

地学と物理の関連について

〔物理の単位・用語・公式についての理解度調査〕

地学と物理の関連について

2単位の地学が、高等学校1年で履修する事を原則として発足して2年目になる。地学の目標、性格については指導要領に述べられているので、今更繰り返す必要はないが、その目標や性格を受けて、これを高等学校1年で履修させる場合、幾つかの問題点につきあたる。その一つとして指導内容に盛られている物理量の単位、用語、公式に対する生徒の理解度というものがある。

もともと“地学”と呼称する以上、そこには“科学”としての性格を認めているわけである。そうすればその学習方法にも科学的な方法が要求されるのは当然の事であろう。一見複雑に見える自然現象も、これを分析し、帰納すれば、いくつかの法則、原理に支配されているということは、今迄の先人の努力によって実証されている。ところで自然現象を科学的に究明するためには、物理学、化学などの基礎に立って初めて可能になるというのが、現在の我々の研究方法である。

そこで高等学校の地学を履修する生徒の側に立って考えてみると、高等学校1年生は、中学校の理科を踏まえて立っているわけである。

その知識・理解に基いて地学の履修をしなければならない。“地学”が単に自然現象をありのままに把えて、興味・関心を起させるだけならば、中学校理科の地学部門と同じ次元をはいずりまわることになり、高等学校の地学としての性格は全く失われてしまうことになる。そこで、“地球科学”としての地学としての性格を前面に押し出して、論理的、定量的に自然現象を把握する方向に進めようとする、基礎科学としての物理、化学の助けを必要とすることになり、履修する生徒の側の中学校理科修了という壁につき当たってくる。そこで、これらの問題をいかに考えたらよいかということのために、まず問題を物理との関係にしばって、教科書の分析、生徒の理解度の調査を実施してみることにした。

〔教科書の分析〕

文部省検定済み教科書は、現在14社のものがある。その中手元にあった7社のものについて物理量の単位、用語、物理公式の記載されているものを調べてみた。その結果が次の表である。未調査の7社の分については、引続き調査を進めてみるつもりである。

〔単位・公式〕

| D 社 | T 社 | J 社 | Y 社 | S 社 | K 社 | C 社 |
|---|------------------------------|--|--|--|-----------------------------|--|
| g/cm ³ cm/秒 ² エルグ | g/cm ³ cal/g・度 | g/cm ³ m/s ² ダイ ン | g/cm ³ cm/sec ² ダイ ン | g/cm ³ cm/秒 ² | g/cm ³ cm/deg | g/cm ³ cm/sec ² ダイ ン |
| | $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ | ダイ ン cm ² /g ² ラジアン/s °k | °k | | °k | エルグ |
| | | エルグ/s ガ ル | ミリガル | | | ガ ル |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------------|---|--|------------------------|---|
| | | deg | | | | ガンマ |
| | | $F = G \frac{Mm}{a^2}$ | $F = G \frac{m_1 m_2}{r_2}$ | | $f = G \frac{Mm}{R_2}$ | $K = k \frac{Mm}{r^2}$ |
| | | $f = m r \omega^2$ | $e = 1.36 \times \left(\frac{T}{1000}\right)^4 \text{ cal}$ | | | $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ |
| | | $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ | | | | $E = 5.72 \times 10^{-5} T^{-4}$ エルグ |
| | | $v = \sqrt{gh}$ | | | $v = \sqrt{gh}$ | |

〔用語〕

| D 社 | T 社 | J 社 | Y 社 | S 社 | K 社 | C 社 |
|----------------|-------------|------------------|----------------|---------|---------|------------------------------|
| 質量 | 質量 | 質量 | 質量 | 質量 | 質量 | 質量 |
| 密度 | 密度 | 密度 | 密度 | 密度 | 密度 | 密度 |
| 電子 | 電離 | 電子 | 電子 | | 水の臨界温度 | 飽和水蒸気圧 |
| 陽子 | 陽子 | 陽子 | 電離 | 電離 | 電離 | 屈折率 |
| 遠心力 | 遠心力 | 遠心力 | 遠心力 | 遠心力 | 遠心力 | 遠心力 |
| ω (角速度) | 万有引力 | 角速度 (ω) | 万有引力の法則 | 万有引力の法則 | 慣性の法則 | 万有引力 |
| ヘリウム原子核 | α 粒子 | 弾性 | 速度 | | ガンマ線 | ガンマ線 |
| 速度 | 加速度 | 加速度 | 加速度 | 加速度 | | 過冷却 |
| 電磁波 | 共通重心 | 単振り子 | | | 断熱変化 | 断熱変化 |
| 散乱 | 向心力 | | 断熱冷却 | | 断熱冷却 | |
| 潜熱 | r 線 | | 共通重心 | | 原子量 | 電子密度 |
| g | 中性子 | | 磁場 | 磁場 | 同位元素 | 自由電子 |
| 偏光 | 中間子 | | 偏光 | | 偏光 | 偏光 |
| 同位元素 | 重力加速度 | 同位体 | 複屈折 | | 重力加速度 | 放射性同位体 |
| 質量数 | 連続スペクトル | 重力加速度 | 重力 | 連続スペクトル | 複屈折 | 重力加速度 |
| 放射性元素の半減期 | 放射性元素の半減期 | 放射性元素の半減期 | 弾性波 | | 原子崩壊の速度 | 弾性定数 |
| スペクトル | スペクトル | | スペクトル型 | スペクトル | スペクトル | 原子数 |
| 原子核反応 | 原子核反応 | 核融合反応 | 原子核反応 ラウエ写真 | 核反応 | 原子核反応 | 核融合反応 ラウエ写真 静水圧 偏圧力 |
| 18 | 18 | 13 | 18 | 9 | 17 | 20 |

以上の単位、公式、用法は、ほとんどが、地球上層の部、地球の概観の解説に用いられており、一部地球の歴史に使用されている。

なおこれらの出現頻度をまとめてみると次表のようになる。

| 単位 | 出現頻度 | 単位 | 出現頻度 | 公式 | 出現頻度 |
|---------------------|------|-------------------------------------|------|-------------------------------|------|
| g/cm ³ | 7 | ガンマ | 1 | $F = G \frac{Mm}{r^2}$ | 4 |
| cm/sec ² | 6 | ダイン・cm ² /g ² | 1 | $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ | 2 |
| ダイン | 3 | ラジアン/sec | 1 | $v = \sqrt{gh}$ | 2 |

| | | | | | |
|---------|---|---------|---|--|---|
| °k | 3 | cal/g・度 | 1 | $f = mrv\omega^2$ | 1 |
| エルグ | 2 | deg | 1 | $e = 1.36 \times \left(\frac{T}{1000}\right)^4 \text{cal}$ | 1 |
| ガル | 2 | | | $E = 5.72 \times 10^{-5} T^4 \text{erg}$ | 1 |
| エルグ/sec | 1 | | | | |
| ミリガル | 1 | | | | |

| 用 語 | 出現頻度 | 用 語 | 出現頻度 | 用 語 | 出現頻度 |
|------------|------|---------|------|---------|------|
| ○質 量 | 7 | 共 通 重 心 | 2 | 中 間 子 | 1 |
| 密 度 | 7 | 同 位 元 素 | 2 | スベクトル型 | 1 |
| 遠 心 力 | 7 | 同 位 体 | 2 | ○向 心 力 | 1 |
| 偏 光 | 5 | 連続スペクトル | 2 | 弾 性 | 1 |
| 電 離 | 4 | 飽和水蒸気圧 | 2 | 弾 性 定 数 | 1 |
| ○加 速 度 | 4 | 断熱変化 | 2 | 弾 性 波 | 1 |
| 核融合反応 | 4 | 断熱冷却 | 2 | 過 冷 却 | 1 |
| ○スペクトル | 4 | 磁 場 | 2 | 単 振 り 子 | 1 |
| ○電 子 | 3 | ラウエ写真 | 2 | 水の臨界温度 | 1 |
| 陽 子 | 3 | 万有引力定数 | 1 | 原 子 量 | 1 |
| 重力加速度 | 3 | ヘリウム原子核 | 1 | ○慣性の法則 | 1 |
| ○ガンマ(γ)線 | 3 | α 粒 子 | 1 | 電 子 密 度 | 1 |
| 原子核反応 | 3 | ○電 磁 波 | 1 | ○自由電子 | 1 |
| ○放射性元素の半減期 | 3 | 散 乱 | 1 | ○屈 折 率 | 1 |
| ○万有引力 | 2 | 潜 熱 | 1 | 静 水 圧 | 1 |
| 万有引力の法則 | 2 | 質 量 数 | 1 | 偏 圧 力 | 1 |
| 角速度(ω) | 2 | 原 子 数 | 1 | | |
| 複 屈 折 | 2 | ○中 性 子 | 1 | | |

○印は中学校で一応言葉としては学習しているものであるが、教科書によってはいくらかのちがいがあられると思われる。勿論それはあくまでも定性的であって、加速度も直線運動の場合にかぎっており、ベクトルとしての取り扱いはなされていない。

〔調査問題の作成〕

上述の教科書の分析の結果に基づいて、出現頻度の多いものを中心にして、単位は10、用語は18、公式は3を選び、単位・公式については何に用いられているものか、何を示しているかを書かせ、用語については、その意味をどの程度理解しているかを5種選択の形で解答させることにした。この場合生徒の真の理解度を知るために単位、公式についてはわからない者は解答らんを空らんのままにし、また用語については、“オ、わからない”という項目を置いてみた。用語については、万有引力と万有引力の法則を同じものと考えて頻度を4とし、また同位元素と同位体、断熱変化と断熱冷却も同様に考えて頻度を4とした。実際に調査に使用した問題は次の通りである。なお用語については次の18について調査をした。

- (1) 質量 (2) 密度 (3) 遠心力 (4) 電子 (5) 陽子 (6) 万有引力 (7) 角速度
 (8) 加速度 (9) 重力加速度 (10) ガンマ線 (11) 偏光 (12) 共通重心 (13) 同位体
 (14) 核融合 (15) 放射性元素の半減期 (16) スペクトル (17) 飽和水蒸気圧 (18) 断熱冷却

地 学 素 養 調 査

○この調査は、地学指導上の資料を得るためのものです。正確な解答をお願い致します。

○答は解答用紙の相当らんに記入して下さい。なお答がわからないときには〔1〕,〔2〕については何も書かず,〔3〕についてはオに○をつけて下さい。

〔1〕 つぎの単位は何の単位ですか。この単位を用いる物理量を解答らんに記入して下さい。

- (1) g/cm^3 (2) cm/sec^2 (3) ダイン (4) エルグ (5) $^{\circ}\text{k}$ (6) エルグ/sec
 (7) ガル (8) ガンマ (9) ラジアン/sec (10) $\text{cal/g}\cdot\text{度}$

〔2〕 つぎの問いの答をそれぞれの下のア～オから選び、解答らんの記号を○でかこみなさい。

(1) どこへ行っても質量をはかれるものはどれですか。

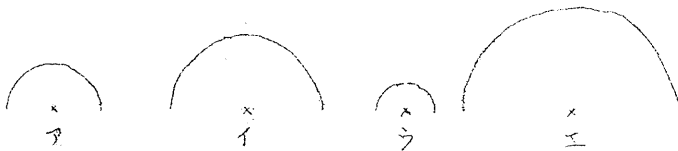
ア、天びんはかり イ、ばねはかり ウ、上皿自動ばねはかり エ、どのはかりでもよい オ、わからない

(2) 密度はどのようにして求めたものですか。

ア. $\frac{\text{物の重さ}}{\text{同体積の水の重さ}}$ イ. $\frac{\text{物の質量}}{\text{物の体積}}$ ウ. $\frac{\text{物の体積}}{\text{同じ重さの水の体積}}$

エ. $\frac{\text{物の体積}}{\text{同体積の水の重さ}}$ オ. わからない

(3) 自動車が同じ速さで、つぎのカーブを曲るとき、もっとも大きな遠心力を感ずるのはどの場合ですか。



オ. わからない

(4) つぎのうち、電子の性質をいいあらわしているものはどれですか。

ア. 一定のマイナスの電気の最小量をもっている粒子 イ. 一定のマイナスの電気量の整数倍の電気をもっている粒子 ウ. プラス、マイナスにかかわらず電気をもっている小さな粒子 エ. マイナスの電気量をもち円運動をする性質のある小さな粒子の総称 オ. わからない

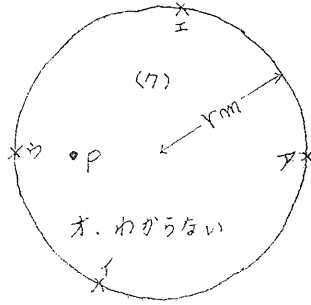
(5) 陽子とは、つぎのどれに相当しますか。

ア. 水素の原子核 イ. ヘリウムの原子核 ウ. +に帯電した粒子 エ. +のイオン オ. わからない

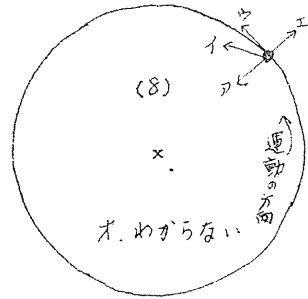
(6) 万有引力に関係のある事柄はどれですか。

ア. 重い物が衝突すると被害が大きい イ. 電車が急停車すると乗客が前に倒れる。
 ウ. かさをまわすと水滴が外の方へとびちる エ. 重い物ほど持ち上げにくい
 オ. わからない

- (7) 半径 rm の円軌道と同じ速さで動いている電車がある。P 点に対する角速度がもっとも大きいのは、ア～エのうちどの付近を動いているときですか。



- (8) 右図右のような円上を、同じ速さで物が運動しているとき、加速度の方向は、ア～エのうち、どの方向ですか。



- (9) 物を自然に落したとき、空気の抵抗を考えなければ、5秒後の落ちる速さはどれだけですか。

ア. 24.5m/秒 イ. 98m/秒 ウ. 33.4m/秒 エ. 49m/秒 オ. わからない

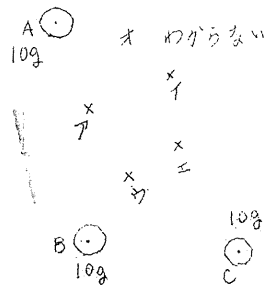
- (10) ガンマ (γ) 線とは何ですか。

ア. 宇宙線の別名 イ. 電子の流れ ウ. 波長の短い電磁波 エ. 水素原子核の流れ オ. わからない

- (11) 偏光についての説明はどれですか。

ア. 一方向にだけ振動する光 イ. 屈折して進路を曲げた光 ウ. 白色光からある色を取りさった光 エ. エネルギーの一部を吸収されて弱くなった光 オ. わからない

- (12) つぎのように3つの球がある場合、その共通重心は、ア～エのうちどこですか。ただし A, B, C とも重さ 10g, 中心間の距離は A～B が 3cm, A～C が 4cm, B～C が 2cm です。



- (13) 同位体とはなんですか。

ア. 原子核中の陽子の数の等しい原子 イ. 原子核中の中性子の数の等しい原子 ウ. 同じ原子からできている単体 エ. 同じ量の電気をもっているイオン オ. わからない

- (14) 核融合反応に関係のあるものはどれですか。

ア. 現在行われている原子力発電 イ. 太陽のエネルギー ウ. かみなり エ. ウラニウムを使った原子爆弾 オ. わからない

- (15) 放射性元素の半減期の説明として、誤っているものはどれですか。

ア. 元素の種類によってきまっている イ. 化合物の種類によってきまっている ウ. 圧力には無関係である エ. 温度には無関係である オ. わわわからない。

- (16) 高温の固体から発する光のスペクトルは、つぎのどれですか。

ア. 輝線スペクトル イ. 吸収スペクトル ウ. 帯スペクトル エ. 連続スペクトル オ. わからない

- (17) 100°C における飽和水蒸気圧はどれほどですか。

ア. 76mmHg イ. 760mmHg ウ. 150mmHg エ. 380mmHg オ. わからない

(18) つぎのうち、断熱冷却に関係あるものはどれですか。

- ア. 冬の朝、鉄棒にさわると、木にさわるとより冷たく感ずる イ. アルコールを皮ふにつけると、その部分が冷たく感ずる ウ. フラスコに空気をためこみ、せんをとるとフラスコ内の温度が下る エ. ドライアイスで物を冷やすことができる
オ. わからない

〔3〕 つぎの物理の公式の左辺は何を示しているのですか。“重さ”とか，“速度”のように簡単に答えを書きなさい。わからないときは、解答らんにも何も書かないで下さい。

(1) $F = G \frac{Mm}{r^2}$

(2) $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$

(3) $f = mr\omega^2$

〔問題の解答〕

〔1〕

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|-------|-----|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
| 密度 | 加速度 | 力 | 仕事率 | 絶対温度 | 仕事率 | 重力加速度 | 磁場の強さ | 角速度 | 比熱 |

〔2〕

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| ア | イ | ウ | ア | ア | エ | ウ | ア | エ | ウ | ア | ウ | ア | イ | イ | エ | イ | ウ |

〔3〕

- (1) 万有引力 (2) 振り子の周期 (3) 遠心力

〔調査方法〕

物理との関連についての調査なので、ほとんどの者が物理を既に履修している3年生と、未だ物理を履修していない1年生を対象とし、現在履修中の2年生は除外した。

調査にあたっては、地学指導上、対象である生徒の物理的知識、理解の実態を知るためのものである事を強調し、ありのままのものを解答として示すように説明し、解答用紙は無記名として、学年、物理の未修、既修だけを記入させた。

〔調査結果〕

本校における中学校、高校を通じてのカリキュラム作成の必要から、結果の処理については、1年生は本校付属中出身の者と、他の国・公・私立中出身の者とに分け、また3年生については物理未修の者と既修の者とにわけてまとめてみた。以下次の符号でそれを示すことにする。

Ia ……本校付属中出身の1年生

I b ……他の国・公・私立中学出身の1年生

IIIc ……物理未修の3年生

IIId ……物理既修の3年生

なお調査に参加した人員は次の通りである。

I a ……87名 I b ……88名 IIIc ……26名 IIId ……114名

〔1〕 単位の理解度……正答率を%で示す。

| No. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|------|-------------------|---------------------|------|------|------|---------|-----|------|----------|---------|
| 単位 | g/cm ³ | cm/sec ² | ダイン | エルグ | °k | エルグ/sec | ガル | ガンマ | ラジアン/sec | cal/g・度 |
| I a | 28.4 | 58.0 | 17.0 | 19.3 | 88.6 | 3.4 | 0 | 0 | 51.1 | 13.6 |
| I b | 77.3 | 47.7 | 12.5 | 21.6 | 65.9 | 5.7 | 0 | 0 | 7.9 | 38.6 |
| IIIc | 73.1 | 57.7 | 34.6 | 30.8 | 89.2 | 7.7 | 0 | 0 | 80.7 | 34.6 |
| IIId | 86.8 | 95.6 | 77.2 | 78.9 | 88.5 | 57.9 | 2.6 | 13.2 | 92.1 | 74.5 |

この結果からみると、1年と3年の物理未修の者との理解度の状態は、それほど差はみられず、やや3年の方が上まわっているのは、常識的な成長のちがいでいってもよいものと思われる。ただ3年の物理既修のものとはとくらべると、理解度に相当大幅なひらきが見られる。

〔2〕 用語の理解度……正答率を%で示す。

| No. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|------|------|------|------|------|------|-----------|-------|--------|-------|
| 用語 | 質量 | 密度 | 遠心力 | 電子 | 陽子 | 万有引力 | 角速度 | 加速度 | 重力加速度 |
| I a | 75.0 | 53.4 | 88.6 | 37.5 | 17.4 | 72.7 | 47.7 | 10.2 | 20.4 |
| I b | 68.2 | 79.5 | 62.5 | 38.6 | 47.7 | 85.2 | 30.7 | 6.8 | 60.2 |
| IIIc | 73.1 | 57.7 | 65.4 | 53.8 | 61.5 | 61.5 | 46.2 | 11.5 | 19.2 |
| IIId | 86.0 | 83.3 | 77.2 | 75.4 | 74.5 | 89.5 | 83.3 | 51.8 | 83.7 |
| No. | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| 用語 | ガンマ線 | 偏光 | 共通重心 | 同位体 | 核融合 | 放射性物質の半減期 | スペクトル | 飽和水蒸気圧 | 断熱冷却 |
| I a | 53.4 | 38.6 | 85.2 | 65.9 | 38.6 | 27.2 | 5.7 | 38.6 | 38.6 |
| I b | 50.0 | 22.6 | 81.8 | 72.7 | 45.5 | 37.5 | 4.5 | 28.4 | 63.6 |
| IIIc | 73.1 | 30.8 | 57.7 | 80.7 | 61.5 | 57.7 | 11.5 | 30.8 | 61.5 |
| IIId | 71.9 | 77.2 | 88.6 | 69.3 | 72.8 | 66.7 | 24.6 | 57.9 | 78.1 |

1年生についてみると、正答率50%以上のものは、(1)質量 (2)密度 (3)遠心力 (4)万有引力 (10)ガンマ線 (12)共通重心 (13)同位体で、(9)重力加速度 (18)断熱冷却がこれに近いということがわかる。すなわち18問題のうち、半数は何か1年生の半分の生徒がわかっているという程度である。

3年物理既修の者は、この場合においても理解度は他に比べてずっと高いということがわかる。

〔3〕 公式の理解度……正答率を%で示す。

| No. | (1) | (2) | (3) |
|-------|------------------------|------------------------------|-----------------|
| 公 式 | $F = G \frac{Mm}{r^2}$ | $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ | $f = m\omega^2$ |
| I a | 40.2 | 49.4 | 10.2 |
| I b | 19.3 | 19.3 | 1.1 |
| III c | 19.2 | 23.1 | 19.2 |
| III d | 67.5 | 69.3 | 66.7 |

公式については、1年生と3年物理未修の者の理解度は極めて低い。これは中学理科では定性的にのみ取り扱い、定量的に法則にまとめることをしていないのであるから当然である。とくに(3)の $f = m\omega^2$ については高校物理で履修するものである以上、正答率が低いのは当然のことである。

この場合においても物理既修の3年生は、約70%に近い理解度を示している。

〔調査結果の反省〕

以上多分に主観的と思われる調査ではあるが、結果は我々が予想していた通りになって現れている。すなわち、地学を中学理科とは異った次元に立って、少なくとも地球科学としての立場から学習を展開していこうとするならば、物理・化学などの基礎科学の上に立つ必要があるということである。その必要性が著者をして、最初に示したような単位、用語、公式の使用となって現れたものと思われる。

もしこれを受けて、1年生で2単位を完全に履修させるとするならば、その都度、これらの単位・公式・用語などについて生徒の理解を深めながら授業を展開していかなければならない破目に陥る。時間的に余裕があれば、それもまたよいと思う。しかし週2時間の授業でそのようなことが果して可能であろうか。

ただ、地球下層の部に特に物理との関連の多い事項があるのであるから、これを3年生において履修させることにしてもよいとの逃げ道は、一応用意してある。しかし、1年と3年に1単位ずつの分割履修は、地学としてまとまった科目の履修形態として決して好ましいものではない。

高校理科の目標3に、「自然の事象に関する基本的な事実や原理・法則に関する理解を深め……」とあるように、少なくとも学校地学においては、中学校理科段階に於ける如く、定性的に自然に対する興味を喚起するという次元から脱脚する必要があると思われる。

そのように考えると、非常に一面的なしかも綿密さに欠ける調査かも知れないが、少なくとも高校地学は現在のように1年履修を本来の形とせず、3年生において履修させることもできるような形にした方がよいのではないかと思われる。 終り