」が違います。

NTT ドコモ PDC、au Cdma One	800MHz 帯
ツーカー、J-フォン、NTT ドコモシティフォン	1.5GHz 帯
PHS	1.9GHz 帯
第3世代携帯 Cdma One 2000、NTT ドコモ FOMA、Vodafone Global Standard	2.0GHz 帯

WIN

1秒間に振動する回数の単位をHz（ヘルツ）といい、1000倍をK（キロ）、その1000倍をM（メガ）、そのまたさらに1000倍をG（ギガ）といいます。第3世代の携帯の電波は1秒間に約 2×10^9 回=2,000,000,000回振動しているのです。

実は、今日作成した手作りアンテナの長さは、この第3携帯の電波の4分の1波長のほぼ4cmに合わせてあります。「波」の「波長」と「振動数」がわかると、その波の「速度」がわかります。

$$(\text{波の速度}) = (\quad) \times (\quad)$$

この数値、知っていますか？

ちなみに、携帯電話の電波の“仲間たち”の周波数（振動数）を紹介しておきましょう：

ラジオの電波 東京 FM	80.0 MHz
可視光線	10^5 GHz
X線	10^8 GHz
γ線	10^{11} GHz

携帯電話の電波が持っている“パワー”を改めて見直し、そして携帯電話の電波の“仲間たち”に親近感を覚えませんか・・・

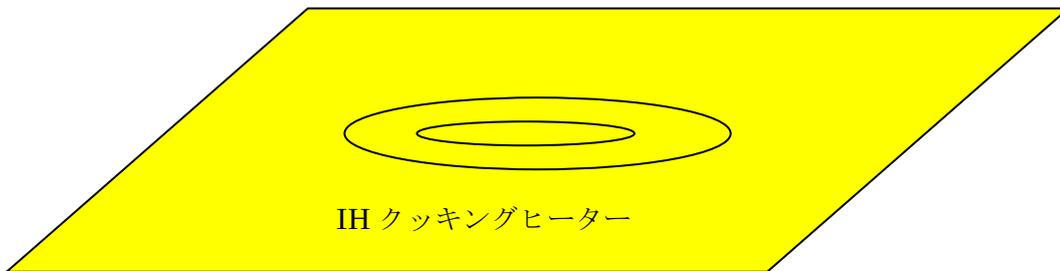
実験2 (観察) 磁界って何？

「電波」とは、電界と磁界が交互に伝わって振動している波、「電磁波」なのです。磁界とは磁石の力の及ぶ領域です。磁界によって加熱する調理器具、IH(Induction Heating「誘導加熱」)クッキングヒーターで、電池につないでいない豆電球を光らせることができます！



観察と考察

1. IH クッキングヒーターのスイッチを入れて、導線を巻きつけた紙コップをいろいろな向きにして、豆電球がどのように光るか見てみよう。その観察から、IH クッキングヒーターから発生している「磁界」の様子を図に書いてみよう。



2. 高周波磁界測定器で、磁界のスペクトルの様子を観察しよう。特徴的な「周波数」を挙げよう。

磁界の周波数 (Hz)	発生元は？

3. 身の周りの家電製品や鉛筆削りの磁場を計ってみよう。

見えない電磁波、どこに発生して、どんな性質があるのか、どんなパワーがあるのか、だんだんわかってきましたね。それでは、電磁波以外に、身近にある見えないものには、どんなものがあるでしょうか？

第Ⅱ部：目に見えない、けれど身近にある放射線

「放射線」というと、もしかしたらみなさんは、放射能とか被爆とか、ちょっと怖いイメージを持つかも知れません。けれど実際は、放射線はいつも私たちのまわりにおいて、医療などさまざまな分野で、私たちの役に立っているのです。放射線は、そのままでは目で見ることでも手で触ることもできませんが、その「軌跡」を見ることはできるのです。1912年にウィルソン博士は、「飛行機雲」の原理を応用した「霧箱」で放射線の軌跡を観測しました。1958年には大阪大学の福井博士と宮本博士が、「稲妻」の原理を応用した「スパークチェンバー」を開発し、放射線の軌跡の観測に成功しました。今日は、この「霧箱」と「スパークチェンバー」で放射線観測に挑戦してみましょう！

実験3 手作りの霧箱で放射線観測にチャレンジ

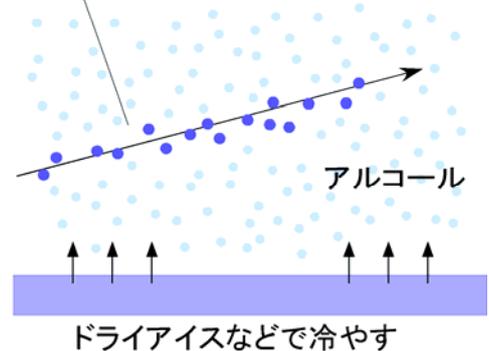
実際に霧箱を作って、アルファ線源を入れ、そこからアルファ粒子が飛び出すようすを観測しましょう！アルファ粒子は、放射線の一種で、陽子2個と中性子2個からなる粒子です。

霧箱のしくみ

密閉した容器の中に、アルコールの蒸気を充満させ、容器を下から冷やします。通常、蒸気（気体）を冷やすと液体になりますが、容器の中のアルコールは、簡単には液体にならず、「霧になりやすい状態」になっています。「霧」とは液体の小さな粒のことです。このように、何かきっかけがあればすぐに霧になってしまうような、冷やされた蒸気のことを、「過飽和蒸気」といいます。

今日観測するアルファ線は、放射線の仲間で、プラスの電気を帯びた粒子です。アルファ線は、アルコールの過飽和蒸気の中を飛ぶと、アルコールの分子に次々にぶつかっていきます。これが、蒸気を霧に変える「きっかけ」になります。空気中で霧が発生すれば、私たちはそれを目でみることができますね。同じように、アルコール蒸気が霧に変わっていくようすが見れば、それが、放射線が飛んでいった「軌跡」なのです。

放射線が通るとき、次々にアルコールの分子にぶつかり、小さな液滴(霧)を作っていく

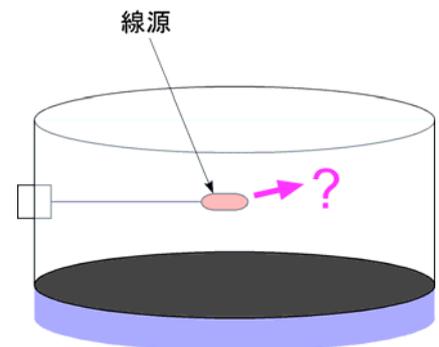


用意するもの

密閉性のある容器、黒画用紙、スポンジテープ、アルコール、ドライアイス、発泡スチロール 2枚、アルファ線源、針金、ゴム栓、両面テープ、ペンライト、ドライヤー

作り方

1. 容器の内側を黒くして、観測しやすくし、一周スポンジテープを貼りアルコールをかける。
2. 穴の開いた発泡スチロールともう1枚とを貼り合わせ、ドライアイスを細かく砕いて、その穴に平らに入れる。
3. ゴム栓に針金をさし、その先に線源をつけ、容器の内側に貼りつける。



4. 容器のふたをし、黒い面を下にしてドライアイスの上に置く。容器の底が冷えるまでしばらく待ってから（3分位）、ドライヤーで上部を暖める。

観察

1. 部屋を暗くして、横からペンライトをあててみます。アルファ線が見えるでしょうか？アルファ線は、どんなふうに見えましたか？細くて鋭い線？それともフワツとした雲のよう？それはなぜでしょう？
2. アルファ線源を取りはずして見て下さい。それでも、何か見えませんか？
3. ウランガラス（着色剤として微量のウランを混ぜたガラス）の玉を入れてみましょう。何か見えましたか？
4. 放射線計測器で、身の回りの放射線を計測してみましょう。
5. 既製の霧箱（島津製温度勾配型霧箱）を覗いてみてください！何か違うものが見えませんか？そこに、磁石を置いてみるとどうなるでしょうか？

注意：ドライアイス、アルコールの取り扱いに注意。また、アルファ線源は市販の湯ノ花やマントルですが、小さい妹さん、弟さんが口に入れたりしないよう、霧箱本体から出さないでください。

観察メモ

観察と考察

放射線の軌跡の見え方がどのように違いましたか？すると、どのような性質か考えてみましょう。

霧箱の中	放射線の種類	見え方と性質
アルファ線源	アルファ線	
からっぽ		
ウランガラス		

実験4（観察）スパークチェンバーによる宇宙線観測

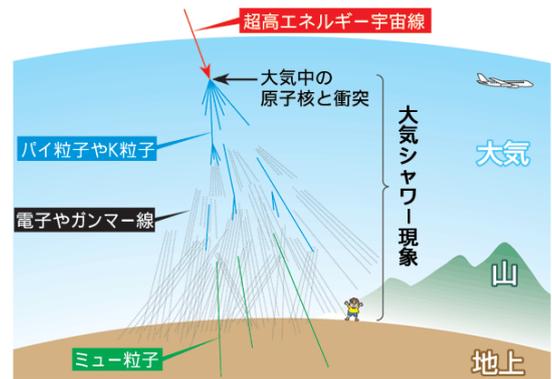
アルファ線源をはずしても見えた放射線、これは「宇宙線」と呼ばれ宇宙から地球に降り注いでいるようです。その正体は、主に「ミュー粒子」という電荷を持つ素粒子です。宇宙線をスパークチェンバー（放電箱）で観測してみましょう！

スパークチェンバーのしくみ

宇宙線がスパークチェンバーを通り抜けると、1万ボルトの高電圧パルスを一時的に与えて、宇宙線の通った跡の所で「放電」を起こすため、宇宙線の飛跡が光って見えます。

観察と考察

毎秒どのくらいの放射線が観測できるのでしょうか？30秒間に何回放電音がするかを、数えてみましょう。



宇宙線は、昼となく夜となく雨のように地球に降りそそぎ、私達の体の中を通り抜けているのです。この宇宙線がいつ生まれてどこから来たのか、宇宙のはるか昔、はるか遠くへ思いを巡らせてみませんか。

第Ⅲ部：現代物理学の課題

見えないけれど、電磁波や宇宙線は私達の身近に、確かに存在しています。それらを捕まえて、さらに正体を探ろうとする研究者がいます。それらは何故そのように存在しているのかと考える研究者もいます。そんな研究者達が挑む現代物理学の課題を紹介します。

反物質(反粒子)のなぞ - 陽電子、真空、アンダーソンの実験、etc

宇宙の誕生と未来 - 暗黒物質、超新星爆発、重力の量子論、etc

メモ

担当者紹介： 氏名 ①出身大学学部 ②職歴や経歴 ③ひとこと

<p>谷田 聖 (たにだ きよし)</p> <p>① 東京大学理学部物理学科</p> <p>② 博士課程を1年飛び級しています。理化学研究所に勤めていた時は、「研究プライオリティー会議」という部署に所属して、科学者の立場から科学行政に関与していたことがあります。</p> <p>③ 物理って難しいけど楽しいですよ。</p> 	<p>馬場 彩 (ばんば あや)</p> <p>① 京都大学理学研究科</p> <p>② 毎日「すざく」という衛星を操り、宇宙観測をしています。</p> <p>③ 毎日のように「物理なんかやめたい」って思います。でも、1年に一回くらい、「物理をやるために生まれてきたんだわ」って思います。やめられません。</p> 
<p>俵 裕子 (たわら ひろこ)</p> <p>① 早稲田大学理工学部物理及び応用物理学科</p> <p>② 高エネルギー加速器施設での放射線を検出する方法や機器の開発をしました。今は国際宇宙ステーションやスペースシャトルでの宇宙放射線を測定しています。</p> <p>③ 宇宙飛行士になる人は冒険家。勇気あるなと思います。私は宇宙には行けないけど、宇宙ってどんなところか知りたいなと思います。</p> 	<p>肥山 詠美子 (ひやま えみこ)</p> <p>① 理学部</p> <p>② 会社では、終身雇用制度もだんだんなくなっていますが、この業界は、いろいろな大学や研究所をある程度変わる、つまり「転職」することを望まれているのは、おもしろいと思います。</p> <p>③ 毎晩、ハイペロンという粒子が頭の中を飛び交っています。そのくらい物理が大好きなのかなあと最近思うのでした。</p> 
<p>岡田 往子 (おかだゆきこ)</p> <p>① 日本大学農獣医学部</p> <p>② いろいろな分野にわたって、研究らしきものをしてきました。卒業後、東京工業大学で、国立遺伝研究所との共同研究として突然変異を抑える天然物の研究を行いました。その後、武蔵工業大学原子力研究所に勤め、放射線管理の傍ら原子炉を用いた中性子放射化分析法を使って、半導体中のウラン・トリウム分析法の開発、抗がん剤シスプラチンの分析法の開発、現在は考古学への応用までやっています。</p> <p>③ 物理は大の苦手、でも興味には勝てないかなあ</p> 	<p>大平 聖子 (おおひら せいこ)</p> <p>① 東京理科大学理学部応用物理学科</p> <p>② 加速器で作られたミュオンを物質に打ち込んで、磁性や超伝導などいろいろな物質の性質を詳しく調べています。</p> <p>③ 「物理って、宇宙の謎を解明したり、生活を便利にすることだってできる。だから面白いです。」</p> 
<p>初田 真知子 (はつだ まちこ)</p> <p>① 学習院大学理学部物理学科</p> <p>② 看護や福祉の現場のための物理を教えつつ、超弦理論を研究しています。</p> <p>③ 正しい理論は美しい！</p> 	

実験に関して有用なアドバイスを頂きました東邦大学・渋谷寛先生、学習院女子高等科・増淵哲夫先生、東京電力・黒田真一郎氏に感謝いたします。また、アンテナ実験のハンダ付けの指導をしてくださ

いました武蔵工業大学・杉山龍男先生と、実験準備段階から機材の貸し出しも含め多大なご協力を頂きました武蔵工業大学に感謝いたします。そして、「大気シャワー現象」の画像の提供、霧箱実験についての指導及び機材の貸し出し、スパークチェンバーの貸し出しなど、多方面に渡るご協力を頂きました高エネルギー加速器研究機構に感謝いたします。