

# 理科の学習指導法と創造性

## 〈問題発見・科学的思考〉

水 越 醸

理科学習においては基礎的知識、技術の習得と同時に科学的思考方法や、科学的態度の習慣形成が必要である。科学技術の進歩発展のために再生産的思考から生産的思考へと高める努力が大切である。このために現在の理科教育においても最も多いと推測される受動的構義形式を再検討しながら能動的である発見学習の問題点について考察を進めたい。

### 受動的授業

比較的多くの授業場面に見られる教師を主体としたものについて考察を進める。

まず、この授業形式は結論である性質や原理、法則を生徒に示す。その後、それに関する理由をなぜか説明を教師が板書やその他資料を使って行なう。時によって生徒に考えさせることもある。説明をするにしても考えさせるにしても、その思考課程は帰納的であることが望ましい。結果を知っている上での思考であるから発見学習における帰納とは質的に次元が異なる。また、結果の伝達だけで、科学的性質の基本までたどらない場合も出てくる。たとえば直線電流のまわりの磁界が距離に反比例するのはなぜかというような場合である。そこまで理解するのに多くのしかも高度の知識を必要とするが或程度の段階まで教えたいときである。複雑なときはモデルを使ったりする。

こうして教えた内容に関して観察や実験により検証することがなされる。このような内容に対して生徒は理解したり記憶したりする。こうした授業の形態をながめるとき生徒達は再生的模倣的思考をしているとみることができる。もちろん、約束ごとであるところの定義的内容・単位などについてはそのまま伝達すべき内容であることは言うまでもない。

講義式と言われるこの授業方式は一面から見れば能率的のようだけれども生徒の能力差や個性に応じられなかったりする。また、一斉学習で計画通りに教師の大体思う通りに進めていけるが生徒は考えることをしなくなったり、考えることを忘れてたり、考えることを嫌ったりする。また、表面的には整った授業のようであっても理解できなかつたりして内面活動をしていない落伍者が時々あったりする。論理的、系統的にとどこおりなく授業の知的展開がなされるけれども、その軌道上を遅れないで進ませる工夫と進行状況を確認

することをしなければならない。しかし、このことは時として忘れられたりする。予習・復習によって、その危険から保護しなければならない。授業の進行過程の中で、理解の遅速を調整して進めるには難易度の違う問題によってすることも一方法である。

時間の無駄を生じることも少なく、計画的に、整理されたものとなり、結果の良否もつかみやすい。また、大量の知識を注入できる。帰納的方法には適当でないところの身近にない事実や現象については、この方法によって授業を進めるのがよい。

理解しやすい知的形態や説明方法があるので注意してその探究に教師は常々心掛けなければならない。

たとえば、速さと時間、距離の関係を学習する場合生徒は  $v=s/t$ ,  $s=v/t$ ,  $t=s/v$  の3形式で、日常において密接な  $v=s/t$  を半数以上の生徒が解りやすく、覚えやすいという。また一般に3つ以上の要素の関係式の場合、分数の形でない方が覚えやすいといっている。これは当然のことで間違える率から考えても納得できる。分数の形式だと上下どちらかということをよく迷うからである。

生徒に学習の意欲を持たせ、興味を生じ、疑問を抱かせるには、教師は総べてを話してはいけない。教師の側から生徒に質問するとき答えられることができるように注意し、何らかの考えを述べさせることが大切である。また、理解や創造の発端ともなるので直感も大切にし、すぐ理由が解らないからといって無視しない態度を必要とする。更に、中々答えられないとき教師はヒントでもって誘導するとよい。たとえば、

・トランスの原理は何か→どんな電源を使うか→  
直流でよいか→直流はどうしたら変圧できるか。  
・磁石が動くときアルミニウム円板はどうして回るか  
→どういう原理か→くまどリユイルの位相はどうして移動するか。

(何れも電磁誘導の発展学習)、こうして思考活動の促進と想像がなされ発展する。

教師中心の授業は一方的に終りやすいので、質問をできるだけ多く取り入れ、考える機会を増やすのがよい。また、説明をする時でも、教師の体験(科学者など)を叙述的に話したりすること、生徒の経験、自然現象、時事などに関係づけたりして単に知識の伝達でなくて、それらによって鮮明な印象を与えれば理解し

やすく、興味をもち、同時に生徒の科学態度（創造・想像）まで影響を与えることができる。

## 科学的思考

ここで帰納的である発見学習を取り上げるに先立って自然科学の学習において現れる思考について考えておきたい。問題を把握して分析し要素を見つけ条件を設定すること、比較して矛盾を探ること、資料、情報を総合して、あるモデルや仮説を予測すること、仮説を立てる場合には、試行錯誤や、類推、類比、連想、想像、推論、直観などの拡散的思考がなされる。この結果として帰納的に仮説が樹立される。この思考において観点が変更できる柔軟性とか、流暢さ、具体性、独自性などが創造性（生産性）を早める。次に法則・原理が帰納されたならばこれを演繹してみることがなされる。即ち具体的事実にあてはまるかどうか考えていく必要がある。この演繹的思考は帰納＝拡散に対して、集中性をもってくる。このような科学的思考の訓練には授業の中における進め方もこの方法をとるのが望ましい。また授業の中で特別考慮してみることもよい。

たとえば

1. 1枚のとつレンズ、プリズムなどを与えて、生徒各自に自由な実験をやらせる。
2. 電池、磁針、エナメル線2m、3オーム位の抵抗を各個人に与えて、教科書やノートは見せないで自由な実験をさせる。
3. えんぴつ、ピンポン球、消ゴム、などの用途をできるだけ多く考えさせる。
4. たとえ話をつくらせる。モデルを作って考えさせる。（電流の水へのおきかかえ、ドップラー効果をテープレコーダーによって音の媒質＝空気をテープというモデルにおきかえる）

これによって

- 1.2.では、試行錯誤、洞察的模倣、問題把握、総合、帰納、類推、演繹、連想、直観、など拡散、集中思考両面から生産思考がなされる。
- 3.では、連想、類推、類比で拡散（生産）思考や分析能力、流暢性、観点変更などが養われる。
- 4.では連想、類推、類比、関連性などが養われる。

科学的思考の能力を養う方法として思考カードによるのも一案である。用紙は、生徒各々に一枚を持たせる。その書かせたい内容によって、用紙を別にするのもよいと思う。これに書かせる項目としては

1. くわしく調べたいこと。
2. 応用するとしたら、どんなことに。
3. 原理・法則が、どんなことに利用できるか。
4. 1つの物の用途を、できるだけ考える。
5. 解らない点、疑問点。

これらによって、なされる思考などは、1により、問題把握、帰納、演繹であり、2により、問題把握、類推、想像がなされ、3により、演繹が主としてされ4により、分析、類推、5により、問題把握、帰納、演繹、分析が行なわれる。

このような活動を、実施することにより科学的思考が養われたり、自然に対する態度、関心が向上するものとする。とかく、学習活動が、受動的であったり、暗記的、知識注入的であったりすると自然科学の本質からはずれれる。また生徒の興味も失う。授業、そのものの過程についても以下のところで考えていきたいが、今、さきに述べたようなことも側面的に取り上げるべきだと考える。

## 能動的受業

科学的思考方法や、科学的態度、創造性の向上には発見学習の方式を取り入れるのが最良の方法と考えられる。すなわち、帰納的に法則を見つけ出し、演繹的に検証をするから教師側からみると再成的模倣の思考であるけれども生徒にとっては生産的思考で興味と発見の喜びを感じることができる。また、自発性の向上、計画性なども養えることは言うまでもない。

拡散的思考であり生産的思考であるから教師側からみると誠に時間が多くかかって焦燥の念にかられることが起る。この思考の必要を強く感じたとしても、その学習問題を帰納する上での必要基礎知識や技能がなければならぬ。勿論完全にそれが備わっていることは考えなくともよい。或程度の不足は教師が補ってやれば指導ができる。帰納し発見すべき内容が生徒の能力に応じたものを選択する必要がある。やはり、その生産過程が生徒の能力にとって比較的容易であることがよい。従って、このために、既習事項との関連性を把握することが大切である。この学習においては、問題を把握し、分析し、予測して法則を仮説として立てるのであるが帰納し予測の段階において、いつまでも試行錯誤を繰り返しているために問答のみだったり、本質からはずれてしまったりしないように注意しなければならない。ここで問題把握、予測、検証について各項ごとに更に考察を加えたい。

## 問題把握の過程

自然科学においては問題を見つけ出していく能力がまず大切である。しかし、授業においては問題提起から出発しなければならないと原則的には考えられる。そうしたことから真の生徒自身の発見的問題把握は別の方法と機会を与えなければならない。

授業を始めるにあたり問題発見へ追い込む工夫をする。これは同時にその授業における導入ともなるのである。その追い込みの方法としては、日常生活の身の

まわりのことから教師が誘導しながら思い出させるとか、写真、スライド、テレビ、映画などで、それに関係したことを見せるとか、簡単な実験などをやって見せる。広岡亮蔵氏によれば、1.生きた場面や、具体的事実などをやさしい形で見せる。2.典型的な場面を見せる。3.ふしぎなことを見せたり、話したりする。4.矛盾のある経験をさせる。5.解決しなければならない状態に立たせる。6.適当な抵抗。を問題把握のさせ方として挙げておられる。

たとえば予想を裏切るような経験をさせて、授業への導入と問題把握となるは

1. 慣性の法則を示す例として、日本紙の輪2つに竹をつるし小刀で竹を切る。
2. 気圧を示す実験として机の上に20cm・40cm角位の厚さ3~4mmの板を置き、この上に新聞紙を広げて密着させる。板を手で急激に叩いて折る。
3. 流体の圧力を実験するものとして、ろーとを口で吹いてピンポン球を吸いつける。または噴水の上にピンポン球を浮上させる。
4. 共鳴や、同調では振子を糸で2個連結した共振の振子とか、反発では衝突球など。

以上のようなことがなされるが、この例に限らず問題の程度は難かし過ぎて、生徒の能力以上に越えては意欲の喚起が減少して、次への学習の進行と発展が充分なしえない。また、程度が低くても、つまらなくて、興味を持たず問題解決の意欲を減退させる。このように生徒に関心を持たせ問題をつかませるのに教師の主体性が大きな比重を占める。この反面、注意すべきことは、受身人間を造りやすいことである。

それでは、創造性の出発点となる建設的(能動的)問題発見はいかにあるべきか述べることにする。

### 問題把握の機会として

1. 宿題として、冬休、夏休に自由研究させる。これについての具体例と問題把握、予測、実験方法、などについて説明する。どうしても題を決定しかねることもあるので、大まかな方向を指示するとよい。たとえば、長さの測定、速さの測定、時間の測定、重さや圧力の測定、流体の性質、波、音、光、電流、磁気、静電気、工夫、改良、日常現象など。(別表1-1, 1-2, 1-3参照)
2. 授業で学習後において習ったことについて問題把握させる。(思考カードをつけさせる)
3. 授業時間中の適当な時に、問題把握の大項目を指示して考えさせる。  
2, 3については、つぎのことを注意する。  
くわしく調べたら、条件変化したら、応用したら

疑問に思うこと、他と組んだら、などを考えてみるとよい。

4. 授業時間中につぎのような素材を与えて具体物から問題把握、予測、検証、の科学的思考を習慣化する。

[とつレンズ、おうレンズ、プリズム]・[2枚のガラス板]・[ベルタイマーとカーボン紙]・[ストローと虫ピン]・[ピンポン球]・[消しゴム]・[ゴムひもとおもりと皿]・[鋼球とカーボン紙]・[電池(単1)磯針、エナメル線2m, セロテープ]・[ビニールテープ、ネオン球、箔検電器]・[棒磁石(2), エナメル線2m, 検流計] (別表2-1, 2-2, 2-3参照)

5. 問題を指示して創意工夫させる段階で

生徒が自から問題を把握するのではなくて、教師により問題が提示される。これは問題の方法、観点などを模範として示すことに意義がある。生徒はこれを基盤として問題把握に対する再生的模倣思考から生産的思考へと移行する。たとえば[速度の測定]・[速さの変化の測定]・[メトロノームの用途]・[落下時間測定]・[慣性の利用]・[円運動における速さの測定]・[円運動の利用]・[ばねの利用]・[風速の測定]・[やじろべえの利用] (別表3参照)

2, 3について授業時間の終り5分間で思考させる方法によって出てきた問題を列挙すると次のようである。

1. 電磁誘導は距離が離れていても作用するのはなぜだろうか。
2. おもちゃの首振り運動に振動回路が使用できないだろうか。(エーテル球利用の為)
3. 周波数を小さくして豆球を点滅できないだろうか。
4. コイルを2個使用したら電流の位相はどうなるだろうか。
5. 溶液中を電気が流れているときも周囲に磁界ができるであろうか。
6. 蛍光灯を消して、すぐ、手で摩擦すると、少し、明かるくつくのはなぜだろうか。

以上、何れの場合も、問題把握の習慣化と、学習の能動性向上をねらうものである。また、科学的思考過程の陶冶になる。しかし、生徒にとって、問題を発見することは非常に抵抗がある。今までの学校や家庭での学習や経験が土台になるので、その豊富さによって著しく左右される。いつも、創造的問題を要求するので発見に困難を感じるものと思う。それに、我々はいつも、再生的、模倣的な思考による生活が日常であるし、学校での学習も理科以外は、それと同じであるから問題発見し帰納することから遠ざかりやすい。

別表1-1 問題把握 (休中の自由研究)

お茶(抹茶)についての簡単な実験  
 茶の湯ではお湯の温度があまり高いと「お茶がた  
 たない」と言う。そこでお湯の温度とあわの立ちぐ  
 あい(味)との関係をかたんに調べてみよう。

実験器具 茶せん

茶わん 三角フラスコ 温度計

実験1. 温度の変化と茶の立ち方(あわの立ちぐあ  
 い)ただし、この実験にはお茶を「たてる」  
 高度な技術を必要とする。

- ① 茶わんをあらかじめお湯をとおしてあたためておく。
- ② 茶わん4つにそれぞれ抹茶1gをいれる。
- ③ 4つの茶わんに40℃, 60℃, 80℃, 100℃のお湯を30cc入れ茶せんを使って約15秒間、茶をたてる。

このとき、1人で4つをたてる場合は、全部均一なたて方になるよう、また4人で分担する場合も全部均一なたて方になるように充分

気をつけること

- 観察1. 4つのお茶のあわの大きさ、数などよく観察し、記録する。
2. そののち30秒間そのままにしておいて、あわが消えるかどうかを観察する。
  3. その後、お茶を静かにすてて、茶わんに残るあわのようすもよく観察する。

実験2.

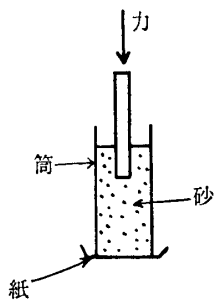
- ① 茶わん及び三角フラスコをあらかじめお湯であたためる。
- ② 茶わん及び三角フラスコに茶1g, 90℃のお湯30ccを入れ茶わんの方は茶せん、フラスコの方は手で、約15秒間ふって「茶をたてる」。

観察4. フラスコと茶わんのあわのちがいをよく観察する。このとき、たとえばフラスコの方があわが少ないようなとき茶わんの方と同じぐらいにするには、後何秒ほどふったらよいかという点を記録する。

別表1-2 問題把握 (休中の自由研究)

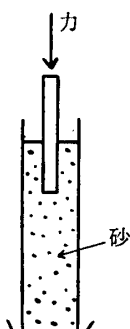
物理課題 自由研究  
 題目 パスカルの原理について  
 静止流体内の一部に加えられた圧力は、その大きさを変えずに液体の各部に伝えられる。  
 目的 このパスカルの原理についての確認をこの実験の目的とした。

(実験1)



左図のように、筒の底に紙をはったものの中に砂を入れ、この砂を上から棒で押してみる。筒が短いときには、紙は圧力にたえきれず破れてしまうが、

(実験2)



(実験2)の左図のように、筒が10cmほどの長さになると、いかに押しても紙は破れなかった。

考察 つまり、これは、押した力が紙のところまで伝わっていないことを意味するのではないかと思う。たぶん、砂と砂の間の摩擦が関係して、また、砂がごつごつと角ばっていて自由に回転できないからだと思う。

(実験3) そして、次に、砂の代わりに、上記の理由が少しでも解明できるように、なめらかな小球(おもちゃの首かざりのばらばらになったもの)を使って同じ実験を試してみた。すると、長さを10cmにしでも、たちまち紙は、破れてしまうのである。

考察 すなわち、この場合は、圧力が紙まで伝達されているわけで、たぶん、どこまでもそうであろうと思う。

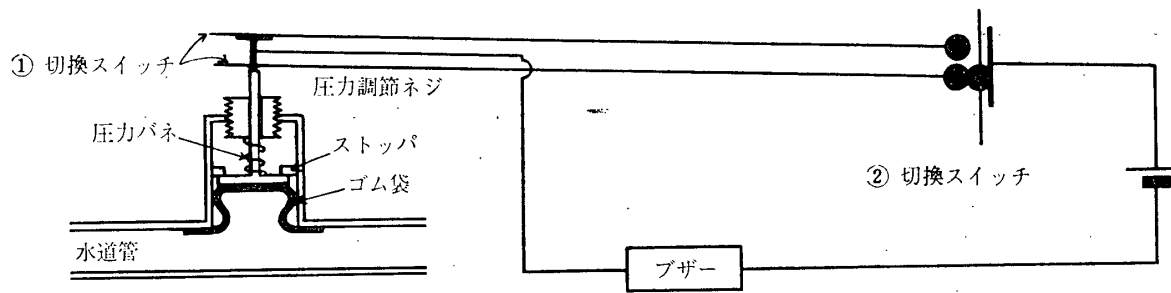
(実験4) 水の場合(液体)も、これと同様であった。

結論 つまり、圧力は、完全に伝達されるわけである。どこまでも！  
 よって静止流体の一部に加えられた圧力は、その各部に伝えられたわけである。しかし、その大きさについては、実験装置不備のため確かめることはできなかった。

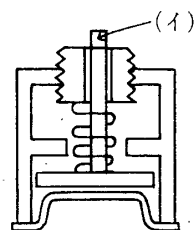
別表1-3 問題把握 (休中の自由研究)

○断水検出装置

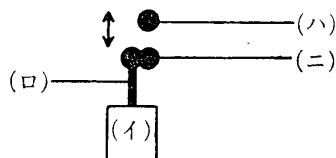
圧力変化によって検出するもの



材 料	切換スイッチ	2コ
	厚ゴム袋	1コ
	ブザー	1コ



制 作 水道筒にあなをあけて図2のような装置をつける。  
(イ)のさきの方に①切換スイッチをつける、①は図3のように接続する(ロ)の導線にブザーをつけて(ハ)の導線に②切換スイッチをつける。そして図1のように電池に接続する。

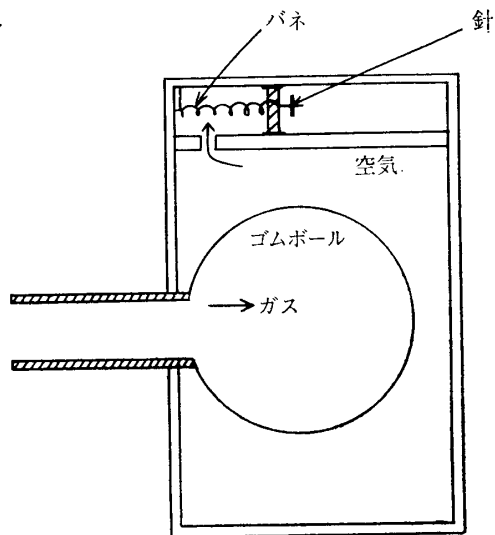


水道管に圧があれば、ゴム袋に圧力がかかりふくらんで(イ)をおして(ハ)は①切換スイッチの(ロ)と(ハ)を接続する。この時②切換スイッチが(ハ)に接続していればブザーがなるが普通の時になっているのではこまるので(ニ)の方に接続しておく。

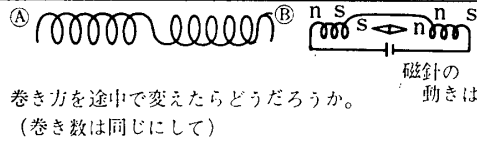


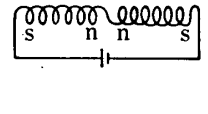
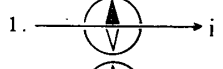

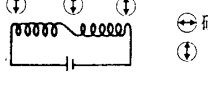
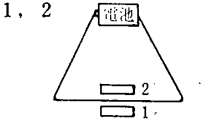
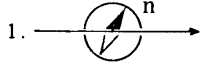


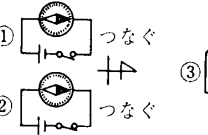
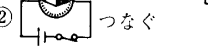
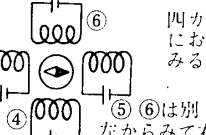
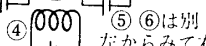
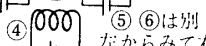
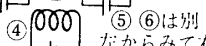
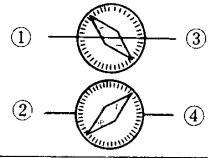

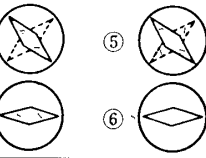
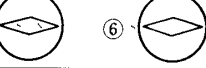
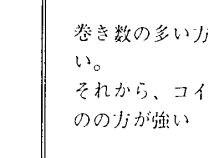
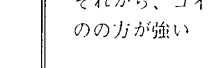
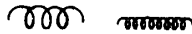
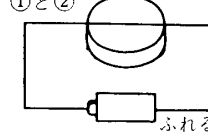
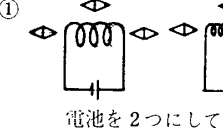
断水の時、つまり水道筒の圧がなくなった時、ゴム袋はしぼんで(イ)が圧力バネによって下げられて(イ)は①切換スイッチの(ロ)と(ニ)を接続する。すると②切換スイッチが(ニ)に接続しているとブザーがなる。ブザーがなったら(ハ)に切換ておくと、次に断水が終わったときブザーがなる。

問題点 水道の圧は水を使う時水圧がさがって、断水時と同様にブザーがなりはしないかということであるが、これは①切換スイッチの(ハ)と(ニ)の間を調節すれば、うまくいくのではないだろうか。

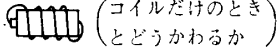
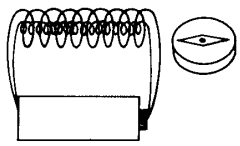
○ガス圧力測定器



別表2-1  
素材を  
与えての  
問題  
把握  
(磁針、  
エナメル  
線 2m  
乾電池  
1コ)  
学校での  
実験  
(個人)

1 問題	<p>こういうことは どうだろう。 できないか、 なぜだろう。</p>	 <p>巻き方を途中で変えたらどうだろうか。 (巻き数は同じにして)</p>	<p>1.  導線の下 の磁針 どう動くだろう。</p> <p>2.  導線の上 の磁針</p>
2 予測	<p>こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。</p>	 <p>n. n の磁力線で 互いに打ちけし合っ て磁針はふれないと思う。</p>	<p>1.  教科書に書いてあった。</p> <p>2.  教科書に書いてあった。</p> <p>1, 2 の理由 右ねじの原理</p>
3 方法計画	<p>このようにして、</p>  <p>磁針をおく。</p>		<p>1, 2  線をなるべくまっすぐに</p>
4 結果検証	<p>どうだったか。</p>	<p>少しぶれた。 コイルの巻き方にも難点があったと思った。</p>	<p>1.  地磁気の影響があっ て 60° ぐらいしか動けな かった。</p> <p>2. </p>
5 こまっ た点	<p>もっと他のもの があったら。</p>	<p>コイルのつなぎかたにこまった。 大きさを一定するのにこまった。</p>	<p>電池ボックスがなかったので手が足りず、 セロテープが少しあればよかったと思う。</p>  <p>電池が弱かった。</p>
6 応用改良	<p>こんなことに。 不便 発展、調査</p>	<p>コイルの巻き方を変える時のつなぎめ がうまくいなくて作るのに不便。 巻数を変えて、その巻数によって磁界の強さは どうなるか、そしてそれはどうしてわかるか。(A)</p>	<p>セロテープが少しあればよかった。 やはり一人では手がたらない。(B)</p>
1 問題	<p>こういうことは どうだろう。 できないか、 なぜだろう。</p>	 <p>① つなぐ</p>  <p>② つなぐ</p>  <p>③</p>  <p>④</p>  <p>⑤</p>  <p>⑥</p> <p>四方所 において みる ⑤⑥は別 左からみて右まき</p>	<p>コイルの巻き数と電池の多い少ないのちがい。 コイルの長さが同じだが巻き数の多いものと少ない ものとでのちがい。</p>
2 予測	<p>こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。</p>	 <p>①</p>  <p>②</p>  <p>③</p>  <p>④</p>  <p>⑤</p>  <p>⑥</p>	<p>巻き数の多い方、又電池を 2 つにした方が磁界は強 い。 それから、コイルが 同じ長さでも、巻き数の多いも のの方が強い</p> 
3 方法計画	<p>このようにして、</p>  <p>①と②</p> <p>③④⑤⑥ 乾電池にま いてコイルを作っている んな位置におく。</p>		<p>①  磁針の 動きをみる。</p> <p>電池を 2 つにしてみる</p>
4 結果検証	<p>どうだったか。</p>	<p>③⑤はよくうごいた。</p>	<p>電池のむきをかえて、電流の流れをかえてみる。 (つまり地磁気にさからわせる) 地磁気の影響もあったが巻き数が多く、電池の多い 時が一番よく動いた。</p>
5 こまっ た点	<p>もっと他のもの があったら。</p>	<p>コイルがみじかい。 乾電池がよわい。</p>	<p>○地磁気のえいきょう。 ○鉄片があったら。</p>
6 応用改良	<p>こんなことに。 不便 発展、調査</p>	<p>なし</p>	<p>○コイルの磁界と磁石の磁界を混合したら。 ○大きなコイルの中に磁針を入れてみたら。</p> <p>(C) (D)</p>

別表 2-1 つづき



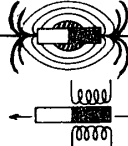
1 問 題	こういうことは どうだろう。 できないか、 なぜだろう。	鉄棒のかわりにかんでんちを中に入れたらどうなる だろうか。  (コイルだけのとき) とどうかわるか	外側に大きくまいた、エナメル線の中に細かく反対 にまいたエナメル線をいれて、じしゃくのむきをい れたら、細かくまいたむきになるだろう。
2 予 測	こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。	コイルだけのときよりも、はやくはんのう (磁針がどうさすかということ)する	コイルのまき数が多いほうが磁石が大きいという性 質があるからだろう。
3 方 法 計 画	このようにして、	1. コイルだけのときのようなすをみる。 2. かんでんちにコイルをまいた時の ようなすをみて、 くらべてみる。	
4 結 果 検 証	どうだったか。	かんでんちにコイルをまいた時の 方がはやくはんのうした。 → 強い磁石になる。  (E)	予測のようになった。  (F)

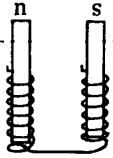
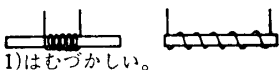
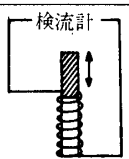
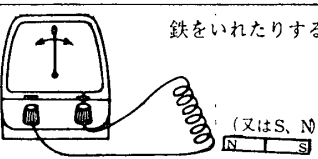
別表 2-2

磁石についての家での自由研究

別表 2-3 素材を与えての問題把握

(棒磁石 2、エナメル線 2 m 検流計) 学校での実験 (個人)

1 問 題	こういうことは どうだろう。 できないか、 なぜだろう。	磁石の極の強さをはかる方法があるだろうか？ オシロスコープを利用してみよう。	コイルの巻数と磁石の強さと向き。 電気の流れ方は、どう変わるか。
2 予 測	こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。	テレビのブラウン管は磁石で像を調節している。 オシロスコープもそれとおなじ原理であるならば強 さをはかることができるであろう。	コイルの巻数の多いほど 磁石の強いほど → 電流が大きい。
3 方 法 計 画	このようにして、	オシロスコープに直線をだしておき、 磁石の距離をかえて調べる。	モップのえでコイルを作り コイルを検流計につなぎ 磁石を通してぬく
4 結 果 検 証	どうだったか。	オシロスコープがないのでテレビをつかってみた。 N極をみると  S極でやると  5cmはなれると反応なし。(磁石は平なもの)	20回-6 磁石の強さでは、磁石を2本と1本でく 15ヶ-4.5 べつした。 10ヶ-3 1本の時 2本の時のおおよそ半だった。 5ヶ-1 うごかすはやさは、一定にはできなかつ N→左 S→右たのですこしちがう。
5 こ ま っ た 点	もっと他のもの があったら。	オシロスコープがないのが残念。 もっと強力な磁石があればもっとはっきりするだろう。 ブラウン管の前のガラスがなければもっとはっきりす るだろう。	円とうのわがあればコイルは、いいのができた。 (やるたびにコイルが変形した)
6 応 用 改 良	こんなことに。 不便 発展、調査	直線が上下にずれるとは思わなかった。 これはなぜだろうか？ ちょっとわからない。  (G)	 磁力線はこうだから、 これでも発電するはず。  (A)

1 問 題	こういうことは どうだろう。 できないか、 なぜだろう。	1つの線で2つのコイルをつくり、逆に電流が流れるように磁石を近づける。	1) コイル巻数同じで、コイルの長さで電流はどうなるか。 2) 一重コイルと二重コイルではどっちが多く流れるか。 3) 直径の大きさと流れる大きさはどっちが多く流れるか。
2 予 測	こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。	磁界同じで打ち消し合い電流は0になるはずだ。	1) 長い方が多く流れるだろう。 2) 二重コイルのほうがつよいだろう。 3) 大きい方がつよいだろう。
3 方 法 計 画	このようにして、	 それぞれのコイルにN極 S極入れる。	1) コイルをまきそのままのもの、ひきのばしたもの。 2) 一重まいた上にもう一重まく。 3) 太いものにまきつけたのと小さいものにまきつけたもの。
4 結 果 検 証	どうだったか。	N極を入れたり出したりを、くりかえしても予測したことはちがいが、電流計はうごいてしまった。	1), 2)は予測どおりであったが3)は小さい方が多く流れた。  1)はむづかしい。
5 こ ま っ た 点	もっと他のものがあつたら。	磁石の強さがちがった こと。	コイルもう一つと、メーターもう一つ、電池1コで。
6 応 用 改 良	こんなことに。 不便 発展、調査	同じ磁石で予測したことが正しいか、ためしてみた。  (B)	磁石がよわかった。電磁石でやってみたら、変圧器をやってみたい。  (C)
1 問 題	こういうことは どうだろう。 できないか。 なぜだろう。	コイルを作り、ぼうじしゃくを出したり 入れたりすると 電流は流れないだろうか。 じしゃくを 反対にすると どうだろうか。 〃 はやくすると どうだろうか。 〃 入れたままにすると どうなるか。	エナメル線でコイルを作り、その両たんを+、一極につなぎ、じしゃくを近づけて誘導電流の測定をする。 (強くするために、中に鉄をいれる)
2 予 測	こうなるだろう。 こういう性質、 原因があるから だろう。	電流は流れるだろう。なぜなら、電磁誘動によって電流がながれるから。 じしゃくを反対にすると、電流も反対に流れるだろう。はやくすると、多く流れるだろう。 入れたままにすると電流はへっていくだろう。	中に鉄磁石になって電流が大きくなる。 鉄が一時磁石になったためであろう。
3 方 法 計 画	このようにして、		 (又はS、N)
4 結 果 検 証	どうだったか。	電流は流れた はやくすると目もり大。 反対にすると、動きが反対になった。 入れたままにすると流れない。	コイルだけのとき 1めもりくらい。 鉄 1本を入れる 〃 2.5 〃 〃 2 〃 5 〃 鉄が多い方がよい。
5 こ ま っ た 点	もっと他のものがあつたら。	もっと強い磁石があつたら } 変化がよくわかる エナメル線がもっと長かつたら }	コイルはちぢめていなければならない。 長くのびていると電流が少しだった、 だから、のびるのをとめているものがあつた方がよかったと思う。
6 応 用 改 良	こんなことに。 不便 発展、調査	⑤で長くした時、コイルを2つ作って直列にしたら検電計の針はどうなるだろう。  (D)	磁石を止めてコイルを動かしたら。  (E)



別表3. 問題を指示して(教科書で習ったもの)創意工夫

1. 速度の測定

○カメラのシャッター速度を一定にしていて、動いている物体を写す。写したらそのシャッター速度内でどれだけ動いたか写ることになる。だからやけている所からはつきり見える所まで長さをはかる。



(A)

○風車で速度計を作る

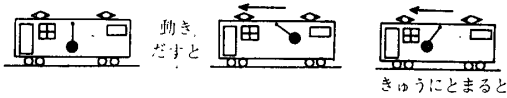


(B)

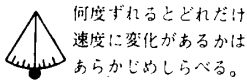
2. 速さの変化の測定

○ふりこをさげておくと、加速した時は、ふりこはもといた所にとどまろうとするし、おもりがその移動する物体と同じ速度でうごいても同じことがいえる。

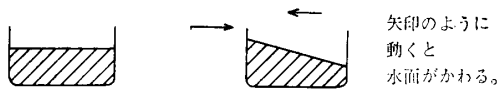
例として電車



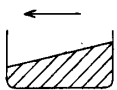
これを利用する



○



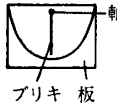
矢印のように動くと水面がかわる。



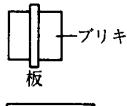
上同じようにどうかわるかわることができるのではないかな。

(B)

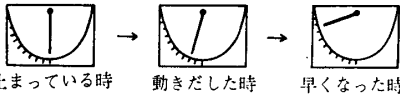
○横から



前から



左のようなものをつくってしらべる。

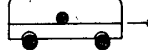


止まっている時 動きだした時 早くなった時

○早くなると、ブリキ板のかたむきが大きくなる。(C)

○車の中に●球をおいておく。

速度がかわれば球はうごく。



そこから速度変化がわかるのではないだろうか。(D)

3. メトロノームはどんなことに使えるか。

○ゴムボールを投げて、バウンドする時間を測る (E)

○家の屋根から落ちる雨のしずくの速さにメトロノームをあわせると、1分間に落ちる数がわかる。(F)

4. 落下時間の測定

5. 慣性の利用

6. 円運動の速さ測定

10周するのにかかる時間をはかって、それを10で割りその周の距離をもとめて測る。(G)

7. 円運動の利用

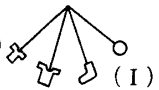
少し太めの管の中央くらいのところに目の細い金あみをはって、その中に石のまじった土を入れこれを一点を中心にまわすと石と土はわけられる。(H)



金あみ 土

○宇宙飛行士の訓練用(圧力の変化)

○せんたく物かわかし機(多いせんたく物)



(I)

8. ばねの利用

別表3つづき

○早おき用まくら



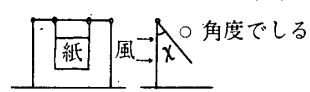
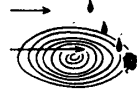
まくらの下にばね(はりがね)をくっつけておいて、一定の時間がきたら、そのばねはちぢんでいたのをのばされ、まくらが飛ぶ(上へ) (タイムスイッチで)(I)

○ふでばこの中にばねをいれておいて、鉛筆が長いとちぢみ、短かいとのびる。それで鉛筆は固定できる。(J)

9. 風速の測定



○水てきをおとしてその移動によつてしる。

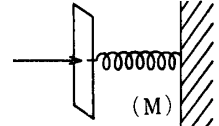


(B)

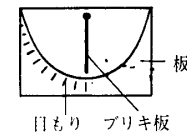
○水の速さを測るには、印をつけた所からハッポースチロールなどを水の流れの中に入れて印をつけた所から一定のきよりの所でハッポースチロールをひろう、その間時間をはかる  
一速さ =  $\frac{\text{きよりの距離}}{\text{時間}}$   $\frac{X \text{ m}}{\text{時間}}$

○風がまっすぐ吹くようにし(せまいもの間をとおす)薄く軽いものを飛ばして、その速度をはかる。(L)

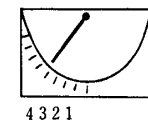
○風があたるとちぢむ器具等作り、何メートルで何センチか調べ測る。



(M)



風速 0

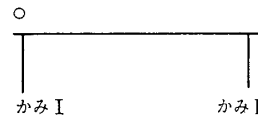


風速 4

(C)



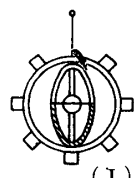
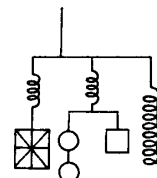
ろうそくをたてて最初の火がゆれてから次の火が消えるまでの時間をはかる。(N)



風が紙Iにあたってかみがゆれてから紙IIがゆれるまでの時間をはかる。(O)

10. やじろべえの利用

室内そうしょく (かざり物)



(I)

これに対し、素材を与えて実験させ問題発見と科学的思考過程に進むことは、生徒達にとって楽しいものとなる。更に、自由研究とか抽象的に考えよと言われたときに比べ容易に活動ができる。この方法がよいのであるが総べて実行することは時間、材料、基礎知識としての条件、基礎技術条件、系統的知識の習得などの点から制約されてくる。学習前に素材を与えられても何をしてよいか分らないが充分時間があれば試行錯誤なり、予測類推して学習することになる。しかし、学習後に教科書は見せないで学習した幅広い内容に関係する素材を与えて実験させる。これによって検証が主に行なわれようが、いろいろな問題発見や、思考がなされるから大いに意義あると考える。それらの実験には、生徒、一人、一人の個性ある、面白い、内容が展開される。素材の与え方を変えたり、組み合わせを変えたり、不足条件を入れておくと、いろいろと考えをめぐらす。素材に対する基礎知識が充分得られるか、生徒自身が持っていないと充分な発見や、発展は望めない。たとえば真空管などを、実験素材の中に入れたとき、その脚の名称や、使用する上での電源の性能、回路の接続法を覚えていなかったら殆んど不可能である。

一方、長期休暇中における創造的自由研究、授業中における学習後の自主的な創造的問題発見は、非常に出しにくいし、難かしいように初めは感ぜられる。しかし、慣れてくれば殆んど生徒が積極的な活動をするようになる。その理由は、創造的思考活動は、それ自身が面白いはずだからである。だが、高校生と中学生を比較すると中学生の方が結果を検討評価したときにより優れた内容であるし、量も多い。この原因として考えられるのは、彼等が持っている知識や、体験と創造的思考の産物とが質的に近いかどうかによることがあると思う。従って中学生の方が、より熱心に積極的に取り組むことができる。高校生になると、知識や体験は豊富であり、しかも、質的に高い。しかし、彼等の創造的思考の産物は中学生と、あまり変わらない。それを実際に実験、製作するのにも、はずかしさが目立つ。たとえ高度の創造的問題が発見できたとしても実現性にとぼしい。だから、この面に限しては、学校での自主的課外活動、クラブ活動で発展させることが必要であると思う。

## 予測の過程

解決への意欲を持って、問題を把握すると、その本質を見つれたり、他との関連性や、法則性を帰納する努力がなされる。このために、試行錯誤や、直観による思考も大いにあるし、条件を定めては、その、問題がどのようなになるか考える。

条件を設定するにも試行錯誤であったりするけれど

も論理的に分析し、各項ごとに検討を加える。即ち、いくつかの条件を一度に調べるのではなくて、一つの条件ごとに進めないで予測はむずかしい。複雑な問題になると、条件を一つずつ変化させることが困難なこともある。どうしても、一つだけ条件を変化するように工夫し、他は、恒常状態におくことが必要である。こうした場合、理論的には、成立するように頭の中で考えても現実問題として、実験、観察をすると、非常に苦勞することが多い。このような予測も時間的な余裕があればよいが普通の授業では指導、助言が必要である。ブルーナーによれば、刺激、条件を制約して進めるのが望ましいとしている。広岡亮蔵氏によれば予測の内部手順としては次のように言っておられる。

1. 生きた問題提起 小集団の学習
2. アクセントのある助言
3. 方向づけ
4. 資料の提示
5. 個人予想、集団予想

このような順序に従いながら法則、原理などが手際良く帰納でき大切である。時として類推による予測がなされることがある。自然科学上の発見、発明の中にも類推という方法によったものがある。

## 検証の過程

予測によって樹立された原理、法則が正しいかどうか確かめる段階である。これは、前提となるものが存在して、それが正しければ、結論は実験によりこうなるということやってみる。そのためには、実験計画をまず立てる。この結果、2つ以上の結論が出れば予測は崩壊するから、もう一度、問題の分析から出直して、予測の再検討をする。そうして、修正、追加、全面的変化がなされる。だから、検証の段階は、演繹的である。一方、講義式の授業において、学習後に、実験、観察が検証としてなされる。これが、とかく、教科書や実験書をだどりながら同じように実施して結果が良かった、悪かったと言う。考えていないことが多く、なぜ、そのような実験したのか、方法、原理を知ってなくてやっていることも多い。このようなことにならないよう注意しなければならない。実験内容を前もって考えさせ、理解させ、実験書などを見せないで行なわせることを目指すことが必要である。そうすれば、生徒は考えることが多くなり、検証実験といえども意義あるものとなり、自ら生徒自身、興味が湧いてくるであろうし、科学的思考、創造性の向上もなされると考える。即ち、機械的標做活動でなく、洞察的活動で、少なくともありたい。

## 学習思考過程とプログラム

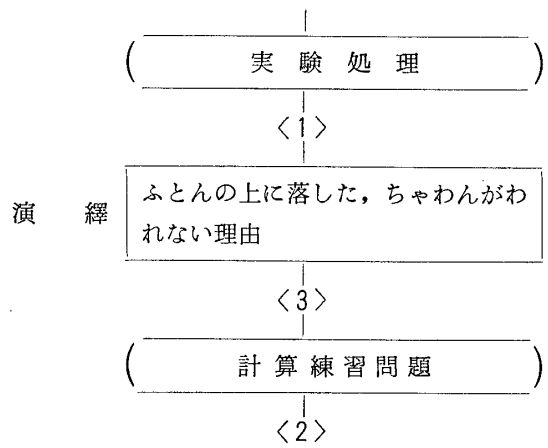
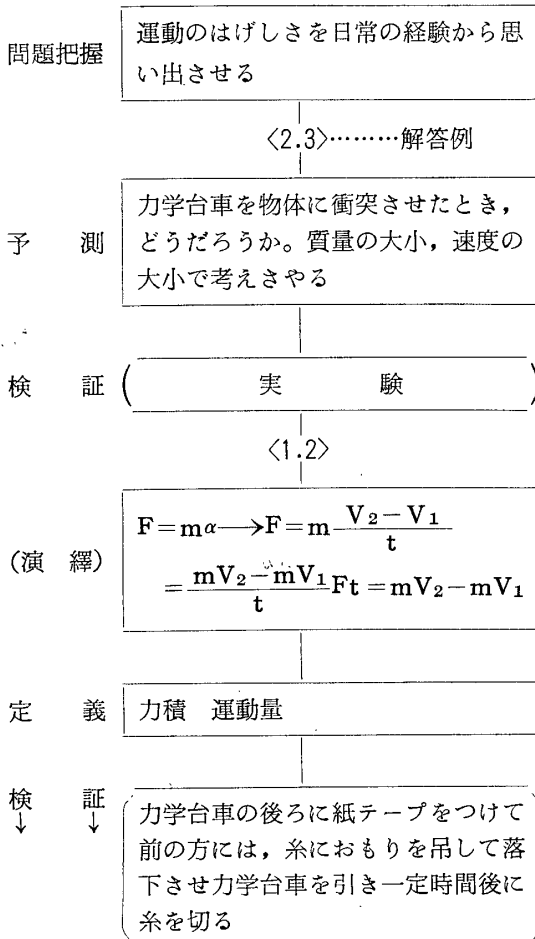
今まで述べたように、帰納、演繹、類推といった思

考が理科授業において多い程、自然科学の学習を効果あらしめる。このため、具体例を展開したいと考える。まず初めに理科の学習とは直接関係ないが、機器の修理に見られる思考過程を挙げたい。

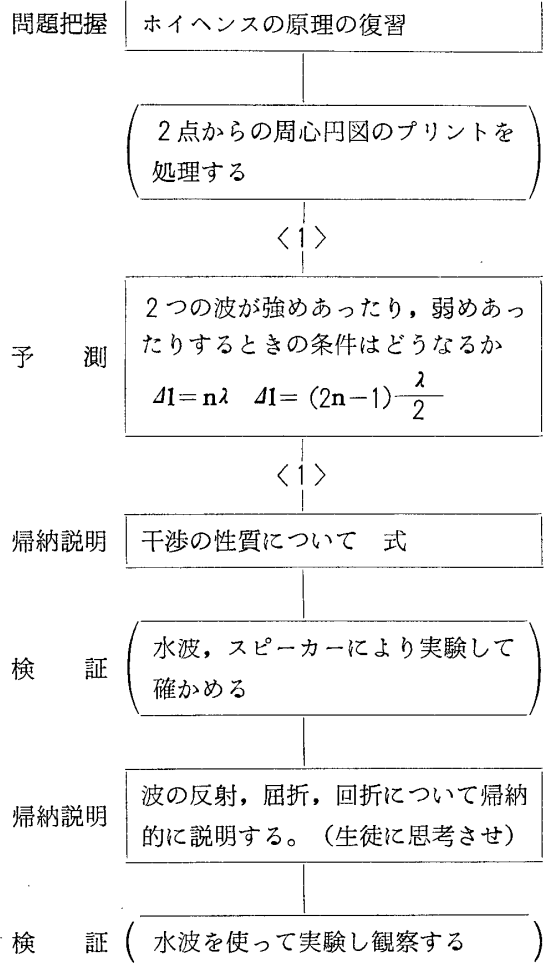
この場合、原理を知っていないと試行錯誤が行なわれる。次に、原理は知らないが前に同じようなことがあって試行錯誤的に修理できた経験があると、それを適用する。しかし、有能な修理者は、次の思考過程を実施するだろう。

- 問題把握 テレビ画面の上下がせまい。  
 予 測 垂直発振管が悪いと思う。  
 検 証 垂直発振回路の真空管をかえる。  
 よくならない。(予測不充分)  
 再 予 測 上幅は、つまみで調整できるが、  
 (分析) 下幅は、つまみで調整が充分できない。  
 従って、このつまみの回路が悪い。  
 検 証 回路の電圧をテスターで測る。  
 12BH7Aのプレート電圧が低い。  
 1MΩの前は電圧があるが、プレートに  
 こない。  
 予 測 この1MΩの抵抗が悪い。  
 検 証 これを取りかえる。  
 画面が正常になった。

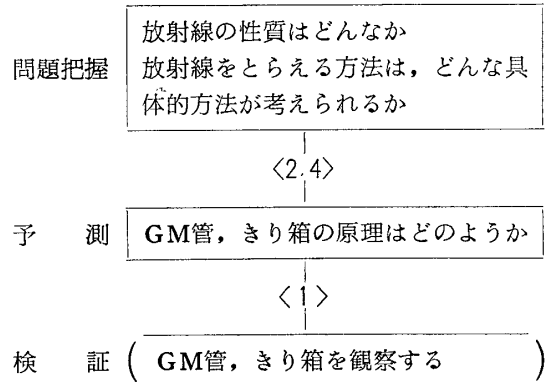
1. 運動量

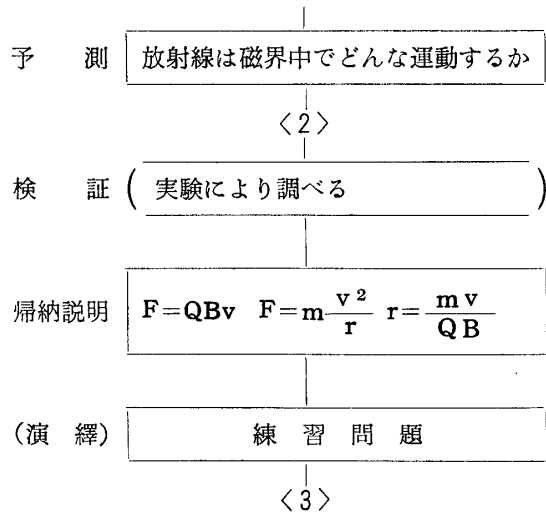


2. 波の性質

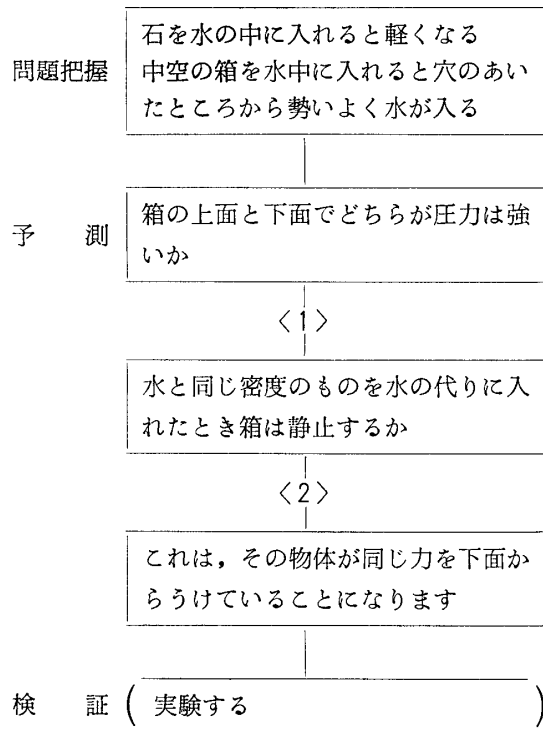


3. 放射線の検出とその動き

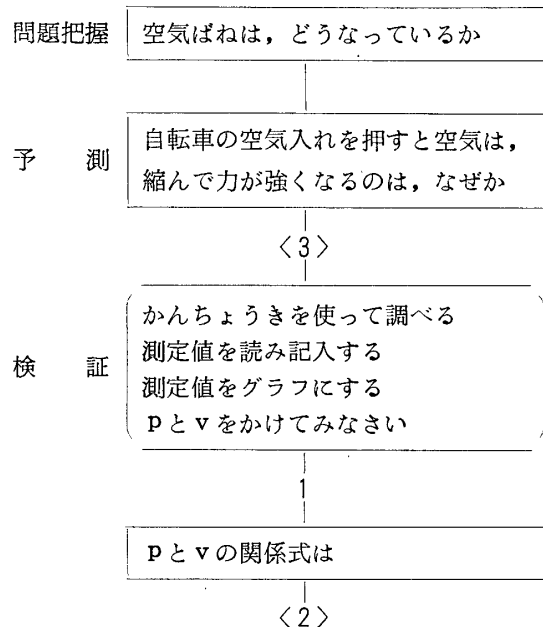




4. 浮 力



5. 空気の圧力と体積



問題把握, 予測, 検証(帰納法)の科学的思考による授業を、できるだけ多くしたいと考えている。電磁気分野について、今少し2, 3の例を検討して見よう。

生徒に予測させられそうに思うものとして、静電誘導、表面電荷、オームの法則、抵抗と長さ、断面積の関係、抵抗の接続、ホイートストンブリッジ回路、キルヒホッフの法則、磁気に関するクーロンの法則などが考えられる。

少し、予測が複雑で難かしいものとして………抵抗率と温度関係(類推)、電池の起電力と内部抵抗、電流による発熱量、直線電流のまわりの磁界、円形コイルの磁界などが例として考えられる。

また、法則が難かしいので、教師の帰納的説明が行なわれることの方がよいものとして、例えばコンデンサーの容量と板間の距離、板の面積の関係。

コンデンサーの充電エネルギー、コンデンサーの直列接続などがあげられる。つぎに実験により検証させるのが、難かしいものとしては、電気のクーロン法則  $F=QE$ ,  $W=QV$ ,  $Q=CV$ ,  $C=\epsilon\frac{s}{d}$ ,  $U=\frac{1}{2}CV^2$   
 $C=G_1+C_2$ ,  $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$ ,  $Q=it$ ,  $F=mH$ ,  $H=\frac{i}{2\pi d}$ ,  $H=Ni$ , 磁気のクーロン法則などがあり、 $\rho=\rho_0(1+at)$ なども工夫せねばできにくい。

創造性評価試験

試験においては、単なる知識の再生のみでなく、科学的思考をさせることが望ましい。そこで、種々考えさせる問題、特に創造的傾向のもの2, 3について述べる。

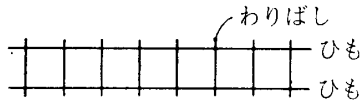
中学2年 理科(1)

問題 水面波をおこし障害物を通過する波を数えたら5秒間に10の波が通った。

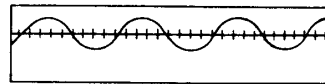
- (1) 周期はどれだけか。
- (2) 振動数はどれだけか。
- (3) 波長を実際に測るのに、あなたは、どんな方法をとるか具体的に書きなさい。

この(3)の解答の主なものとして次のようなものがあった。

1. 水中カメラで水面と水中の境を写し、その長さを測る。
2. わりばしで図(イ)のようなものをつくる。
3. 目盛付き容器を作り測る。図(ロ)
4. A点からB点にいく波を時計で測る。図(ハ)
5. 図(ニ)のような装置を作り測る。
6. 図(ホ)のようにして測る。



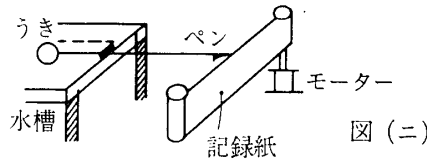
図(イ)



図(ロ)



図(ハ)



図(ニ)



図(ホ)

1. ベルタイマーを使う。
2.  $S = \frac{1}{2}at^2$  で  $s$ ,  $t$  を測って  $a$  を出し,  $v=at$  で  $a$ ,  $t$  から  $v$  をひき出す。すなわち  $v^2=2as$
3.  $hm$  のところにばねを置き, ばねの縮んだ長さで測る  

$$\frac{1}{2}Mv^2 + Mgx = \frac{1}{2}kx^2$$
4. おもりにとりつけた, 電流を流し発熱した抵抗線を落ささせ抵抗変化から調べる。

## 高2 物理

問題 落下する, おもりによって熱量計中の羽根車が水をかきまわす。おもり  $Mkg$ , 水  $mkg$  熱量計と羽根車は比熱  $C$  であり, 両者の合計  $Wkg$  とするとき,

おもりが  $hm$  落下して  $Vm/s$  であるとき,

- (1) 水の温度は何度上昇するか。
- (2) おもりの速さ  $v$  を実際に, どんな方法で測ったらよいか。

この(2)について解答の2, 3は次のようであった。

## 中3 理科(1)

問題 (1) 磁界の強さの測定法を考えよ

(2) 磁極の強さの測定法を考えよ

解答例

1. 磁石から, ある距離に鉄粉を一定量一定面積内に置き磁石についての鉄粉を測る。
2. ばね秤に鉄板を固定し磁石から一定の距離で引かせて測る。ただしばね科と鉄板は糸で連結する。

※お指導いただいた名大広岡亮蔵教授にあらためて感謝いたします。

## 物理系クラブ生徒の調査

創造性に関する調査 できるだけくわしく

1. どんなおもちゃがすきだったか ( )
2. どんなゲームがすきだったか (トランプ, しょうぎ…… ( )
3. 好きな教科 ( ) 5. 感銘をうけた本 ( )
4. きらいな教科 ( ) 6. " 人 ( )
7. 感銘をうけた実験観察 ( )
8. 自由研究は何をしたか。理科関係 ( )  
その他 ( )
9. 趣味 ( ) 10. 特技 ( )
11. 図画はすきだったか ( ) 12. 読書傾向 ( )
13. つぎの性格面が普通以上だったら○でかこんで下さい。  
忍耐 好奇心 努力 信念 徹底 系統的考え 執念 根生
14. つぎの能力が普通以上だったら○でかこんで下さい。  
類推 想像 連想 直感 予想(測) 法則の現実への適用分析  
総合 問題発見能力 工夫力 改善力 観点変更 たとえ(話)をつくる能力  
アイデア 条件設定 企画力
15. 問題発見はどうしたらできると思いますか。
16. 理科などの自由研究が意義深くできる。(また進んで)条件は何だと思いますか。
17. 創造力の強化がなされる条件は何だと思いますか。

	高 3 男	高 3 男 (クラブ外)
1	幼稚園(糸巻グルマ), モーター(小3) グルマラジオ(小3), 鉄道モケイ(小4・5年) プラモデル(小6)	電気機関車, 自動車模型
2	メンコ	五目並べ, ダイヤモンドゲーム, トランプ
3	理科	理科, 数学
4	社 会	国語, 英語
5	エジソン伝	荒野のよび声
6	エジソン	アリストテレス
7	電気分解(小5), モーターが電池でまわる(小2) アーク放電(小5), セーターと指の火花放電(小6)	ストロボ 熱エネルギーと電気エネルギー
8	電気火花, 通信, 実験たくさん	化学分析 沈でん生成 プラモデル 機械分解組立
9	電気工作, 水泳	同上 工作はすき
10	剣 道	
11	中2から好き	
12	電気関係	推理小説
13	好奇心, 執念	忍耐, 好奇心, 信念, 系統, 執念
14	類推, 分析, 改善, たとえ能力	類推, 直観, 予測, 法則適用 分析, 工夫, 観点変更, 条件設定, アイデア 条件を設定し, 法則をあてはめ矛盾をさがす 忍耐, 下調べ確実, 先入観すてる 結果に忠実 頭の柔軟性, 固定観念すてる
15	改善の意欲	
16	理科の趣味もつ, 改善の努力 とにかくやってみる	
17	現有知識を多く理解する 理解のないところに偶然はない	

	高3男(クラブ外)	高 1 男	中 1 男	中 1 男	高 2 女
1	音のでるもの	うごくもの	自動車など ぜんまい, はずみ 車を使ったもの	プラモデル	人形, お手玉
2		五目ならべ	すごろく, かるた	しょうぎ	トランプ, 五目
3	数学, 物理	数 学	数 学	数 学	
4		国 語	音 楽	音 楽	
5			西郷隆盛	車輪の下	
6			同	宮沢賢治	
7				水の電解	
8			おたまじゃくしの 飼育観察	みょうばんの再結 晶	
9	音 楽	無 線	動植物の飼育	読 書	まんがを書く
10	珠 算				
11	きらい	きらい	好 き	好 き	好 き
12	まんが		伝 記		
13	忍耐, 系統的考え		執 念	徹 底	好奇心
14	予 想 分 析		想像, 連想 工夫, 改善 注意力	想像, 分析 工夫, 企画 連 想	想像, 連想, 直観 たとえ話をつくる 整理して考える
15		深く考える			
16		実験道具などが手 に入りやすい	興味もつ 知識多く 考える	疑問点をさがす	好奇心, 冒険心 知 識 訓 練
17	柔軟に考える	作ったりこわしたり 考える		広い知識をもつ	

高 2 男	中 3 男	中 3 男	高3男(クラブ外)
車, ひこうき	プラモデル	ラジコン	刀, カッチン玉
バンカースゲーム 理科 英語 あしながおじさん	ポーカー 理科 国語	トランプ, ポーカー 物理 体育 最後の一葉 福沢諭吉	野 球 数学, 物理 国語
かえるの反射運動			真空落下実験
コークスのいろいろ	プレス金属の断面の形の変化	発振器の波形	
無線, 切手集め	工作, プラモデル 絵をかく, ラジオ	機械いじり	ギター
珠 算 きらい	大好き	テレビ調整 きらい	大きらいなのが少し好きに 哲学, 法学 好奇心, 信念 類推, 企画
推理小説 好奇心, 徹底, 執念 想像, 法則適用 たとえ話, 能力 見る力, 習慣 やりたいことを好きにだ けやる時間 興味をもつ	理科関係 好奇心 想像, 直観  考える 道具, 資料があるていど あること 知識を多く	好奇心, 徹底 想像, 直観, 総合・工夫 改善, たとえ話能力 好奇心 忍耐, アイデア 応用力 深く考える 精神集中	基礎の徹底理解 内容の把握 よく考える 知識を多く 気分転換

中 2 女	中 2 女	中 2 女	中 2 女	中 2 男
積木, ぬいぐるみ 楽器のプラモデル しょうぎ 推理を働かせるゲーム 社会 特別にない ファースト車輪の下 ミレー, エジソン	動くもの バドミントン 理科 数学 あすなる物語	グライダー トランプ, ツイスターゲーム 国語 英語 シュバイツァー, 走れメロス	動くもの 自動車, ぬいぐるみ 百人一首 社会 家庭 路傍の石	ダイヤモンドゲーム 社会, 数学, 理科 美術 路傍の石
結晶づくり		おもちゃの研究		
読書, 編物 編 物 好 き 文学, 理科	詩を書く 別 <sup>た</sup> になし きらい 文 学 好奇心 想像, 連想	スケッチ, 室内装飾  ふつう 哲学書 好奇心 連想, 工夫 アイデア, 条件設定 疑問をもつ	好きでない 文学, 歴史 好奇心 連想, 創造 深く考える, 疑問も つ重要なものをみつ ける 疑問もつ 興 味 想像, 夢	アマ無線 アマ無線技士 好 き 努力, 執念 改善力 アイデア 努 力  忍耐力 気が長い 応用力, 連想力
想像, たとえ話をつくる なぜか考える(あたりまえのことを) 知識を深める 興味, 知識, 工夫	重点をみつける 疑問をもつ			
夢, 応用力				