

理科における学習困難点

中根一芳・戸莉 進・加藤十八・加藤貞夫・三橋一夫

中学校の部

I 理科における困難点の特異性

理科は典型的な内容教科であるから、その学習は常に現象と密接に結びつけられていなくてはならない。これは単に理科が構成される具体的事象に留まらず、事象より抽象された理論においても、さらにその問題解決の場への展開においても、最も大切なことであり、何等かの抽象を行った時、具体的事象の影が薄れること自体が問題である。

従って困難点の分析に当たっても、われわれが最も留意したのはこの点であって、具体的事象をこえた認識・態度などは、指導者の立場から全般的な傾向を把握する上には一応役立つとしても、それに偏向することは、事象の軽視ないしは否定に至るものであることを意識的に警戒してかかった。

II 研究方法

1. 新指導要領を中心に各分野（第一分野〔物理・化学〕、第二分野〔生物・地学〕）別に、われわれの経験を基礎にして、全員の討議により困難点を抽出し、一覧表を作成した。
2. このようにして作成された三枚の一覧表（第一分野物理・第一分野化学・第二分野）を本校高等学校一年生全員に渡し、各葉約2～3割を限度（別に困難を感じなかった場合にはこれより少なくともよいことにして）として、特に困難を感じたものに○、やや困難を感じたものに△を記入させ、○=2、△=1として、各困難点別に集計したものをヒストグラムに整理し、 $A \geq 71$, $41 \leq B \leq 70$, $C \leq 40$ とランク付けをした。結果は次の表に示すとおりであった。

ラ ン ク	A	B	C	計
第1分野 {物理 化学}	14(13.9) { 6(9.7) 8(20.5)	53(52.5) {30(48.3) 23(59.0)	34(33.6) {26(42.0) 8(20.5)	101
第2分野	11(22)	21(42)	18(36)	50
小 計	25	74	52	151

()内の数字は同一分野内における百分率を示す

3. 上記のようにして抽出されたAランクの困難点について、全員で討議を重ね考察を加えてみた。またこうした作業を通して、困難点の内容をいくつかの類型にまとめることも試みた。次の表は11の類型と、各類型に関係する困難点の頻度を示すものである。

類 型	記号	類 型	第1分野	第2分野	計
			A	対象の非親近性(特にこれが主要な原因と考えられる場合に限る)	1
B	数学的記載法への抵抗感	2	0	2	
C	概念の組合せの過程における抵抗	2	0	2	
D	概念のモデル構成の困難性	2	5	7	
E	概念の公準的性格(中学校理科でのとりあつかいでは)	6	2	8	
F	類似のなかの多様性	1	10	11	
G	分類観点が著しく抽象的である	1	7	8	
H	帰納的飛躍における抵抗感	4	1	5	
I	複合抽象概念の形成過程における抵抗感	2	0	2	
J	関連思考の困難(直線的思考からの脱却の困難性)	4	8	12	
K	抽象概念の理解とその現象への適用との間の断層	3	5	8	
合		計	28	44	72

区 分	事 項	困 難 点 の 内 容	類 型	考 察	
第 1 分 野 (物理)	(1)ア(㊦)	浮力	1. アルキメデスの原理の理解 2. 浮力の概念の把握	C J K	1. 小学校時代から条件反射的に構成されている水 1cc=1g からくる単位概念の混乱。 2. イ. 実験対象自体が概念置換によりある意味で既に抽象化されたものであること。 ロ. 抽象の重なり。 ハ. 年令的にやゝ無理な抽象化。
	(オ)	比重	1. 比重の概念の理解 2. 比重と密度の区別 3. 比重測定法の意味	I J F J C	} (上記4項目に同じ)
	(2)ア(ア)	力	力とはどんなものかということ自体	E	
	(ウ)	斜面	斜面における諸現象の力学的処理	K	力の合成分解の法則はわかっているが、実際場面にどう力を見出して応用してよいか戸惑う。
	ウ	仕事率	仕事率とその意味	B I	イ. 抽象の重なり。 ロ. 完全な抽象概念で、とっつきにくい。 ハ. 術語として使われる仕事と、日常語としてのそれとの内容的食い違い。 ニ. 単位の複雑さ。
	(3)イ(ア)	電磁誘導	1. 電磁誘導の概念の把握 2. 電磁誘導によって起る現象と電磁誘導とのつながり	D E D H	1. イ. 抽象の重なり。 ロ. 完全な抽象概念でとっつきにくい。 2. 一見関係のないものを関係づけなければならない。(さわらないのに作用があるということ)
第 1 分 野 (化学)	(1)キ(ア)	水の合成	水の合成から化合の概念を理解すること	A H	イ. 酸素と水素のようななじみのあまりないものの化合により、水のできることを例にとること自体無理がある。 ロ. たった1つの例を基にして、化合という新概念をおしつけようとすることに無理がある。
	(ウ)c	原子と分子	原子、分子の概念の形成	E	イ. 目に見えないものであること。 ロ. マクロの世界に適当な模型の実例が考えられない。
	(ウ)e	化学式	元素記号と指数を用いて物質を記載することの意味	B E	イ. 抽象の重なり。 ロ. 生れて初めての経験で戸惑ってしまう。 ハ. 文字の使用に馴れないこと。
	(1)イ(イ)	アルカリ	酸に比し、アルカリの性質が漠然としている	G H	イ. 印象的な実験がない。 ロ. 化学と生物の間の用語の不統一から、薬品名に対する不適応を起し易い。
	ウ(イ)	加水解離	酸とアルカリの中和で得た塩を水にとかして、酸性やアルカリ性を示すこと	E J H	イ. 原理の程度が高級である。

理科における学習困難点

第 2 分 野	(4)ウ(ア) b	イオン	イオン概念の形成	E	イ. 完全な抽象概念であること。 ロ. 原理の程度が高級である。
	(2)ウ(イ)	還元	金属酸化物の炭素や水素による還元現象とその意味の把握	H	理科的用語によく見られる明治調(漢語調)でなじみにくい。
	(2)	植物の分類	分類の観点がつかみにくい	A F G J K	イ. 用語が独特なのでなじみにくい。 ロ. 内容が複雑で、繁雑な感じを与える。 ハ. 分類の基礎が動物に比し抽象的である。 ニ. 動物にくらべ植物に対する関心が希薄で、印象に残る具体例がとぼしいこと。
	(4)ア	岩石	成因の理解 性質の理解	D E J A F G K	イ. こうしたことの理解は初めての経験であること。 ロ. 科学用語の明治調。 ハ. 内容が複雑で、繁雑な感じを与える。 ニ. 分類の観点が抽象的である。 ホ. 根本的には化学的に相当に程度の高い知識を必要とすること。 ヘ. 一見変わりばえしないものを分類しなくてはならない。 (上記6項目に同じ)
	イ	鉱物	種類と性質の繁雑さ	A F G J K	
	(1)エ(ア) b	前線	各種前線のできかたとそれらと天気との関係	D F G J K	イ. 目に見えない現象であるということ。 ロ. 立体感の構成の困難さ。 ハ. 立体の平面への投象。
	(3)エ(ウ) b	リンパ	リンパ液やリンパ管が実感を伴わない	A	イ. 普通では直接目に見ることがない。 ロ. 血液とちがって意識する機会も少ない。
	オ(イ) a	じん臓	構造とはたらきの理解	A	イ. ふだん意識する機会が少ない。 ロ. 構造が複雑で、機能もなかなかこみ入っている。
	キ(ア)	神経	中枢神経のはたらきの理解 末梢神経の所在とそのはたらきの理解(特に自律神経系)	D F G J A F G J	イ. 抽象の重なり。 ロ. 外部から目に見えないし、自律神経系などは特に実感がともなわない。 ハ. 拮抗作用とか内分泌腺とのつながりとか程度の高い原理を含む。 ニ. 用語に独特なかたさがある。 ホ. 機能が複雑に入りこんでいる。 ヘ. 日常意識する機会がすくない。
	(3)キ(カ)	ホルモン	ホルモンの多様性とそのはたらきの理解	E F	イ. 印象的な実験がおこないにくい。 ロ. 内分泌腺の種類が多く、その働きも複雑で繁雑な感じを与える。 ハ. 日常意識する機会が少ない。 ニ. 欧名の慣用。
	(3)ア(イ) b	時間	太陽時, 太陽日, 地方時などの区別 標準時の意味の理解	D F J K J	イ. 立体感の構成の困難さ。 ロ. 立体的相対的運動の複雑さ。
	(4)イ(ウ) a	人造繊維と合成繊維	製法の理解	D F	イ. 初めての経験。 ロ. 製法が複雑で、繁雑な感じを与える。 ハ. 欧名の慣用。
ウ	エネルギー資源	エネルギー概念自体の把握	F G H	イ. 抽象の重なり。 ロ. 生れて初めての経験。	

高等学校物理の部

I 学習困難点の抽出

高校物理における学習困難点の抽出に当っては、次のような範囲、方法で行った。

(1) 抽出に当っては、全く経験的、体験的に新指導要領の項目から抽出した。(2) 指導要領の項目それ自体の基礎的な事項に主眼をおいた。(3) 困難点の内容は、知識理解の面に重点をおいて考察した。

したがって、学習困難点が果して客観性をもつかどうか、基礎事項に比べて、応用面に非常に多くの困難点をもっていること、実験、技術、態度にも多くの困難点を有していることなど、かなりの問題は残っているはずである。

II 学習困難点の類型化の試み

一つ一つの事象、項目に対する困難点が、共通に存在しているという可能性をもっていると考えられる。この共通な困難点を、高校物理について、次のA, B……Lの12に類型化してみた。

比較的基礎的な事項に対する困難点	A. 抽象概念の把握………(概念形成が非常に困難) B. 基礎概念の把握………(定義の概念が受けとり難いものも含む) C. 単位概念の混乱……… D. 科学的な厳密性の不足………(日常不慣れなもの、普通概念と異なるものも含む) E. 科学的な必然性に対する思考力の不足………(それ自体の現象の難しいものも含む) F. 事象を多角的にみる能力の不足………
比較的応用的な、現象的な事項を解明することに対する困難点	G. 機械的な習性による悪い影響………(公式の乱用など) H. 現象の複雑化に対する不適応……… I. 経験と練習の不足………(練習を積むことによって解決されるものなど) J. 高次元からの解釈………(高度な原理から考えれば理解可能なものなど) K. 現象の分析的な取り扱い……… L. 基礎事項からの積み上げ………(基礎事項を総合的に使う能力など)

区分	事 項	困 難 点 の 内 容	類 型	考 察
I 力 学	力	1. 力の概念	A	1. 日常習慣的な概念と科学的に抽象化された概念とが混乱する。 2.3. 自然現象を正確に、厳密に科学的にみる能力に欠けている。重さとか抗力を正確に理解できない。
		2. 重さが力の一種であること	D	
		3. 抗力の概念とその存在		
	作用と反作用	1. 反作用がいつどんなときでもおこる	E	1. 作用があれば、必ず反作用の力を生ずるという論理的な必然性を実際の現象から類推することの過程が非常に困難である。 2. 反作用の力が存在しなければならないという経験的な法則について、よく考える態度に欠けている。
		2. 反作用を誤認すること	E	
	まさつ	1. まさつと垂直抗力の関係 2. 問題解決における困難	H	1. まさつ力が、まさつ係数と面の垂直抗力とで決まることがよく理解できない。 2. 事象が複雑化すると、問題を解く考え方において非常に大きく混乱する。
力のモーメント	1. モーメントの概念	B	1. 相乗積を一つの概念として考えることの困難。 2. 現象を成り立たす本質が何であるかの原因を理解することが困難。	
	2. 回転現象の効果がモーメントに関係する	D		

理科における学習困難点

剛体のつり合い	1. 力のつり合いと、モーメントのつり合いで剛体のつり合いが成り立つこと	E	1. 物体が静止しているという自然現象を分析的に考える科学的な思考に欠ける。
圧力	2. 問題解決における困難 1. 力と混同しやすい 2. 単位が多種類である	E B C	2. モーメントのつり合いを条件に入れることを忘れてしまう。つり合いの条件を厳密に理解していない。 1. 圧力と、力の厳密な区分を怠って安易に考えてしまう。 2. 圧力の単位の決め方が多いため、その各々の定義を忘れてしまう。
浮力	3. 単位の換算 4. 単位の違いにより、使用場面の相違 1. 浮力の概念とその使用	C C D	3.4. 相互の単位を換算して使用すり能力に欠ける。 1. 流体中における力については固体に単純に働く力と同じように考えることができない。
加速度	1. 概念の把握 2. ベクトル的な理解 3. 等加速度と、一般加速度との混同 4. 速度概念との混同 5. 加速度と速度の関係	A A B B G A J E	2. 直接的な力でないために理解が難しい。 1. イ. 感覚的に概念を把握することが難しい。 ロ. 概念を模型として考えることができない。完全な抽象概念として取り扱わなければならない。 2. 大きさと向きを同時に把握するところが困難。 3. 等加速度を普通に扱うための習慣から、一般加速度まで等加速度として扱ってしまう。 4. 運動を速度（速さ）として考え、加速度を速度概念として受けとってしまう。 5. イ. 微分、積分の概念を理解するのに困難。 ロ. 加速度運動から速度変化を推測する思考力の困難。
落体・放体	1. 投げ上げたとき、投げ下げたときの運動 2. 任意の方向に投げたときの運動	E H I K	ハ. 速度変化から加速度を推測することが困難。 1. 等加速度運動の基礎的な理解をもって応用場面に移行させるといふところに困難がある。 2. 運動を分析的に考えていく思考がむづかしい。
慣性	1. 概念の理解 2. それ自体の存在の認識	D A E	1. 経験的な事象と相違するよう見受けられる。 2. 自然現象の複雑な現象を、単純化して慣性の概念を認識しなければならない。
運動の法則	1. 力と加速度の関係 2. 質量と加速度の関係 3. 単位の理解 4. 運動方程式として実際場面への適用	E I C F J	1. 加速度が力によって生じること、力と加速度が直接的に関係をもっていることへの理解。 3. 力の単位を C.G.S. 系で用いなければならない理由を忘れてしまう。このために単位の混乱を来す。 4. イ. 運動法則として理解しても、運動方程式として理解することが困難。 ロ. 運動の状態を解明するには、加速度を知ることが必要であることへの認識が不足している。
質量と重力	1. 概念の混乱 2. 単位の混乱	D A F	1. イ. 日常慣用の誤った認識が混乱のもとをなしている。 ロ. 質量自体の抽象的な概念を理解することが困難。 2. 質量の測定を重力を用いて間接的に測ることによる混乱。

Ⅱ 熱	運動量保存の法測	1. 運動量の概念 2. 運動量保存の成立する場面	A B E	1.イ. 現象, 模型としてとらえにくい。相乗積を一つ の概念として考えることの困難。 ロ. 運動量のベクトルとしての理解を忘れてい ること。 2. 力学的エネルギーの保存則が成り立つかどう か。このとき運動量の保存が成り立つかどう か。それらの関係を理解することが困難である。	
	遠心力	1. 慣性力を考える必然性 2. 慣性力の概念 3. 仮想力としての認識 4. 実際場面への適用	E T A D F B E	1. 運動系を静止系として考える座標変換の困難さ。 2.イ. 概念形成の極端な困難さ。 ロ. 日常慣用語として誤った理解を持っている。 3. 自然現象を異った角度からみる洞察力, 思考力の 欠如。 4. 実際場面に適用する場合, 静止系の力と, 運動系 の力を混乱させてしまう恐れがある。	
	仕事	1. 単位の混乱 2. 仕事率との関係 3. エネルギーとの関係	D C	1.イ. 日常慣用語と物理的意味の相異。 ロ. C.G.S.と工学単位との関係理解が不完全。	
	熱膨脹率	1. 定義の理解 2. 液体の膨脹	B B H H	1.イ. 膨脹率が小さいために, 実際的な概念として受 けとるのが困難。 ロ. 膨脹率の定義そのものがやや難解。 2.イ. 液体だけの膨脹として考えられなくて, 必ず容 器とともに見掛けの膨脹を考慮して行かねばなら ない。 ロ. 問題解決にあたり, 事象の複雑さと, 計算の複 雑さがある。	
	ボイル・シャルルの法則	1. 問題解決への適用 2. 化学の基礎知識との 関連	H I G K L	1.イ. 温度, 圧力が同時に変化するときの複雑さに思 考力が及ばない。 ロ. 機械的に法則として覚え, 変化した現象への適 用ができない。 2. モル, 標準状態などの化学的知識の欠如。	
	熱と仕事	1. 熱エネルギーが力学的 エネルギーに変換する 2. 熱の仕事当量	B C	1. 熱が仕事に変換するということが実感として理解 しにくい。 2. 1cal が 4.18 joule に相当するという単位概念が 判っきりしない。	
	気体の分子運動	1. 気体の圧力 2. 気体の温度	K L	定性的な理解は比較的よいが, 定量的な考え方, 計 算が困難。	
	Ⅲ 波動	1. 干渉 2. 回折	K	1. 波源からの波が独立に伝搬し, 各部分で干渉を起 すという考え方が, かなり抽象的である。 2. 回折そのものの現象的理解がしにくい。	
	Ⅳ 音	トップラ 効果	1. 振動数が変わるとい うこと	E K H F	1.イ. 音源, 観測者の動きによって, その間における 波長の変化, それによる振動数の変化を考える過 程がかなり理解困難である。 ロ. 波数, 波長の変化として考えられることが振動 数の変化として測定されること。

理科における学習困難点

V 光	2. トップラー効果の成り立つ理論的な過程	F	2.イ. 以上の理解を数式として変換する過程の困難さ。 ロ. 高度な現象を理解する思考力の欠如。
	光波	E K	干渉縞, 回析格子などの現象で, 回析, 干渉の原理から, それを理解していく過程の困難さ。
	屈折の法則	E	全反射の起る臨界条件が屈折の法則によって起こるとまたそうである必然性の理解。
	像の成立	G	1.2.イ. 作図が機械的に行われる傾向があり, 像本来の意味をよく認識しない。
		K	ロ. このため一般光線の進路について理解できない。
		B K I	ハ. 虚像の理解が十分でないため, 虚像における光線の進路と, 像との関係が理解されにくい。
	鏡・レンズの組み合わせ	F	1. 像が次のレンズ(鏡)に対して物体と同じ効果をもっていることへの理解がむづかしい。
		H E K	2.イ. 鏡, レンズの後方に像がきたとき, これを物体として次の作図をする場合の考え方の困難さ。
	望遠鏡	B	ロ. a, b, f の+, -の符号の使い方を誤り易い。
		F	望遠鏡の倍率が真の倍率でなく, 視角の倍率で表わしていることを忘れている。
照度	G	イ. 距離の2乗に反比例するというを機械的に覚えてしまっている。	
	B	ロ. 照度が光の当る面積に反比例するという原理的な面を忘れ易い。	
VI 電 磁 気	電界・磁界	B	1. 電界, 磁界のように空間にある作用を考え, それに数値を与えるような所謂場の概念を理解することの困難さ。
		B	2.3.イ. 単位の定義自体の理解のしにくいこと。
		C	ロ. 日常経験されない, 不慣れた単位であること。
		C I	ハ. 電気量, 電界の強さ, 電位など単位名の類似性による混乱。
		C	ニ. 短期間に数種の単位を連続的に履習しなければならない。
	コンデンサー	B	1. 蓄えられた電気量の定義が常識と異っている。
		B	2. 上の定義から, 直列の場合の電気量に奇異な念をもつ。
		C	3. F, uF, C, G, S 単位など電気容量の単位の混乱はひどい。
	電位差	B	1. 電位概念をポテンシャルとして考えることは極めて困難。
		B	2.イ. 定義としての単位差の概念と, 実用的な電圧概念とが直接結びつかない。
	C	ロ. C, G, S. と実用単位の混乱。	
電池と起電力	B	1. 起電力が, 電流を流さないときの電圧であるという理解が非常に抽象的である。	
	H	2. 端子電圧が, 電流の使い方が変わることに奇異な感じをもつ。	
直流回路	B F	1. オームの法則を $i = \frac{V}{R}$ としか考えない。法則を異った面で考える能力に不足している。	

VII 物質の構造	電流が磁界によって受ける力	2. 並列になっているところの電圧は等しい	H K	2. 複雑な回路を分析的に解明する能力に欠ける。	
		3. キルヒホッフの法則を誤って使う	G I	3. キルヒホッフの法則を機械的に使い、計算その他で誤りを犯しやすい。	
		4. コンデンサーを含む回路	B K	4. コンデンサーの機能と回路を分析的に数えることが同時には困難であり、思考力が混乱してしまう。	
		5. 回路中の電位の分布	I	5. 回路中の電位の変化を順序よく考えていくことがかなり困難。	
		1. 大きさ、向きの理解	B C E HK	イ. フレミングの左手と右手の法則の作用上の混乱。 ロ. 実用単位と、電磁単位との関係が難しい。	
	電流計 電圧計	その構造とはたらき		E K	ハ. コイル、直線電流、誘導起電力などが関連しているときの実際場面において適用することが困難。 イ. 電流を測定するため、電圧を測定するための必然的な条件によって構造が決定されること。使用条件をよく考えない。 ロ. 基礎的な知識の総合として機能を十分理解する態度が不足している。
		電磁誘導	1. 誘導起電力の大きさと向き	B E	1. イ. 電磁誘導の現象に奇異な感をもつ。 ロ. 誘導起電力の大きさを定量的に数式で取り扱うことの困難。
	2. 発電機による電流の様子		K	2. 発電機によっておこる電流の大きさ、位相などを分析的に考える思考力はかなり高度である。	
	インダクタンス	1. インダクタンスの概念	E	1. イ. ことば自体の不慣れ。 ロ. コイルにインダクタンスを生じる機構の理解が難しい。	
		2. インダクタンスの影響	E	2. インダクタンスが一種の抵抗となり、位相にずれを与えることの理解がかなり高度な思考力を要すること。	
交流	1. 三相交流	H K	1. 機構の複雑なものを分析的に理解することが相当に困難である。		
	2. 交流回路	H	2. 直流回路に比べて交流回路の複雑なこと。		
	3. コイルの作用	B	3. コイルのインダクタンスの影響を考えることはかなり困難。		
	4. コンデンサーの作用	B	4. コンデンサー回路に電流が流れることの理解が困難、その構造と交流の特徴を合せて考えなければならないこと。		
	5. インピーダンス	B L	5. イ. インピーダンスの概念が理解できにくい。 ロ. ことばに慣れない。 ハ. 振動の基礎事項との関連が必要である。		
電磁波	1. 電流の発生	B	1. 電磁波が、電界、磁界の伝搬であること。		
	2. 電波の実態の把握	B	2. その実態が現象としてのみとらえることができ、模形化して考えることがかなり難しい。		
電子	1. e/m の測定	E L F	1. イ. 力学、電磁気の基礎事項の総合として考えなければならない。 ロ. 力学的な考えを電気現象に適用することに慣れない。		
	2. 真空管のはたらき	HK L	2. 真空管回路における各部品の役割を、基礎的な原理から理解するにはかなり分析的な能力が必要。		

高等学校化学の部

I 化学における困難点の特異性

まず化学が、高校理科の一教科であるという意味において、すでに中学理科の項でその冒頭に述べたことは、やはりそのまま、この場合にも成り立つが、重複をさける意味で、ここでは省略する。

つぎは困難点の立場からも、高校化学が中学理科には見られなかった二つの特殊性をもつことを指摘しておきたい。その第一は、中学理科においては全般的にもほとんどそうであるが、とくに化学的教材においては、全く定性的取扱いしか要求されなかったのに対し、高校の化学においては程度の差はいろいろあるとしても、全般的に定量的取扱いが中心になっていることである。この意味において、理解の面でもより掘り下げた場面において、適確な把握が要求されると同時に、その応用の面においては、その基礎となる知識が単なる知識の程度では、どうにもならぬほどになっていることである。

第二には中学においては各項目がほとんど孤立した単独の知識理解の程度にしか要求されていなかったのに対し、高校の化学においては、数学におけると同様の論理的体系の積み上げとして全体が編成されていることである。したがってその積み上げの過程の、より基礎的な場面における理解・応用力等の不十分さは、その上に積み上げられる総ての場合に大きな欠陥となって潜在することになる。

以上二点を十分心得て学習を進めなかった場合には、意外に大きなフラストレーションに遭遇することになることは、根本的な困難として特に強調しておきたい。

II 研究方法

この研究は、筆者の15年ばかりの経験を基礎に、特に最近の数年間『高校化学の効果的実験指導の方法』の研究を行って来ている関係上、毎学期の中間・期末テストは勿論、このほか年6回の学力テストおよび毎学年始めに行う標準学力テストの結果などを毎回分析し、蓄積して来たものを客観的資料として生徒の学習困難点を抽出し、この内容の類型化も試み、かつその解決の対策ないしは考察を試みたものを大体指導要領の配列に基づいてまとめ上げたのが別表である。

考察はその効果の確認の試みは行っていないが、困難克服の方法を発見するため一つの仮説ともいうものであり、類型もまたその別の形式による表現といえる。

いつれにしても、これが一つの契機となり、従来ともすれば習慣的あるいは教師の独善的な形をとり勝ちであった化学の指導方法を、より効果的なものにしてゆくよう積極的な研究が行われる機運が醸成されれば幸である。なお困難点の類型とその頻度は次のとおりである。

記号	困難点の類型	理論	無機	有機	計
A	対象の非親近性（特に主要な原因と考えられる場合に限る）	6	5	4	15
B	数学的記載法への抵抗感	4	0	0	4
C	概念の組合せの過程における抵抗	8	0	0	8
D	概念のモデル構成の困難	17	3	9	29
E ₁	概念の超日常的きびしさ	12	1	1	14
E ₂	概念の規約的性格	4	0	2	6
E ₃	概念の非静的性格	6	4	0	10
E ₄	概念の相対的性格	4	0	0	4
E ₅	概念の公準的性格	5	0	1	6
F ₁	類似の中の多様性	4	8	1	13
F ₂	相違の中の統一性	4	6	9	19
G	分類観点の抽象性	3	3	0	6
H	帰納的飛躍における抵抗	8	1	0	9
I	複合抽象概念形成過程における抵抗	13	0	0	13
J	関連的思考の困難	19	8	2	29

一 般 研 究

K ₁	抽象概念の理解と、その現象への適用の間の断層	1. 現象における条件発見の過程での抵抗 2. 現象における条件確認の過程での抵抗 3. 条件の数量化の過程での抵抗 4. 条件の数量化の過程での錯覚 5. 数式の数学的処理の過程での抵抗	5	2	4	11
K ₂			16	3	0	19
K ₃			5	0	0	5
K ₄			2	0	0	2
K ₅			1	0	0	1
合 計			146	44	33	223

III 総 合 的 問 題

以上の研究過程において、別表の中に、はっきりとは盛りこむことのできない、いくつかの根本的問題点が浮び上がって来ているので、次にその主なものをあげておきたい。勿論これは非常に大きな問題であるから、その解決は全くこれからの研究にまつ外はない。

- (1) 術語を正しく、この本来の意味で把握しようとするせず安直な我流の解釈を行い、舌足らずに使用する傾向が相当に強い。
- (2) 刺戟に対する反応が、ひろがりや関連を持たぬ独立の点のごときものであり、その点以外に伸びることを知らないタイプの一群の生徒がいる。これらの生徒にあっては、勉強とは畢竟条件反射の構成としてしか考えられていない。
- (3) 思考が面のひろがりを持たず、リニアであり、従ってある段階までゆくと、もつれた糸のような状態になってしまい、本質的な体系的なつながりと、そうでないものとの区別が判然とせず、錯乱状態に陥るものが少ない。
- (4) 現象や公式を、与えられた形の正面から応用することには相当の力を示すが、これを与えられた形の側面ないしは裏面から応用しなければならないような場面に対しては、極めてもろいタイプが少なくない。

(別 表)

区 分	事 項	困 難 点 の 内 容	類 型	考 察
物質	溶解度	1. %との混同	E ₂	1. イ. 基準の溶媒 100 g を溶液 100 g と錯覚することが多い。 ロ. 溶解度より濃度の算出、およびその逆算の過程の意味の把握不十分。
		2. 溶媒量を 100 g 以外にした場合の計算	K ₂	2. 定義の条件の一般化を考えることの困難。
	ヘンリーの法則	1. 二様性（体積では一定、質量では比例）	J	1. イ. 根底にボイルの法則が在ることを忘れやすい。 ロ. 体積は密度に反比例し、質量は密度に比例することの把握不十分。
	純物質	1. 純なる概念の相対性	E ₄	1. イ. 試薬はいずれも純度 100% という単純な先入主が強い。 ロ. 実験の精度と、それに必要な試薬の必要にして十分な純度が、判断しにくい。
		2. 二重点または三重点における純物質の理解	E ₁	2. イ. 純物質は一様連続との潜在観念が強い。 ロ. 相は物理的概念であり純不純は化学的概念であることへの理解が困難。
	混合物	均一混合物の認識	E ₁	イ. 日常生活では均一なものは純粋との考え方をしている場合が多いことに影響される。
物質を構成する粒子	単体と元素	単体は実在する物質で、元素は物質種である	I	イ. 中学での単体と元素の同義的取り扱いに影響されることが多い。
	原子	1. 大きさの概念	A	1. イ. 原子が超経験的存在であること。

理科における学習困難点

化学式と 化学式量	組成式	2. 原子核の異常に大きな比重 $\frac{Aの組成値}{Aの原子量} : \frac{Bの組成値}{Bの原子量}$ = Aの原子数 : Bの原子数	AD	ロ. 微小なものであると、定性的な表現をしたのみでは各自の経験した最小のスケールを潜在的に連想するため、大きな個人差を生じる。 2. イ. 100万 t/cc というような密度は全く、われわれの想像を絶したものであるために、概念がぼけてしまう。
	分子式	分子式の意味することから	CDI J	イ. 第一に各成分の組成を原子量でわった数値の意味するものが、つかみにくい。 ロ. このつかみにくいものどうしの比をとると、原子数比になると言われては、暗記する外にはないと考えてしまいやすい。
	当量	当量とは化学反応相当量であること	CDI J	イ. 実体的な分子に関係があるはずと思われるのに、これを算出するのに使用する数値は、組成にしても原子量にしても全く相対する数値であるので関係が希薄化する。 ロ. 少し複雑な分子になると、その概念のモデルを考えることが、むつかしくなる。
	グラム分子	分子量と実体を関係づける概念であること	ACD J	イ. 化学反応が行われる物質間の質量比が一定であること自体不思議に感じられる。 ロ. この不思議なものの相互の量的比較というようなものが、そのまま判るとすれば、余程どうかしている。
	グラム原子	原子量と実体を関係づける概念であること	ACD J	イ. 根本的には分子式の問題が確実に把握されていないことによる。 ロ. 分子量に質量単位をつけたりした単位が、同一物質では質量関係と分子数関係を、異物質については分子数関係のみを表わすという差異の起る理由がつかめない。
気体	分子論	アヴォガドロの主業績であること	ACD J	イ. 分子量を分子式と結びつけて分析的に考察することにより、原子量が求まるのであるから、以上の概念が確実に把握されていなければ、完全に処置なしである。 ロ. 種々の化合物の分子量を組成比に配分した数値の、同一元素についての G.C.M. が何故原子量になるかがつかめない。 ハ. 原子量が分子量と結びつけなければ、グラム原子の概念は完全に実体との結びつきを失ってしまう。 ニ. 原子量に質量単位をつけたりする単位が、同一原子については質量関係と原子数関係を、異原子については原子数関係のみを表わすという差異の起る理由がつかめない。
			H	イ. ほとんど総ての教科書の扱い方がアヴォガドロについては、科学史の事実とは完全には一致していないアヴォガドロの法則の発見者としての紹介に留めているために、分子概念の基礎が不明確になっている。

溶液	アヴォガドロの法則	1. 分子量との関係 2. 分子量の求め方との関係	C D	1. アヴォガドロが分子という概念を想定したうえで、どのようにしてアヴォガドロの法則に思い当たったかは、同時的には理解することが相当困難。 2. 基礎的な分子量の求め方の三つばかりは何れも、その根本原理はアヴォガドロの法則によっていることを確かめる努力を回避して、暗記してしまう傾向がある。
	溶液の濃度	mol/lとNの違い フアントホッフの法則	J K ₄ I K ₂	イ. 抽象の重なりによって定義される単位の相互比較であること。 イ. 浸透圧なる概念の不徹底。 ロ. 濃度の逆数としての希釈度の観念的把握の困難。
化学変化	化学変化	なぜ起るか	J K ₁	イ. 外見的には反応は同時に生起するように見えるが、少し複雑なものには必ず原因的部分と結果的部分があることが、実感としてつかみにくい。 ロ. 反応生起の原因には、いろいろのタイプがあるので具体的には、それらのうちのどれによるかを判定するのに迷い易い。
	化学反応式	1. 項のもつ定量的な多面の意味 2. 質量と気体の体積の比例関係 3. 当量単位で追求して、複雑な反応の問題を簡単に解くこと	C D I J K ₂ K ₃ I K ₂ C J K ₃	1. イ. 中学で化学式を物質の略記号的に教えるのは考えものである。 ロ. 反応式の左辺と右辺を等号でなく矢印で結ぶ形式をとる教科書が多いため、反応式に多くの定量的意味が含まれていることが、実感としては希薄化しやすい。 2. イ. 気体の体積なる概念の不確かさ。 ロ. 気体の体積が条件により大きくも小さくもなり、固定した観念として把えにくい。 3. イ. 当量なる概念の不徹底。 ロ. 質量や濃度の数値から当量を誘導する方法の把握の不十分さ。 ハ. 当量というと、1g当量以上の整数値でしか考えられぬものが少ない。
	ヘスの法則	意味	D E ₃ H	イ. エネルギーなる概念の不徹底。 ロ. 反応式自体の定量的意味の把握の不十分さ。
反応速度と化学平衡	反応速度	1. どんな反応にも考えられること 2. 速度=量/時間 であること 3. 速度を変化させる要因は二群に分けられること	E ₄ I I F ₁ F ₂ K ₂	1. イ. 反応速度は原子の組合わせの成立する確率の問題であることを理解しにくい。 ロ. 化学平衡の前提的取扱いをしている教科書が多いため、可逆反応にしか反応速度は考えられぬ、との誤った観念を持つ者がある。 2. 物理での速度=長さ/時間の観念の過度の定着。 3. イ. 文字式への不適応。 ロ. 濃度は圧力を変えても、定数は変わらぬことの把握の不十分さ。

理科における学習困難点

酸・塩基 ・塩	化学平衡	1. 可逆反応に限ること	E ₁ E ₂ E ₃ E ₄	1. 化学反応式の過度の定着から、反応式で示された左辺の物質は、どんな場合にも完全に反応して、右辺の物質になってしまうものとの固定観念が除かれにくい。
		2. 平衡は動的つり合いであること	B E ₁ E ₄	2.イ. いくつかの項が互に作用し合って、それらの積の函数として決る定数なる概念が何を意味するか、つかみにくくなること。 ロ. 反応式の一つの項の変化が全体の項の量を変化させるしくみが、考えているうちに混乱してしまう。
		3. ル・シャテリエの原理の総合把握	E ₃ F ₁ F ₂ J K ₂	3.イ. 平衡移動は平衡の未成立から成立への問題ではなく、すでに成立している平衡を破ったとき、改めて平衡が成立する過程の問題であることが十分わきまえられていない。 ロ. 平衡を破る原因の種類も多く、その結果もそれぞれに応じて生成的になったり、分解的になったりするため、その底に流れる抽象的統一性が把握しにくい。
	酸	1. 酸の概念 2. 酸の各種の分類の意味 3. 酸と金属との反応、特に水素を発生するのは卑金属に限ること	E ₁ G J E ₁ H K ₂	1. 酸はすいと素朴な概念が容易にぬけない。 2. 中学時代の実験経験が乏しいと、大きな障害になる。 3.イ. 中学時代の「亜鉛+希硫酸=水素+硫酸亜鉛」の条件反射の構成が固着している。 ロ. 貴金属と卑金属の限界は、目には見えぬエネルギー的差異であるため、漠然としたものになりやすい。
	塩基	塩基とアルカリの違い	E ₁ E ₂	中学の教材の塩基はアルカリばかりであるため、「塩基=アルカリ」と考えられがちである。
	塩	1. 塩の種々の分類と多様な性格 2. 塩の形成法	G J K J K	1. 酸・塩基の概念の不確かさ。 2. 酸・塩基の性格の不徹底。
	中和	中和点と当量点の違い	E ₁ F ₁ J	イ. 中和は電離度に支配されるが、当量はそれとは無関係であることが判りにくい。 ロ. 実際の滴定においては、指示薬の使い分けにより、「中和=当量点」と考えてよいようにしているための混乱。
	水素イオン濃度	1. pHの必要性 2. pHの範囲は0~14に限らないこと	B E ₂ K ₂ K ₃ K ₅ A B	1.イ. 水素イオン濃度の方が観念的にはわかりよ いのに、これをもとにしてわざわざつかみに くいpHなどの概念を導く理由が判然としな い。 ロ. [H ⁺]の対数でさえ判りにくくなるのに [H ⁺]の逆数の対数などでpHが定義され ている。 2.イ. 多くの教科書や参考書が実用的範囲の意味 で0~14の間くらいしかあげていないこと。 ロ. 少し面倒な概念になると、実例と結びつけ て基準総数を明確にする努力を、回避する傾向 があること。

電解と電池	ファラデーの法則	3. $[H^+][OH^-]=10^{-14}$ と、 $pH+pOH=14$ の混同	B H K ₂	3.イ. 基本的な方程式と、そのグラフの間の関係が可逆的に把握されていない。 ロ. 抽象概念の合成関数について考えなければならないこと。
		1. 第1, 第2則とも、一定形式と比例形式の二様に表現できること 2. 第2則の基準は必ずしも銀でなくともよいこと	D H I K ₂	1.2.イ. 法則などはそのままを鵜呑みにする傾向があること。 ロ. $1 \text{ クーロン} = 1 \text{ A} \cdot \text{sec}$ $\therefore 1 \text{ A} = 1 \text{ クーロン/sec}$ なることが、可逆的に把握されていない。 ハ. 問題解決の場でどこまでが第1則に基づき、どこまでが第2則に基づいているかを、十分認識せぬため、両者の間の混乱を起しやすい。
	イオン化傾向	1. 周期表との関係が、はっきりしない 2. 貴金属の意味 3. 酸と卑金属の反応と、塩と金属の反応の同一性	E ₃ H I J K ₂	1.イ. 一見、周期表とは無関係な配例。 ロ. イオン化傾向を電子放出性の強弱の順の系列として把握できにくい。 2.イ. 卑金属との限界の抽象性。 ロ. いくつあるかが不明確になりやすい。 3.イ. 酸と塩とは別物との固定観念が強い。 ロ. 酸化、還元の見え方が素朴すぎる。
	電池の原理	電池の原理	D	具体的な電池のことを考えすぎて、電池とは何かという概念把握がおろそかになり易い。
酸化と還元	酸化・還元	広義の酸化還元の理解	E ₁ K ₁	イ. 酸化、還元を、歴史的な発展の各段階をあげていろいろな定義をしすぎるための混乱。 ロ. 酸化、還元は互に逆の現象であると同時に、また相伴って起る変化であるための混乱。
	酸化剤・還元剤	当量	E ₃ I K ₂ K ₃	イ. 反応の結果酸化剤は還元され、還元剤は酸化されるため両者が混線する。 ロ. 同一物質でも場合により、酸化剤となったり還元剤となったりするものがある。 ハ. 同一物質でも場合により、当量に差が生ずることがある。
周期率	原子構造	1. 飛躍充填と反転充填 2. 核外電子配置	A D J E ₅ F ₂ G K ₂ K ₃	1.イ. なぜこのような現象が起るかわかりにくい。 ロ. イオン化する時は充填順位の逆でゆくと考えがちである。 2.イ. 一見規則的でありそうで複雑な配置がつかみにくい。 ロ. 電子配置など知っていて何の役に立つのかという懷疑。
	周期律	周期律と原子価の関係	E ₅ I J K ₂ K ₄	イ. 実に雑多な原子価のどこに規則性があるのか。 ロ. 原子構造との関係がはっきりしないため、原子価の限界値が見当つかない。
化学結合	イオン結合	1. イオン形成の要因	E ₅	1.イ. 何故陽イオンになる原子や陰イオンになる原子があるのか。

理科における学習困難点

おもな元素と、その化合物	共有結合	2. イオン化合物に分子はないこと 共有化合物には性格の対蹠的な二群のあること	D F ₂ K ₂ D F ₂ K ₂	ロ. 1 価のイオンより 2 価のイオンの方が、できにくいのは何故か。 2. 中学で、すべての物質は分子より成ると教えることは考えものである。 (同上)
	配位結合 金属結合	不對電子対 1. 等極結合と、本質的に同じであること 2. 金属とは何か	D E ₅ D J E ₁	はじめての概念であること。 1. モデル構成の困難さ。 2. 中学以前における「金属は光ったもの」との誤った概念の影響は、極めて大きい。
	化学結合	すべての要因は S ² P ⁶ 型をとる点にあること	E ₄ E ₅	イオン結合以外は、単純な S ² P ⁶ 型ではないために、その解釈がむづかしい。
	C, Si	1. ガラス構造 2. ガラス・セメントの一般概念	D E ₁	1. モデル構成の困難。 2. 中学での用語の使用に注意したい。
	N, P	1. アンモニア合成の条件 2. 濃硝酸と希硝酸の違い	J K ₂ E ₃ F ₁ G	1. イ. なぜ高圧にしなければならないか。 ロ. なぜ低温にも高温にもしないのか。 ハ. 触媒は何故使わなくてはならないのか。 2. イ. 水が入っても、硝酸は硝酸ではないかとの考えが抜けない。 ロ. 水さえなければ、塩酸などを加えても、濃硝酸は濃硝酸だとの考え方も強い。 親近性のないこと。
	S	3. 燐酸塩の水溶性 1. 濃硫酸と希硫酸の違い 2. 硝酸と硫酸の違い	A E ₃ F ₁ G G J	1. 水が入っても、硫酸は硫酸だとの観念が抜けない。 2. 中学での実験経験の乏しさは、大きな抵抗になる。
	ハロゲン	1. ハロゲン元素の反応性	A F ₁ F ₂	1. イ. 反応的には色によって識別するため、実体と名称との混線が起りやすい。 ロ. 金属の反応性とは逆の考え方であるための混線。
	Na, K	2. ハロゲン化銀の特性類似と相異	J F ₁ F ₂	2. 反応形式の複雑さ。 一見異なった具体的現象からの抽象のむづかしさ。
	Mg, Ca	類似と相異	F ₁ F ₂ J	(同上)
	Al, Pb, Zn	両性	E ₃ J K ₁	酸・塩基の概念の不確かさ。
	Cr, Mn	1. 種々の原子価の化合物	A D F ₂ K ₂	1. イ. 構造の複雑さにおしげをなして、本質の究明を回避する傾向がある。 ロ. 種類の多さから、統一性を発見しようとする努力を回避する傾向がある。
	Fe	2. 高原子価酸素酸塩の酸化剤としての特性 鉄錯イオン特性と Fe ^{II} , Fe ^{III} の差異	A D F ₁ F ₂ J	2. 構造の複雑さに基づく本質究明の努力回避。 構造の複雑さにおしげをなして、性質と構造の関係の追求を回避する。
Cu, Ag	類似と相異	F ₁ F ₂	抽象のむづかしさ。	

有機化合物	Zn 金属イオン	Sn との対比において、鉄に対する電気化学的特性 陽イオン分析の族の区別	E ₃ A F ₁ H J K ₁ K ₂	イ. イオン化傾向の把握不十分。 ロ. なぜ内部を保護するほど緻密な酸化膜を象成するかが、よくわからない。 イ. 周期表とも、一寸と見ただけでは余り関係ないような複雑な区分。 ロ. 分属試薬の作用機作の把握の不十分。 ハ. 実験させても、試薬を機械的に取り扱い、印象が希薄。
	概説	有機化合物の特性とその膨大な数	E ₁	イ. 俗名による構造あるいは反応機作との非関連性。 ロ. 相互関係の混乱。 ハ. 有機物の特性は、主として機能団に基づくことの認識の不十分。
	炭化水素	飽和、不飽和と反応形式の関係	A F ₂	イ. 結合標を、誤って結合手としてエネルギー的意味を持たせて考えやすいこと。 ロ. 構造の立体的であるため、モデル概念の不明確化。
	アルコール	有機・無機両領域にわたる広い特性	F ₂ K ₁	イ. アルコールが何故水とよく混合しあうかがつかめない。 ロ. アルコールが何故エステルなどをつくるか。
	アルデヒド カルボン酸	不飽和性と還元性 酸・アルコール・カーボニル、各基に基づく特性の区別	F ₂ J K ₁	反応と構造式との同時把握のむつかしさ。 酸としての名称にひかれて、他の特徴を見落としやすい。
	エステル	油脂・アセチルサリチル酸・サリチル酸メチル・硝酸グリセリンなどのエステルとしての把握	F ₂ K ₁	イ. 名称と構造との対応の非統一性。 ロ. 芳香族と鎖状化合物とを、全く別物と考えがちであること。
	アミン	塩基性	A K ₁	水酸基もないのに、何故塩基として取扱われるかがつかみにくい。
	アミノ酸	1. ペプチッド結合など 2. 蛋白質のアミノ酸としての把握	A D F ₂	1. 名称が構造を反映したものでないこと。 2. 構造の複雑さから、本質究明の努力を回避する傾向のあること。
	芳香族環状化合物	1. 鎖状化合物との明白な区別 2. 鎖状化合物との対応化合物	F ₁ J F ₂	1. 種々の複雑な反応を比較し、その中から統一的なものを抽象することのむつかしさ。 2. イ. 名称の非系統性と、鎖状・環状間の非関連性。 ロ. 芳香族環の準飽和性による差異。
	高分子化合物	物質の性質	単量体と重合体との性質の差異	D
合成高分子物質		構造の理解	D F ₂	イ. 名称が構造とはほとんど無関係に、むしろ商品名としてしかつけられていないことが多いこと。 ロ. 名称の非系統性。 ハ. 単量体の多様性。 ニ. 構造の複雑さ。

理科における学習困難点

コロイド 生物体に関係ある物質	ゾル	親液ゾルと疎液ゾルの相異と安定性	H J	イ. コロイドの概念がつかみにくいこと。
	ゲル	構造の理解	D	ロ. コロイド液の種類が多様性。
	界面現象	機構	D	イ. 原因力が多様性。
				ロ. 力の現れ方の相対性。
	炭水化物	1. グルコースの環状構造と鎖状構造の関係, およびこれに基づく性質	F ₂	1. イ. 反応する箇処が多様性。
		2. 二糖類の単位構成	D	ロ. 構造の互変性。
	3. 澱粉の構造と植物の種類による差異	F ₂	2. 構造の複雑さ。	
	4. セルロースの再生反応機構	D	3. 構造の複雑さ。	
	油脂	1. 構成	D	4. 構造の複雑さ。
		2. エステル価, ヨーソ価	D E ₂	1. 成分カルボン酸分子の大きいための場面反映の困難。
	タンパク質	1. 構造	D	2. 抽象性。
		2. アミノ酸の名称	A	1. 複雑さ。
	核酸	構造とはたらき	D	2. 非系統性と構造との非関連性。
	酵素	触媒と異なり, 最適条件のあること	E ₅	複雑さ。 構造がはっきりしない。

高等学校生物の部

区分	事項	困難点の内容	考察
生理	浸透	1. 半透膜を通して, 浸透圧の低い液から高い液に浸透が進む場合の圧力関係が理解しにくい 2. 浸透圧と膨圧の差が吸水力に関係している意味が理解しにくい 3. 脂溶性, イオンの電荷, 分子の大きさ等の理解が困難である 4. 原形質膜の半透性に特殊性(原理的な浸透にさからう仕事, 選択吸水性など)があるために理解に混乱をきたす	1. 気圧, 電圧, 温度の高低などにより, それぞれ空気, 電流, 熱が移動する場合の方向観念と, 浸透の方向とは逆のような感じをいなく。 2. 浸透の方向観念が不確定のまま膨圧, 吸水力などの概念と関係つけた総合判断をすることになるので益々難解になる。 3. 化学の基礎知識の不足に原因する。 4. 生命現象はすべて単純に一つの原理で説明できない。いわゆる例外が多い。この例外も一緒に併せて覚えるために非常に複雑で難然とした理解になってしまう。
	光合成	1. 緑色植物の基本的な栄養機能であるという本質性の理解よりも, 感覚的にあらわれた CO ₂ と O ₂ のガス交換として理解する 2. エネルギー変換の意味が充分理解できない	1. 光合成を「植物が外界から CO ₂ を吸い O ₂ を排出する作用」とか「呼吸と反対の作用」として理解するのが相当多い。クロモを材料にした気温実験や, 金魚鉢へ水草を入れておくことなどが過度に印象づけられたためと, 生徒が現象を表面的で感覚的な部分だけについて関心をもちやすいことが原因していると考え。 2. 吸熱反応, 発熱反応などの意味がよくわからない。化学の基礎知識の不足。

化学合成	<ol style="list-style-type: none"> 1. 特殊な細菌のおこなう生理作用であるため実感としてうけとりにくい 2. エネルギー獲得のための酸化反応の理解に困難を感じ、かつこの反応を、その菌の一般の呼吸と混同する 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 経験的な知識になっていないし、普通は実験もしないため実感としてうけとりにくい。簡単な無機物の酸化反応でも過度に難解に感ずる。 2. 亜硝酸菌、硝酸菌のNH_3・やHNO_2の酸化が化学合成のエネルギー獲得に関係していると同時にこの作用が、硝化作用として自然界の窒素循環に大きな問題としてとりあげられるが、この二つの問題は実は亜硝酸菌、硝酸菌にとっては一つの生活機能であることに気づかず、別々の現象としてうけとりやすい。
硝化作用および窒素固定作用	<ol style="list-style-type: none"> 1. いずれも特殊な細菌のおこなう生理作用であるため実感としてうけとりにくい 2. 空中の単体窒素を利用できる能力が、いかに驚異的なものであるかという意味が納得できない 3. アンモニアから亜硝酸、硝酸への化学変化、無機塩の状態、性質の理解が困難 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実験により実証することが困難、硝化菌の化学合成の一環としての作用であることの相互関係に気づきにくい。 2. 人工の空中窒素固定法、窒素ガスの不活性などの意味をしらないこと。 3. 硝酸、亜硝酸、アンモニアを薬品そのままの状態としてしか考えていない。細菌がこれらを生産することを異様に感ずる。硝酸塩、亜硝酸塩の性質、反応過程も理解できないので、ただ表面的に記憶しようとするので過度に難解に感ずる。
呼吸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 単純にO_2とCO_2とのガス交換であると考えやすく、生命活動のエネルギーを得る本質的な意味に考えが及びにくい 2. 高等動物において外呼吸と内呼吸との区別およびそれぞれの意味が把握されていない 3. 高等植物において炭酸同化作用とは、時間的に併立しない作用であると考えられる傾向がある（昼間に炭酸同化作用を行い夜間に呼吸作用を行うという考え） 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「呼吸とは空気中からO_2を吸い、CO_2を排出すること」のように表面にあらわれた現象だけに着目している傾向がある。 2. したがって高等動物において内呼吸よりも外呼吸の方が比較的理解しやすい結果になる。 3. クロモで炭酸同化の実証実験をよく行うが、その際排出されたO_2は全量そのまま炭酸同化の結果発生したものであると考える安易さにおちいりやすい。 また炭酸同化も呼吸もただ表面的なガスの出入現象だけを考えて、CO_2を排出する時間中は呼吸を、O_2を排出している時間中は炭酸同化をおこなっていると錯覚しているものが多い。
発酵・腐敗 解糖作用	<p>呼吸の一形式であると解釈するにはあまりに意外な作用であるので納得し難い (呼吸を一途にO_2を吸ってCO_2をだすという理解をしている場合には全く考えられない呼吸方法である)</p>	<p>ぶどう糖の分解過程、酸化、還元の意味が非常に困難である（化学の知識不足） 上述の光合成から発酵、腐敗にいたるまでの生理作用がすべて同化・異化の生物特有で、しかも本質的な機能として相互に関係づけて整然と大系づけられれば理解が比較的に容易になる筈であるが、それにはあまりに内容が広範でかつ複雑であることが、理解を困難にしている原因である。</p>

理科における学習困難点

形態	神経	<p>1. 聞きなれない術語が非常に多く、記憶するのに困難</p> <p>2. 同一の部分でも形態的な観点と、機能的な観点とから別々に分類すると組替えがおきたり、両方の分野にまたがって所属されたりすることがあって、混乱を来す</p>	<p>1. △△神経という述語が20数種でてきてそれらの間の概念の相互の位置づけや弁別がわずらわしい。</p> <p>2. ちなみに神経系を表に書きあらわしてみると下記ようになる。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>{ 脳・脊髄神経系</p> <p>{ 自律神経系</p> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <p>{ 中枢神経</p> <p>{ 末梢神経</p> <p>{ 交感神経</p> <p>{ 副交感神経</p> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <p>{ 脳神経</p> <p>{ 脊髄神経</p> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <p>{ 運動神経</p> <p>{ 知覚神経</p> </div> </div> <p>ここで副交感神経は迷走神経・せん髄神経などがあるが脳神経・脊髄神経に属している。このような分類に困惑するようである。</p>
生殖	植物の茎の構造	<p>上記の神経の場合と全く同じことが考えられる</p>	<p>考察略</p>
生殖	減数分裂	<p>核の異形分裂、同形分裂の過程および相同染色体・性染色体の行動などを考慮に入れなければならないので、体細胞の核分裂にくらべて、とくに複雑な現象になっていること</p>	<p>相同染色体の接着（2本が1本になったように見える）、四分子の形成（実質は2本のものが1本にも4本にも考えられる）、同形分裂と異形分裂、（四分子のどの面で割れたかによってこの二つを区別して考えなければならない）などの変化が連続的に起こり、1対の相同染色体の数の変化を追っていただけでも混乱しやすいのに、数対の相同染色体について考えたり、性染色体が存在すると更に複雑さを増して理解しにくいことになる。</p>
発生	世代の交代と核相の交代	<p>1. 耳新しい術語がとくに多くて困惑する。</p> <p>2. 1世代の概念がしっかりつかめない</p> <p>3. 下等植物から高等植物まで逐次その様相が変遷しているので複雑に感ずる。とくに被子植物の世代の交代にいたって、既知の知識を根底からゆさぶられたような異様感をもって受けとられること</p>	<p>1. 有性世代；配子体，無性世代；造胞体の概念の対比がむづかしい。</p> <p>2. 配子体が造胞体に比して極端に大きかったり、またその逆であったり、配子体が造胞体に寄生したり、またその逆があったりしているため、両方がそれぞれ独立した1つずつの世代であることがわかりにくい。</p> <p>3. これらの関係が植物の進化の過程に対応しているともいえない点があるので非常に複雑に感ずる。とくに被子植物の花粉を生殖細胞と考えたり。胚嚢が世代の交代のどの位置にあるものかの問題に至っては、おそらく生物科の内容のうちでは一番の困難点ではなかろうかと考える。植物の胚嚢形成、重複受精、種子、果実の形成など一連の過程も、経験的につかみがい問題だけに理論的に理解せざるを得ない内容である。</p>
発生	胚の発生	<p>複雑な空間的变化が時間的にいりみだれておきている各部の発生の状態を、観念的に再生することが困難である</p>	<p>陥入を生じて嚢胚形成がはじまり、内胚葉，外胚葉が区別され、つづいて中胚葉が分化し、オルガナイザーを発端としてやつきばやに各器官の分化してくるまでの変化過程を、立体構造模形として構成しにくいことが最大の原因であって、これを平面的な図説や、各段階に分解して説明する場合一連の変化を理解しにくい。</p>

遺伝	メンデル遺伝	遺伝子の組合せの考え方や減数分裂により生殖細胞の形成される場合の染色体の行動とが関連して理解されずに、別々なものとして考えやすいので、連鎖や交叉のりかえの現象が不可解になる	遺伝を因子遺伝学の方法だけで理解している、もどし交雑、独立遺伝、伴性遺伝および、のりかえなどの理解に発達させるのに困難する。 減数分裂過程、授精のしくみなどの知識が不確実であると、遺伝の機構の理解に必要以上苦勞する。数学の組合せ、確率の基礎知識不足もこれを理解する上の障害になる。
----	--------	--	---

高等学校地学の部

区分	事項	困難点の内容	考 察
地球上層の部	地球の半径の決定	1. 弧度法になれていないので計算が容易にできない 2. 太陽あるいは恒星などを無限遠にあるとみなして証明している場合、一般の幾何のように理論的な厳密さを要求されている方法論とくらべて、立証に一種の不安感、不信感をいだく 3. 文字式になれていないために具体的に言葉で説明されれば理解できる内容でも、必要以上に難解に感じそのため敬遠する	1. 地球の半径を決定する右のような説明図でA地点での太陽(S)の天頂距離を ϕ_A 、同時刻のB地点での太陽(S')の天頂距離を ϕ_B とし、A,B(互に南北の関係位置にある)間の距離をDとすると、半径rは $\frac{D}{\phi_A - \phi_B}$ であらわされる。この際半径という長さを決定するのになぜ $\frac{D}{\phi_A - \phi_B}$ というような長さ(D)を角度の大きさ(弧度)でわって出てくるのかという点が理解しにくい。近似計算法や弧度法になれていない点が原因である。 2. 上の説明にあたって一つの太陽をSとS'の二つに考えることは太陽が無遠にあるとしての近似的な仮定であり、この考え方は恒星を利用して緯度を決定する場合にも使われる。いずれも一応の説明で納得できても、この知識は類似の問題を解決する場合の応用能力にはなかなかにくい。 3. $\frac{D}{\phi_A - \phi_B}$ という文字式を「AB間の距離を、それぞれ地点の天頂距離で割る」というような記述的、言語的な思考をせず、文字式のまま意味もわからずにおぼえようとするので必要以上に難解になる。地学にはこのような文字式で原理や計算方法をあらわすことがないので生徒は困惑するようである。
	緯度の決定 年周視差による恒星までの距離の決定		
	天球	1. 天球の半径を無限大に考えるために天球はその中心で一点となり、しかしその一点は実は地球の中であると同時に、観測者の眼の位置であると考えてはならない。そのために、天球の軸の方向が観測地点によって変化することや地平圏の意味その他色々な面で錯覚を起こす	1. 地球のような大きな物体に対して、地球の中心と観測者の眼の位置とを同一点とみなして立証する立場、逆に地球の中心と観測者の眼とを相当な距離だけへだてていると考えると、地平圏や東西南北圏の基盤がゆらいでくるなどの点で、信じきれない不安感をいだく。

理科における学習困難点

		<p>2. 地動説的な考え方と、天球を あつかう時のような天動説的な 考え方が混同する（観点の転 換が相互にできにくい）</p> <p>3. 立体幾何の思考になれていな いので地平座標、赤道座標など の意味の理解が困難である</p> <p>4. 主として夜間の観測を必要と するために、理科の他科目より も授業中の実習がしにくく実際 のものを経験的に理解させるこ とがむつかしいので、つい理論 的な説明が多くなることも学習 を困難にしている点である</p>	<p>2. 衝、合の現象が天動説的な観点からみた説 明図では理解されても、天球上にはどのような 状態であられるか、また、天球上での状態がわ かったとしても実際の現象としてはどうなる か、など相互の関係がつかめなくて、ただ表面 的にそれぞれ別々の知識としてしかうけとって いない傾向がある。黄道や惑星のみかけの軌道 と太陽、地球、惑星などの太陽系内の実際の運 動と相互に関連づけて理解しにくいこともその 原因はここにあると思う。</p> <p>3. 1 恒星日と 1 太陽日との長さのちがひ、恒星 時と太陽時、標準恒星時と地方恒星時など、時 間や時刻の決定方法も、天球を利用すれば赤経 によって空間的な感覚で理解できるはずである のに、時間と空間との観念が互に関連して理解 されていない。術語がむつかしく耳あたらしい 言葉であるので理解しにくいことも関連してい る。</p> <p>4. プラネタリウムのような再現装置などを極力 利用して、興味をもたせ、自発的に月、太陽、 惑星の行動、天文現象などを観察考察する機会 をふやさせる必要がある。</p>
地球下層 の部	重力・転向 力	<p>1. 力学的な知識の不足のため、 引力、遠心力、力の合成、加速 度などの概念が理解しにくい</p> <p>2. ガル、ダインなどの単位の意 味がむつかしく感ぜられる</p>	<p>1. 力、加速度などが視覚的な要素でないため、 元来が新しく学習する生徒にとって難解な事項 であるが、地学では一足飛びにその応用部門に 入るので大変無理な点がある。ただ表面的な知 識にとどまらざるをえない。</p> <p>2. 誘導単位になれないうちは仲々理解しにく く、実感としてうけとれない。物理学習の場合 も同じ。</p>
	鉱物・岩石	<p>1. 岩石の名前がおぼえにくい</p> <p>2. 結晶の理論が難解である</p>	<p>1. 鉱物・岩石の採集や種類の識別に特別な技術 があるので、昆虫や植物よりも興味をひく者が 少ない。 岩石名になじみの少ない漢字が使用されてい るので、それをおぼえるのに相当努力を要し、 かつ実物と遊離した知識になりがちである。</p> <p>2. 立体についての対称、結晶面の表示法、結晶 軸の決定法、標軸比など、数学的な要素が多く はいており理解しにくい。 地層の走向、傾斜の概念がつかみにくい上に地 形の起伏によってそれぞれの地層が地表にどのよ うなあらわれ方をするかを想定するのに立体的に 構成しなければならないが、この立体感覚がなか なかつかめない。</p>
	地質図、地 層の状態	地質図をみて地層の配列をよみ とること	