

化学との関連を考えた物理の教育課程

倉 庸 康
中 原 吉 晴

§ 1 はじめに

本校では、昭和48年度に続き、昭和50年度より、再度、物理の教育課程の改訂を行なった。
(別表参照) 昭和48年度の改訂は、学習指導要領の改訂に伴うもので、昭和50年度からの改訂は、新課程を実施してみた経験にもとづき、物理と化学との関連を考慮して改訂したものである。

今度の改訂の主な点をあげてみると次のとおりである。

- (1) 1年生から物理Ⅰの学習を始める。
- (2) 物理Ⅰの単位数を、1年2年各2単位ずつ、合計4単位に増し、逆に3年の物理Ⅱを4単位から3単位に減少させ、物理Ⅰ、Ⅱの合計を7単位とした。(次ページ別表参照)

その主なねらいは次のとおりである。

- (1) 新課程の物理Ⅰ、Ⅱの構成上、物理Ⅱの内容を若干、物理Ⅰへ組み入れ、2年間に亘る長期学習のほうが良いと考えられるため、物理Ⅰの単位数を1単位増加させた。
- (2) 物理Ⅰ、Ⅱと、化学Ⅰ、Ⅱとの関連をふまえ、正確な物理的知識や概念を、あらかじめ、習得させておいたほうが良いと思われるため、化学に先立ち、1年生から物理Ⅰの学習を始めることにした。

今度の改訂に付随して生じた利点として、次の項目があげられる。

- (1) 生徒の家庭学習の様子を調べると、物理の予習復習までは手が回らない様子なので、過当りの時間数が少なくなり、中間、期末テストの時の分量も少なくなって、従来と比較して、家庭学習もやり易くなり、理解度が増すことが期待される。
- (2) 1年生のほうが2・3年生より全般的に見て、意欲的に学習する傾向がみられ、結果的にみて、理解度の点でも2年生に劣らない。
- (3) 本校における教育課程との関連で、芸術の時間が1年生に偏っていたのが、1・2年に分散され、各学年のバランスがとれた。

今度の改訂の問題点として、主として、次の項目に対する実践的検討が必要であると考えられる。

- (1) (予備知識) 特に、数学的準備が十分でないことに対する配慮。
- (2) (理解度) 抽象的な物理概念を1年生に学習させることへの是非。

以下、上記の点について解説していきたい。

§ 2 物理Ⅰ, Ⅱの関連について

よく、以前の物理A, Bの分け方のほうが良かったということを耳にするが、確かに、各分野を前半と後半に分離した今の物理Ⅰ, Ⅱの方法は、不慣れなせいもあって、あまり学習し易くはないし、物理Ⅰだけで終る生徒には、物理Aよりも片寄った内容にならざるをえない。

教育課程表

教科	科 目	標準 単位数	48, 49 年度 入学者					50 年度 以降 入学者					
			1 年	2 年	3 年		計	1 年	2 年	3 年		計	
					文	理				文	理		
国 語	現代国語	7	3	2	2	2	16	2	2	3	3	16	
	古典Ⅰ乙	5	3	3				3	3				
	古典Ⅱ	3			3	3				3	3		
社 会	倫理・社会	2		2			文 理 17 12		2			文 理 17 12	
	政治・経済	2		2					2				
	日本史	3			5	} 5				5	} 5		
	世界史	3			5					5			
	地理A	3											
	地理B	3	3						3				
数 学	数学Ⅰ	6	6				文 理 17 18	6				文 理 17 18	
	数学ⅡB	5		6					6				
	数学Ⅲ	5			5	6							
理 科	物理Ⅰ	3		3			文 理 9 16	2	2			文 理 10 16	
	物理Ⅱ	3			4						3		
	化学Ⅰ	3		3					3				
	化学Ⅱ	3			3								
	生物Ⅰ	3	3						3				
	生物Ⅱ	3											
	地学Ⅰ	3											
地学Ⅱ	3												
保 健 体 育	体 育	男 11 女 (7)	男 4 女 (2)	男 4 女 (2)	3	3	男 11 女 (7)	男 4 女 (2)	男 4 女 (2)	3	3	男 11 女 (7)	
	保 健	2	1	1			2		1			2	
芸 術	音楽Ⅰ	2	} 3 選				3	} 2 選	} 1 選			3	
	美術Ⅰ	2											
	書道Ⅰ	2											
外国語	英語 B	15	6	6	7	6	文 理 19 18	6	6	6	6	18	
家庭	家庭一般	女 (4)	女 (2)	女 (2)			女 (4)					女 (4)	
特別教育活動	ホームルーム クラブ活動	6	2	2	2	2	6	2	2	2	2	6	
計			34	34	32	34	文 理 100 102	34	34	32	34	文 理 100 102	

備考 ()は女子の単位数を示す

こういう難点をいくらかでもカバーするためには、物理Ⅱの内容を、いくらか物理Ⅰのほうへ入れるほうが良いと言われている。そのため、物理Ⅰを4単位に増し、これを1年・2年に各2単位

ずつ分けて行なうことにした。物理Ⅱの、どの部分を物理Ⅰへ入れるべきかは異論のある所ではあるが、本校では、片寄りを防ぐということと、新化学Ⅰ、Ⅱとの関連ということを考慮に入れて、以下の指導要領の項目で言えば~~~~~の部分とする予定である。

物理Ⅱの内容

(1) 運動とエネルギー

ア 固体にはたらく力

力のモーメント、偶力、重心

イ 回転運動

円運動、向心力と遠心力、中心力と面積速度、万有引力、固定軸のまわりの回転運動

ウ 気体の分子運動

ボイル＝シャルルの法則、気体分子運動、内部エネルギー

(2) 波 動

ア 光 波

光の速さ、光の反射・屈折、光の干渉・回折、偏光、スペクトル

(3) 電 流

ア 電圧と電流

直流回路、電流と仕事

イ 電流と磁界

電流による磁界、磁界が電流に及ぼす力、電流計、電圧計

ウ 電磁誘導

磁界が変化するときの誘導電圧、磁界中を導体が動くときの誘導電圧、インダクタンス

エ 交流と電気振動

交流、コイルやコンデンサーを流れる交流、共振回路、電気振動と電磁波、電子工学

(4) 原子の構造

ア 波動性と粒子性

電子の質量、X線、光の粒子性、電子の波動性

イ 原子と原子核

原子の構造、原子核の構成、原子核の変換、核エネルギー

これらの項目を入れた理由は以下のとおりである。

円運動を入れたのは、単振動の学習を容易にするためである。気体の分子運動の所を入れたのは、物理Ⅰの熱が、どちらかと言えば、巨視的、現象論的に展開されていて、熱の本質を考えるには不十分であり、これを粒子的にとらえることにより、化学Ⅰとの関連を深める必要があるためである。電流の所は、物理Ⅰには全く入ってこないで、片寄りを防ぎ、化学Ⅰ（酸化、還元）との関連を計るためである。原子構造の所は、化学Ⅱで、電子エネルギー準位の話などが出てくるので、その準備として、ボーアの元素模型を物理学史の流れでとらえ、やや定量的に扱いたい。この時点では、静電気、波動の学習が終っているので、一応、数式で展開することも可能ではないかと考えられる。もちろん、3年の物理Ⅱの終りに、再度詳しく行なう予定である。原子核の所は、物理Ⅰの原子核の内容が、あまりに現象論的なので、簡単に入れるつもりである。また、電気分解の法則は、物理

I で簡単に取扱い、化学 I で主としてやってもらう予定である。

§ 3 物理と化学との関連について

今日の化学、生物、地学では、物理を応用する面が少なくない。特に新しい化学 I, II では従来の内容と比較して、より物理的であり、科学の基礎科目といえる物理の基盤を、しっかりと習得させておくことが望ましいと考えられる。

中学校では、一応、物理的概念を習得してきたとは言っても、基本概念の1つであるエネルギーなども、定性的で、定量的には不十分である。ところが、新指導要領の化学 I, II では、相当、物理的概念や知識を要するもの、あるいは物理 I, II と内容的に重複するなど、教材構造の関連、精選には、指導にあたって、両教科間での検討が必要である。

関係が深いと思われる所を~~~~で示すと以下ようになる。

化学 I の内容

(1) 化学量と化学式

ア 化学量

原子量、化学式量、モル

イ 化学式

組成式、分子式、構造式、化学反応式

(2) 物質の状態

ア 気体・液体・固体

理想気体の状態方程式、アボガドロの法則、気体分子運動、分圧、結晶

イ 溶液

溶解、溶解平衡、モル濃度、溶液の性質

(3) 化学反応

ア 化学反応と熱

反応熱、熱化学方程式

イ 化学平衡

化学平衡の移動

ウ 酸と塩基の反応

中和、水素イオン濃度

エ 酸化・還元反応

電気分解、電気分解の法則、電池、酸化剤・還元剤

(4) 物質の性質

ア 物質の性質と化学結合

塩、分子性物質、金属

イ 元素の周期律

アルカリ金属、ハロゲン、不活性気体、周期表、炭素化合物、原子構造のモデル

化学 II の内容

(1) 物質の構造

ア 原子の構造

電子のエネルギー準位、同位体

イ 化学結合

イオン結合、共有結合、金属結合

ウ 分子の構造と性質

簡単な分子の構造、極性、水素結合、分子間力

エ 遷移元素

遷移元素の特徴、錯イオン

(2) 平衡と反応の速さ

ア 化学平衡

平衡定数、乱雑さ

イ 反応の速さ

活性化エネルギー、触媒

(3) 炭素化合物と高分子化合物

ア 炭素化合物

構造、反応

イ 合成高分子化合物

合成、構造

ウ 天然高分子化合物

無機高分子化合物、有機高分子化合物

このように、粒子性(その構造)とエネルギーの概念(位置的・電氣的)、粒子性と波動性との関連など、物理内容を必要とする所が少なくない。したがって、化学と物理は、密接に連絡をとり、互いに補いあって授業を進めることが望ましい。物理と化学のどちらを先行させるかが問題となるが、本校では、物理のほうを先行させることが望ましいとの観点に立ち、まず物理を1年生から行なうことにした。

§ 4 改訂の問題点について

一番の問題点は、数学的準備が十分でないことである。主として三角関数とベクトルであるが、ベクトルは、昭和39年度までは高校の数学が取り扱っていなかったところであり、むしろ、物理で学習したほうが具体的で理解し易いとも考えられるので、さほど問題ではない。問題は、三角関数で、数字では1年生の途中で初めて登場する難解な所である。1年生が単振動の学習をする頃は、まだ数学では三角関数まで行っていないようである。そこで本校では、物理Ⅰの最初に3時間、単振動の直前に1時間、計4時間、三角関数の授業を行なった。

内容は次のとおりである。

(1) 三角関数の定義

$$\sin \alpha \quad \cos \alpha \quad \tan \alpha$$

(2) 特別な角の三角関数の値

$$0^\circ \quad 30^\circ \quad 45^\circ \quad 60^\circ \quad 90^\circ$$

(3) 三角関数の相互関係

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

(4) 弧度法と一般角

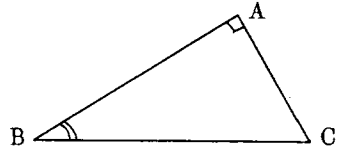
(5) 一般角の三角関数

(6) 三角関数のグラフ

この授業（3時間）を終えた所で、1週間後、抜きうちで三角関数のテストをした。比較のため、2年生にも同じテストをした。その結果を下に示す。

問題

1. 第1図のように $\angle A = 90^\circ$, $\angle B = \alpha$,
 $AB = 4$, $AC = 3$ のとき 次の値を求めよ。



第1図

- (1) $\sin \alpha =$
 (2) $\cos \alpha =$
 (3) $\tan \alpha =$

2. 第1図のように $\angle A = 90^\circ$, $\angle B = \alpha$

$BC = r$ のとき、次の長さを r ,
 $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, $\tan \alpha$ を用いて表わせ

- (1) $AB =$ (2) $AC =$
 3. $\sin = \frac{1}{3}$ のとき (1) $\cos \alpha$ (2) $\tan \alpha$ を求めよ
 4. (1) $180^\circ =$ ラジアン (2) $20^\circ =$ ラジアン
 (3) 5 ラジアン = 度
 5. 半径 r 、中心角 α ラジアン の扇形の円弧の長さを求めよ。
 6. (1) $\sin 60^\circ =$ (2) $\sin \frac{100}{3} \pi =$
 7. (1) $y = \sin x^\circ$ のグラフを書け (2) $y = 4 \cos \frac{\pi}{2} x$ のグラフを書け

正 答 率 %	番号	1.			2		3.		4.			5.	6.		7.	
	年	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)		(1)	(2)	(1)	(2)
	1年	91	91	96	91	91	87	80	89	87	80	57	93	35	93	24
2年	98	98	98	96	98	93	96	98	98	96	89	98	96	72	87	

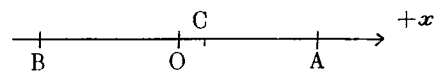
以上の結果からわかるように、通過率は、ラジアンに関する所を除けば、数学の時間に三角関数を十分に学習した2年生と比べて、さほど悪くはない。ラジアンに関する所の理解が悪いのは、三角関数の説明には、専ら、度を用い、この時点では、ラジアンについて、ちょっと触れただけであったためであろうと思われる。このテストの後、三角関数の直前で、ラジアンとラジアンを用いた三角関数のグラフの学習を1時間行なった。

抜きうちに行なった、このテストの実態から、一年生における三角関数の導入は、初めての試みとしては、まずまずの成績で、今後さらに改善すれば、授業形態としてとり入れることが可能であると考えられよう。

また、1学期末に、1年生、2年生に共通問題を10問（各7点）出題した。出題の内容は次のとおりである。

問題

1. 《単振動》 物体が右図のようにO点を
 中心とし、単振動をしている。振幅2.0



[m]、周期 5.0 [秒] である。

次の各点における物体の速度、加速度を求めよ。ただしB→Aの向きを正の向きとせよ。

- (1) A点 (2) B点 (3) C点 (OC = 0.40 [m])

2. 《円運動》 毎分 45 回転のレコードについて答えよ。
- (1) 角速度は何 $[\text{rad} / \text{s}]$ か。
 - (2) 中心から $5.0 [\text{cm}]$ の点の速さは何 $[\text{cm} / \text{s}^2]$ か。
 - (3) その点の加速度の大きさは何 $[\text{cm} / \text{s}^2]$ か。
3. 《放物運動》 地上の 1 点 0 から水平面より上向き角 30° 初速度 $40 [\text{m} / \text{s}]$ で小石を投げ上げた。
- (1) 小石が最高点に達するのは投げてから何秒の後か。
 - (2) 最高点の高さは地上 $[\text{m}]$ か。
 - (3) 水平到達距離は、何 $[\text{m}]$ か。
4. 《単振動》 物体が x 軸上を 振幅 $0.20 [\text{m}]$ 周期 $0.40 [\text{秒}]$ の単振動をしている。時刻 t における物体の速度を表わす式を作れ。ただし、時刻ゼロの時、原点にいて、初期位相はゼロとする。

上のような問題でテストをした結果、70 点満点で

1 年生平均点 47.9 点

2 年生平均点 45.1 点

となり、1 年生のほうが、2 年生を上回り、成績分布は、次ページのグラフのようになった。

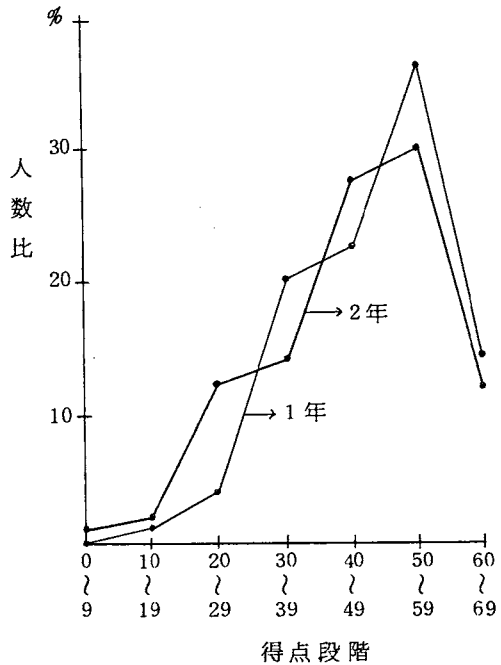
詳しい分析はできなかったが、1 年生のほうが 2 年生よりも、単振動の所で成績が悪いというような傾向はみられなかった。

全般的に 1 年生のほうが成績が良いという理由は、1 年生は入学したばかりで学習態度にも真剣さが見受けられ、学習意欲も旺盛であるが、2 年生になると文理の希望がややはっきりし、意欲のない者が出てくるためではないかと思われる。

とにかくテストの成績を見た限りでは、1 年生と 2 年生の差異はあまりなく、1 年生から物理の学習を行なうことについて、問題はなさそうである。

§ 5 本校の物理の学習計画

今までに述べた種々の点を考慮し、本校では物理を次ページのような計画に従って学習する予定である。学習計画表の中で、静電気を波動の先へもっていったのは、化学で、電氣的（極性など）な概念を必要とすることが多いためである。



注 70 点満点

§ 6 おわりに

学習計画表には記載していないが、3年間に実験を20種類前後行なう予定である。これだけの内容を消化するため、本校では、サブノート形式のプリントを配り、生徒は授業中、講義を聞きながら、プリントの穴うめをするようにしている。そして、問題演習は、主として、家庭学習に依存している。プリントは全部で200枚前後になるが、これは助手(山下)の印刷に負う所が大きい。

これだけの内容を、十分に理解させるためには、時間が不足するように思う。先般の学習指導要領の改訂で、内容は実質的には、同じか増加したように思うが、単位は1単位増加しただけである。また、物理、化学、生物、地学の単位数がすべて6単位となり、それがⅠ、Ⅱの3単位ずつに分割されたが、性格のちがう科目を同じ単位数とし、それを3単位ずつに分割しているのは、根拠が不明確で、物理Ⅰ、Ⅱ、あるいは物理、化学の関連を検討した現在、すべて同単位数とすべき必然性はいぜん疑問のままに残されている。

物 理 学 習 計 画 表

	1年(物理Ⅰ 2単位)	2年(物理Ⅰ 2単位)	3年(物理Ⅱ 3単位)
1 学 期	(1) 三角関数 (2) 運動と力 ア 物体の運動 速度・加速度 等加速度運動 平面運動の速度・加速度 速度・加速度の合成・分解 相対速度 落下運動 放物運動 円運動の速度・加速度 単振動の速度・加速度	(4) 電界 ア 電界 静電気 静電誘導 クーロンの法則 電界 電位 電界と電位の関係 導体 電気容量 誘電体の接質 コンデンサーの接続 コンデンサーのエネルギー 極板間に働く力	(1) 運動とエネルギー ア 固体にはたらく力のモーメント 力のモーメント 固体のつりあい イ 回転運動 中心力と面積速度 回転運動の方程式 角運動量保存の法則 回転運動のエネルギー (2) 電流 ア 電流と磁界 磁界 電流が作る磁界 電流が磁界から受ける力 電流計・電圧計
2 学 期	イ 運動の法則 作用・反作用の法則 質点にはたらく力のつりあい まさつ力 運動の第1法則 運動の第2法則 等加速度運動と力	(5) 電流 ア 電圧と電流 オームの法則 ジュール熱 キルヒホッフの法則 (6) 波動 ア 波動 単振動と波動	イ 電磁誘導 電磁誘導の法則 導体が磁界中を動くときの電磁誘導 相互誘導と自己誘導 ウ 交流と電気振動 交流回路 変圧器

	1年(物理Ⅰ 2単位)	2年(物理Ⅰ 2単位)	3年(物理Ⅱ 3単位)
2 学 期	放物運動と力 向心力 慣性力・遠心力 単振動と力 ウ 運動量 運動量と力積 運動量保存の法則 (3) エネルギー ア 力学的エネルギー 仕事 力学的エネルギー保存の 法則	横波と縦波 波の性質 波の重ね合わせの原理 ホイヘンスの原理 回折・干渉・反射・屈 折 イ 音波と発音体 音波の性質 ドップラー効果 発音体と共振 気柱の共鳴	共振回路 電磁波 電子工学 (3) 波動 ア 光波 光の反射・屈折 光の干渉・回折 光のドップラー効果 偏光 スペクトル 電磁波の性質と分類 (4) 原子と原子核 ア 原子の構造 光の粒子性 電子の波動性 原子模型 エネルギー準位
3 学 期	イ 気体の分子運動 ボイル・シャルルの法則 気体の分子運動 内部のエネルギー ウ 熱と仕事 熱と仕事の関係 エネルギー保存 可逆変化と不可逆変化 熱力学第2法則	(7) 原子と原子核 ア 電子と原子 電気素量 電気分解の法則 イ 原子の構造 粒子性、波動性 原子模型 エネルギー準位 ウ 原子核 放射能 半減期 原子核の反応 核エネルギー	イ 原子核 放射能 原子核の反応 核エネルギー 素粒子