

# 物理 A の指導

—PSSC物理を使って—

加 藤 十 八

## 1. はじめに

本校においては、高校2年において、物理・化学をA(3単位)・B(5単位)類型に分けている。この選択を2年生の初めに希望調査をすると、約70%がB類型を希望する。1学年100名であるため、これを50%にするための選択変更の指導を強力に行って、大体B類型55%、A類型45%となる。これをそれぞれ、 $\alpha$ 組(B・5単位)、 $\beta$ 組(A・3単位)として授業を行っている。

この状態で1年間の学習を終え、高校3年の初めに物理を選択するもの( $\alpha$ 類型を引き続いて行うもの)は20~30%となってしまふ。

この原因として考えられることは、

- (1) 2年の最初に理工系に進学しようと決意していたものが、物理・数学などの学科に自信を失って坐折する。
- (2) 物理そのものの学科の興味を失う。
- (3) 物理学習指導のまずさ。

などが考えられるが、本校の特殊性として、中学を抽選で入って来たものが大多数を占め、能力的にも劣り、更に女子が約45%を占めている。普通学級としては止むを得ないことであろう。

このように実際の高校3年までB類型の物理を続けるものが少ない以上、高校2年におけるA類型物理の充実を画るべきであると考えた。

これを実現するには、現状の物理Aの教科書については過去の学習指導の経験から考えて不満足である。従って次のような3つの目標を選んで吟味した。

- (1) 家庭物理学的な物理を行う。
- (2) 徹底した生活単元学習的な物理を試み、実験・観察に重点をおく。
- (3) 自然科学的なものの考え方を得させる。

(1)については特に女子が対象として考えられ、この方法は10年前に行った経験を持っているが、やや対象に限定される。

(2)については、戦後かなり行われ、これを経験してい

るものの、問題解決的な方法の難しさ、また期待されるような結果が必ずしも期しがたい。などの理由から(3)の目標で物理Aの指導を行ってみようと考えて、38、39年の両年に亘って試みている。

## 2. 指導の目標・教材

学習指導の目標としては、特に次の3点に重点をおいた。

- (1) 自然現象、特に物理現象に興味を持たせる。
- (2) 物理学の成果を知り、自然科学の業跡を改めて認識させ、驚異と憧憬の念を持たせる。
- (3) 自然科学的なもののみ方・考え方を正しく得させる。

以上の目標を達成させるためにPSSC物理を採用した。PSSC物理は、次に述べるように必ずしも上の目標を持ったものではないが、上の目標を達成させるために十分利用し得て、しかも比較的上の目標の内容に合致していると思われる。

### 2. PSSC物理の構造とその分析

- (1) 内容・教育的方法については大体次のようである。<sup>\*1</sup>

#### 〔内容について〕

- 物理学そのものを教えようとしている。
- 日常生活的・技術的なものは思いきってはふいてある。光の波動、運動力学、静電気、磁気は特に詳しい。
- 水素の原子模型を量子論的に理解させることを最終段階にしている。
- このため光、運動力学、電磁気を中心にしている。
- 物性、静力学、熱の性質、音響、電流回路、電子工学などは殆ど取り扱わない。

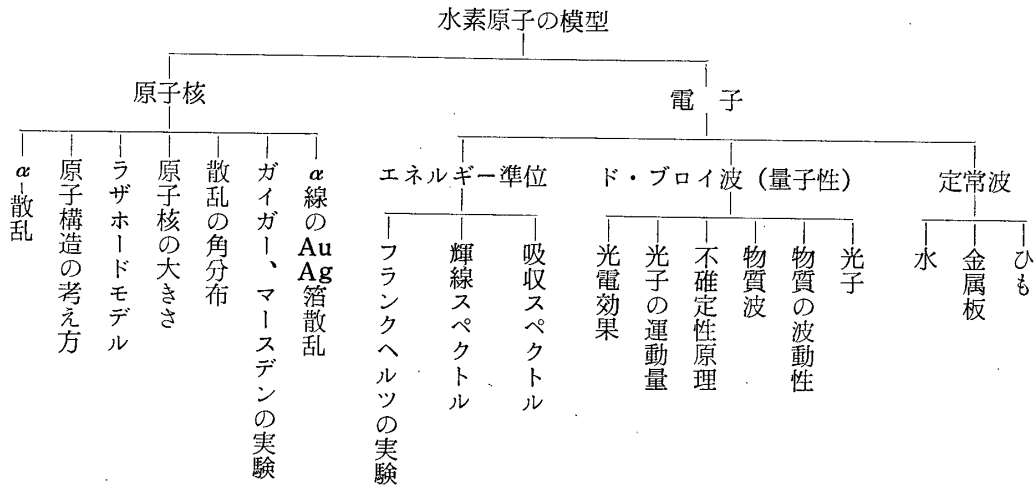
#### 〔教育的方法について〕

- 原理の理解には、詳細に徹底的に行われる。
- モデル、比喩を十分活用する。
- 教材はくり返し活用される。
- 科学史的方法論には必ずしもとらわれない。

- 過去の自然科学の業跡には十分目を向ける。
- 日常生活的な面にも、原理的な面からはふれる
- 古典物理を十分尊重し、量子物理学の理解を目指している。

(2) PSSC物理の教材構成

PSSCにおいては、最終的に、水素原子の構造模型の量子論的な理解においている。その方法は大体次の構造によっている。



この構造からわかるように、さきの学習目標を達成するための好材料がいくつも揃っているものと考えている。例えば、光の波動・粒子性・物質の波動性・不確定性原理・原子構造等の理解過程における物理学的方法論など、極めて豊富なものと思っている。

(3) 教材の抽出と配列

上の水素の原子模型を理解するために、PSSCの中より、次の教材を抽出し配列した。その配列の順序は殆どPSSCの順序に従っている。(波動のところだけ細部の内容を示した。他にも大凡この程度である。)

〔波動と光波〕

(1) 光の粒子モデル (ニュートン)

反射 { ボールベアリングの反射  
乱反射

屈折 { ニュートンの球転し,  $n = \frac{\sin \theta_{上}}{\sin \theta_{下}} = \frac{v_{上}}{v_{下}}$   
 $n_{物質} = \frac{v_{物質}}{c}$

光源の強さと照度 :  $\frac{I}{r^2}$ , 粒子として説明可能

光の圧力 { 粒子なら圧力あり(気体の分子運動)  
レベデフ, ニコルスの発見

吸収と加熱 { 鉛をハンマーで叩くと暖くなる  
ガラス, 鏡の暖い方

粒子説の難点

- ① 反射度が角度によって変わるのはどうしてか
- ② 一部反射, 一部屈折は?
- ③ 回折現象
- ④ 光速と屈折の理論, フィゾー, フーコー, マイケルソン
- ⑤ 粒子モデルの位置づけ

(2) 波(つるまきげねによる波—横波)

波 走るのは粒子だけではない  
扉をしめる→空気の圧力伝達  
車と信号→スタートと発進のパルス  
つるまきげねを伝わる波  
どんなパルスも形を変えない  
ばね自身はパルスの進行と直角な運動  
重ね合わせパルスの出合い  
パルスは出合っても独立に通り抜ける  
合成されたところは各変位の合成である

反射と透過  
固定端で位相が $\frac{\pi}{2}$ ずれる  
固定端でなければ一部透過一部反射

理想化と近似  
マサツなければ減衰しない  
理想化して考えること必要  
光には波のモデルがよいか  
波は直進するとき相互干渉しない } 説明しやすい  
一部反射, 一部透過

(3) 波と光 (水波投影で考える)

水の波  
山, 谷  
水波の投影原理  
直線波と円形波  
直線波と円形波の進行  
波面と進行方向の関係

反 射  
波面の反射, 反射の法則  
波源—虚の波源

伝播速度と周期的な波  
波の速度  $v = \ell / t$   
周期Tの波  $T = 1/f, v = \lambda / T, v = f\lambda$   
ストロボで波を固定させる

- 屈 折  
 深いところ, 浅いところ→波面の屈折  
 " " 波長の違い→速度比  
 屈折比と速度比
- 分 散  
 振動数によって屈折率が異なる  
 光の色と屈折率の関係
- 回 折  
 小孔, 大孔による回折, 影  
 振動数による回折, 影  
 $\lambda/d$  によって回折か, 影  
 光は波長の短いことが予想される
- (4) 干 渉 (水波投影による)
- 干 渉  
 パルスの干渉  
 重ね合わせの原理  
 2つの点源からの干渉  
 2つの波源よりの干渉の作図  
 二重の山, 二重の谷  
 節線は不動
- 節線の形  
 第1節線…… $1/2\lambda$ のちがい  
 第 $n$ 〃…… $(n-1/2)\lambda$ のちがい
- 波長, 波源の間隔  
 節線の延長は直線  
 節線の数  $\lambda = \frac{d(x/L)}{n-1/2}$   
 波長の測定
- 干 渉  
 位相: 位相の違いによる節線の形の変化  
 総括と結論  
 $\lambda/d$  で節線の本数が決まる—偶数  
 $1/2\lambda$  位相の違うときだけ—奇数  
 位相の変化→節線の形の変化
- (5) 光 波  
 ヤングの実験, 光の波長と色, 回折, 分解能,  
 薄膜の現象
- 〔力 学〕
- (1) 運 動  
 速さと距離, 瞬間的な速さ, 加速度, 等加速度
- 運動  
 (2) ベクトル  
 ベクトル, 速度ベクトル, ベクトルとスカラー  
 速度変化と一定のベクトル加速度, 変化する加  
 速度と瞬間加速度ベクトル, ホドグラフ
- (3) ニュートンの運動法則  
 力, 慣性質量と重力質量, ニュートンの運動法  
 則
- (4) 力と運動  
 落体, 等速円運動, 単振動, 慣性力
- (5) 万有引力
- (6) 運動量と力積
- (7) 仕事とエネルギー  
 仕事, エネルギー, 運動のエネルギー, ポテン  
 シャルエネルギー, 力学的エネルギーの保存
- (8) 熱, 分子運動  
 気体の圧力, 温度と熱エネルギー, エネルギー  
 保存則
- 〔電 磁 気〕
- (1) 静電気  
 静電誘導, 霧箱, 金属内の電子
- (2) クーロンの法則と素電荷  
 クーロンの法則, 電場, ミリカンの実験
- (3) 電場にある電荷のエネルギーと運動  
 電子・陽子の運動, 電荷のエネルギー, 電場と  
 電位差
- (4) 磁 場  
 磁場, 直線電流, 円電流, コイル, 磁場の中に  
 働く力, 磁場による帯電粒子の運動
- (5) 電磁誘導と電磁波  
 磁束, 自己誘導と電氣的振動子, 電束と磁場,  
 電磁放射の機構, 電磁波スペクトル, 電磁理論  
 と電磁放射線
3. 学習指導の効果について  
 下の表は現3年生について, 昨年1年間PSSCを  
 行って来た感想について調査した。また現2年生につ  
 いては, 1学期末に調査した。併せて, 物理B類型の  
 ものについても同時に行った。

教科共同研究

		物理A(PSSC)		物理 B				
		2年 39.7 調査 48名(男10) 第1部宇宙(ベクトル まで) 第2部(幾何光学除き 波動まで)	3年 39.3 調査 47名(男9)  PSSC完了	2年 39.7 調査	3年 39.3 調査			
内容についての感想	難しい	16	17	29	23			
	計算問題云々			26	2			
	数学的だ	2		3	4			
	案外やさしい	9	1	7				
	興味がある	10	22	12	13			
	計算が少ない	4	9					
	程度が低い 実験少ない 数式を使わない方がよい(PSSC式)			1 6 3	1			
役立つかどうか	何かに役立つ	8	8	15	7			
	考える態度ができる(自然観)	3	7	21	12			
	物理学全般を知った		8		1			
	わからない	3	3		1			
	役立ったとは思わない	12	13	10	13			
ど強くな残っている印象か	水波の実験	23	原子構造	12	加速度運動	11	力学	14
	実験	11	光の波動	15	実験	6	実験	10
	略		粒子	5	光(幾何光学)	8	電気	7
			スペクトル	5	レンズの実験	8	レンズ	4
					力のつり合い	5		

この表から大体次のようなことが考えられる。

- (1) PSSC物理を行ったものが、昨年度(現3年生)の生徒については、「考える態度ができる」「物理学全般を知った」というものが多いのに注目できる。最初の学習目標の幾分かは達成されたものと思っている。
- (2) 昨年度の生徒が原子構造、光の波動、粒子性に印象を強くもっている。このことは大体予想されることであるが、生徒の印象の深いところに重点をおくように考えていきたい。
- (3) 昨年度の生徒については、内容について興味があるとと思っているものが多い。
- (4) 今年度(現2年生)の生徒についてはまだ1学期を終えたばかりで、はっきりした現象はみられない。
- (5) 「役立ったとは思わない」というのがかなりいることは問題が多い。

#### 4. 学習指導における問題点

物理Aの指導に当って、実際に2年間行ってみたが必ずしも十分に所期の目標が達成されたとはいえない。

以下述べる問題点が多くあるが、今後、この反省に従って、教材内容、学習指導面で考え直していく必要がある。

##### (1) 生徒が選択する構え

物理A、Bを選択した理由は次の通りである。

- 物理Aを選択した理由  
物理が難しそうだから………殆んど全員  
文化系大学へ希望するから………16
- 物理Bを選択した理由  
理科系大学へ進学希望………38  
化学Bをとりたいたいから  
物理もBに………12

以上のことから物理A(PSSC)を積極的に希望

するものが皆無であり、止むを得ず物理Aを希望して  
 くることに先づ大きな問題点をもっている。

(2) 学習態度に対する構え

第1学期の中間試験(6月上旬)、第2学期の中間試験(10月中旬)の結果から、物理の成績と、総合点との相関係数は次の通りである。

	第1学期	第2学期
物理 A 選 択 者	0.62	0.34
物理 B 選 択 者	0.71	0.68

第1学期に関しては、A、B類型とも非常に高く、物理優秀者は、総合点も高いといえる。

しかし第2学期になるとB類型は相関が変わらず高いのに、A類型は0.34と非常に低くなる。総合点の中に物理の成績が入っていることを思えば殆んど相関はないといえる。

このことは第1学期のはじめには能力のあるものは能力に応じて勉強していたものが、第2学期になると欠点をとらなければよいという安易な考えに立って、物理の勉強に真剣にとりくむ態度が欠けて来たのではないかと想像される。

このようなことはある程度最初から考えられることであるので、本年4月から、授業中に質問・疑問を生じた場合は、必ず所定の質問ノートに記入させておくようにした。これは、教師と生徒の相互作用を密にした、物理に真剣にとり組む構えを持たせようとした。その結果の集計は次の通りである。

質 問 集 計

〔教師から生徒へ〕	正 答	誤 答	
基礎的な質問	中学理科について	14	26
	数学について	23	23
	物理の基礎知識について	12	16
	複習事項	27	42
	考え方・応用面について	11	12
理解過程について	142	62	
発展的な問題に関して	2	3	
〔生徒から教師へ〕			
基礎的な質問	1		
理解過程について	8		
発展的な問題に関して	2		

この質問集計からいえることは、

- ① 教師から、生徒に対する発問が多くて、生徒からの質問が少ない。ことことは、生徒が学習場面においての活動・思考が十分でないことを示すものであって、今後の指導上の大きな問題として、考えなければならない。
- ② 物理の基礎的な知識に欠け、その指導に相当な学力を果していることがよくわかる。ある原理を説明するに当って、その理解過程に関する質問には、割とよく答えられるが、中学で学んだ事項を忘れ、数学の基礎的理解を忘れ、既習事項を忘れていている。

(3) 教師の構え

上記の問題点の存する一部は当然教師の責に負うところ大である。

- ① 1時間でまとまりのある講義にし、興味ある内容にする。
- ② 1時間の終りには質問時間を作り、十分討議、理解させる。
- ③ 実験を多く、視覚的・感覚的に理解させる。
- ④ 教科書を十分用意する(現在は2冊を全員で共有の形)

などが今後大いに考えられ、改良すべきところであると思っている。