

短大入学者の物理的事柄に対する 理解状況の一側面

—力学的事柄に関して—

林 守 孝

はじめに

現在、短期大学へ進学する女子学生は、かなりの数にのぼっている。筆者が現在、一般教養としての物理学を担当している高松短期大学へも、毎年新しい学生が入学してくる。彼女達はほとんど例外なく、物理はきらいである、あるいは不得意であるという。そして約半数の者は高校では物理を履習していない。こういう現状で、一体どんなやり方で、どんな内容の授業をすれば、学生達も興味を持って、また将来何らかの役に立つようなことができるのであろうか。

今回は、その問題を考えるための手始めとして、まず入学してきた学生が力学的な事柄についてどの程度の理解をしているのか、その現状の一端を調査してみることにした。その結果を報告する。

調査方法

高松短期大学へ入学してきた一年生に問題を出し、その正解を考えてもらい、どういう答を出す者がそれぞれ何パーセントいるかを見ることにした。調査したのは昭和55年と56年の2回であり、調査対象はそれぞれ一年生の一部、155人と114人である。各問の解答結果はそれぞれ問の横に表にして示している。表中の数値は、各選択肢を正解として選んだ者や、各数値を正解とした者等の数をパーセントで表わしたものであり、左の欄が昭和55年度の一年生の結果、右の欄が昭和56年度の一年生の結果である。

なお、問題は主に「物理学入門」(板倉、江沢著^D)から採らせていただいた。今回調査し、結果を集計した問題は全部で16問である。

調査結果と考察

問1 鉄の容器に水素をつめたときと、真空にしたときとで、それぞれ重さをはかるとどうなるか。正しいものを選べ。

- (ア) 真空のときのほうが重い。
- (イ) 水素をつめたときの方が重い。
- (ウ) 同じである。
- (エ) 水素の詰め方が少しなら重くなるが、たくさんなら軽くなる。
- (オ) 水素の詰め方が少しなら軽くなるが、たくさんなら重くなる。
- (カ) これだけでは何ともいえない。

表1 問1の解答

	55年	56年
(ア)	17%	13%
(イ)	47	70
(ウ)	9	7
(エ)	13	3
(オ)	9	2
(カ)	5	4
無解答	0	1

問1はきわめて単純な問題で、正解は勿論(イ)である。正解を選んだ者は多いことは多いが55年が47%、56年が70%であり55年の場合、半数にも達していない。水素は軽い(空気より)から、軽いものをどんどんつめると軽くなるという気がするらしい。鉄のボンベのような容器で、風船のように変形しないと言ったのだがやはり水素を入れると浮き上がる風船でも連想するのか。水素にも重さがあるのだから、水素をつめたときの容器全体の重さ(容器の重さ+水素の重さ)の方が、真空のときの重さ(容器の重さ+真空の重さ=容器の重さだけ)よりも重いはずだと単純に論理的に考えられないのか。それとも真空に重さがあるとでも思っているのか。とにかく水素は軽いから、入れると軽くなるんじゃないかと感覚的に想像してしまう者が、かなりいるようである。55年と56年の正解率にかなり差があるが、この理由はよくわからない。

問2、問3、問4は浮力に関係した問題である。それぞれの解答結果を表2、3、4に示す。

問2の正解率は55年が13%、56年が14%である。もっとできていいと思うのに不思議な気がするが、今回調査対象にした学生達は、中学校で浮力については習っていないようである。したがってこの程度の結果でやむをえないのかもしれない。55年の結果をもう少しくわしく見てみる。その他に含まれる学生のうち、重くなるような結果を出した者は12%いた。この結果をもとの100g重より重くなるか、軽くなるかで集計してみると、重くなる・12%、軽くなる・48%、変わらない・24%、わからない・16%、という結果に一応なる。これから判断すると、この設問が、重くなるか、軽くなるか、変わらないかというのであれば、おそらく50%以上の学生が軽くなると思ったのではなかろうかと想像される。100gと答えた者の中には、どれだけになるかわからなかったのもとの値のまま100gと書いた者がかなりいると思われるからである。また勿論わからなくて答えなかった者の中にも、軽くなるのではなかろうかと思っている者が何人かいるはずである。

要するに、多くの者は水につかると物は軽くなるというような漠然とした知識は持っているが、中学校で浮力について習っていないために、どれだけ軽くなるかは知らない、という結果を示していると見ることができるのであろう。

問2 重さ100g重で体積20cm³の石をバネばかりでつるし、水に浸すとバネばかりは何グラムの目もりをさすか。

表2 問2の解答

	55年	56年
無解答	16%	25%
80g	13	14
100g	24	43
50g	18	7
5g	6	0
20g	4	2
他	19	8

問3 水を入れたビーカーの重さを台ばかりではかったら1 kg 重あった。そこで次にこのビーカーの水の中に重さ30 g 重で、体積50 cm³の木片を入れたら、この木片は水の上に浮いた。

このとき台ばかりの目もりは1 kg 重のときとくらべてどうなるか。

- (ア) 変わらない。
- (イ) 水面より上の木片の重さの分だけふえる。
- (ウ) 水面より下の木片の重さの分だけふえる。
- (エ) 木片の重さの分だけふえる。
- (オ) 水面より上の木片の重さの分だけへる。
- (カ) 水面より下の木片の重さの分だけへる。
- (キ) 木片の重さだけへる。

表3 問3の解答

	55年	56年
(ア)	16%	19%
(イ)	24	17
(ウ)	25	22
(エ)	27	36
(オ)	3	1
(カ)	4	3
(キ)	1	0
無解答	1	3

問4 水を入れたいれものを台ばかりにのせると500 g 重ある。このハカリの上のいれものの水の中に、バネばかりでつるした重さ100 g 重、体積20 cm³の石を入れると、

- a. 上のバネばかりの目もりは何グラムをさすか。
- b. 下の台ばかりの目もりは何グラムのところをさすか。

表4 問4の解答

a	55年	56年	b	55年	56年
無解答	22%	43%	無解答	18%	39%
80 g	11	7	520 g	5	1
100 g	25	38	600 g	33	20
50 g	16	7	550 g	13	4
600 g	6	3	500 g	14	29
200 g	3	0	580 g	3	5
0 g	3	0	700 g	3	0
他	14	3	他	11	2

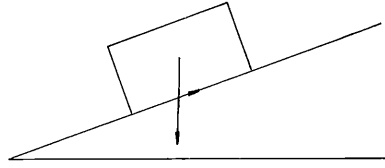
56年の結果も55年の結果とよく似ている。100 g と答えた学生と答えなかった学生が多いのは、考えるのをめんどろに思ったからではないかとも思われる。

問3の正解は(エ)であり、正解率は27%と36%である。木が水に浮いた場合、重さが変わらなると考えたものが16%~19%もあり、どれだけ重さがふえるかわからないものが $\frac{2}{3}$ 以上いる。さすがに重さが減ると思った者はほとんどいないが、それでも数%いる。

問4の正解はaが80 g、bが520 gであるが、正解率を見ると55年が11%と5%、56年が7%と1%で非常に悪い。中学校で浮力について習っていない、問2よりもさらにこみ入っているから、こういう結果でもしかたがないのかもしれない。ただ、55年ではbで600 gと答えた者が多いこと、56年ではaで100 g、bで500 gや600 gと答えたもの、それから無解答の多いのが気になる。わからなかったもので、しかたなくそうしただけかもしれないが。

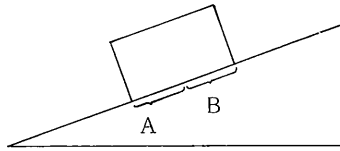
問5は、まさつのために斜面上で静止している物体に働いている力を求める問題であるが、ただ矢印をいくつか引いてあるだけで、正解者はほとんど皆無であった。すべり落ちようとす

問5 一様にざらざらした斜面に、下図のように直方体状の物体（密度および接触面は均一）が斜面との間に働くまきつ力によってすべりおちずに静止している。この物体にはどんな力が働いているか。物体と斜面との間に働くまきつ力と、物体に働く重力とが図のように表わされるとき、そのほかにこの物体に働く力があれば、図の中に書き入れなさい。



問6 問5のような場合に、この物体が斜面に直角に及ぼす圧力について、下の中から正しいものをえらべ。

- (ア) 下側(A)の部分の方に上側(B)よりも大きな圧力がかかっている。
- (イ) 上側(B)の部分の方に下側(A)よりも大きな圧力がかかっている。
- (ウ) 物体の下の面にはたらく圧力は、上下によらず一様である。
- (エ) 斜面の角度によって異なるので、なんともいえない。



問7 問6で物体が斜面に接している部分の下半分にロウをぬって、Aの部分にそってはたらくまきつ力を減らしたが、物体はすべり落ちなかった。この場合、物体が斜面に垂直に及ぼす圧力はどうなっているか、下の中からえらべ。

- (ア) 下側(A)の方が、上側(B)より大きな力がかかる。
- (イ) 上側(B)の方が、下側(A)より大きな力がかかる。
- (ウ) 物体の下の面にはたらく圧力は、上下によらず一様である。
- (エ) 面にそったまきつ力の差が上と下でどれだけ異なるかによって圧力の大きさも異なる。

表6 問6の解答

	55年	56年
(ア)	24%	21%
(イ)	7	7
(ウ)	62	64
(エ)	5	4
無解答	1	4

表7 問7の解答

	55年	56年
(ア)	16%	9%
(イ)	24	25
(ウ)	25	36
(エ)	32	25
無解答	3	5

る力（斜面に平行，下向き）をほとんどの者が考えている。（重力＝すべり落ちようとする力＋斜面を垂直に押す力）となっていることが、はっきりしていないようである。物体が静止している場合には、それに働いている力がつり合っているはずだ、ということがわかっていない。

この問題は、多少むずかしすぎたようにも思われる。

問6の正解は(ア)であるが、下側半分の方に大きな圧力がかかると正しく答えたものは、全体の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ だけで、半数以上がA、Bとも圧力は同じではないかと思っている。ぼんやりした知識を持っているだけで、その場できちんと論理的に考えようとしないう点が表われているように思われる。

問7になると、さらに正解率は悪くなる。この正解も(ア)であるが、問6と比べてみると(ウ)を選んだ者が減り、(エ)を選んだ者がふえていることがわかる。接触面の状態が変わることによって、Aの部分にそって働かす力が減ったからといって、物体は静止しているわけだから物体全体に働いているまさつ力は減ったわけではなく、勿論斜面を垂直に押す圧力にも変化はない、ということがわからないようである。とにかく問6よりももっとわからなくなってしまった様子が表われているように思われる。

問8 次の文が正しければ○を、まちがっていれば×をつけ、正しく書きかえなさい。

「水平な氷の面の上をすべってゆく石には、すべっている間中、たえず進む方向に力がはたらいている。」

表8 問8の解答

	55年	56年
○	38%	49%
×	58	51
無解答	5	0
正解者	8	4

問9 次の文の中から正しいと思うものに○をつけなさい。

なめらかな水平な板の上で球をころがした。空気の抵抗もまさつもないとすれば、

- (ア) この球はどこまでもころがってゆく。
- (イ) この球はその重さのためにやがて止まる。
- (ウ) そのほかの理由で静止する。(その理由もかけ)

表9 問9の解答

	55年	56年
(ア)	57%	59%
(イ)	34	30
(ウ)	8	11

問10 なめらかな水平な板の上で、直方体の物体をすべらした。

もし空気の抵抗もまさつもないとすれば、

- (ア) この物体はどこまでもすべってゆく。
- (イ) この物体はその重さのためにやがて止まる。
- (ウ) そのほかの理由で静止する。(その理由もかけ)

表10 問10の解答

	55年	56年
(ア)	29%	27%
(イ)	52	51
(ウ)	17	20
無解答	1	2

問11 水平な地面上に重さ100kg重の石がある。この石を水平に動かすには、どれだけの力が必要か。

まさつがあるとき

- (ア) 100 kg 重より大きい力が必要である。
 (イ) まさつ力より大きい力が必要である。
 (ウ) まさつ力に 100 kg 重を加えたものより大きい力が必要である。
 (エ) まさつ力あるいは 100 kg 重のうちのいずれか大きいほうよりも大きな力が必要である。
 (オ) まさつ力に 100 kg 重をかけたものよりも大きい力が必要である。
 (カ) 以上のどれでもない。
 まさつがないときはどれだけの力が必要か。

表11 問11の解答

まさつあり	55年	56年
(ア)	9%	8%
(イ)	15	17%
(ウ)	49	47
(エ)	9	2
(オ)	15	22
(カ)	2	0
無解答	1	4

まさつなし	55年	56年
わずかの力	1%	0%
100 kg 重	33	22
100kg重より大	25	15
他	7	6
無解答	34	57

問12 水平な氷の上で円板をすべらせた。円板がすべっている間

この円板にはたらいっている力として下の5つを考えた。

このうち本当にこの円板にはたらいっている力に○をつけよ。

- (ア) 円板にはたらく重力 (W)
 (イ) 氷の面や空気が円板の運動をさまたげるまさつ力・抵抗力 (R)
 (ウ) 円板の運動をつづけさせる動力 (P)
 (エ) 円板の慣性のために生ずる慣性力 (I)
 (オ) 氷が円板をささえる抗力 (N)

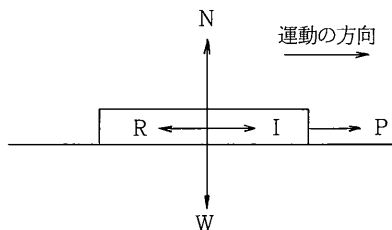


表12 問12の解答

	55年	56年
(ア)	56%	54%
(イ)	57	68
(ウ)	39	45
(エ)	17	40
(オ)	21	38
(ア)(イ)(オ)の正解者	5	7

問8については、進む方向だけでなく逆方向の力も働いているという答が多い。その他、重力も働いている、まさつ力も働いている、氷の面と直角な方向の力も働いている、云々といった答が多かった。氷の上をすべってゆく石には、色々な力が働いているとは、多くの者が考えているようであるが、重力とそれに対する抗力と運動を止めようとするまさつ力の3つが働いているはずだとはっきり理解している者はわずかのようだ。運動している方向にも、何となく力が働いていると思っている者が大多数であり、また、まさつ力が運動をさまたげる向きに働くということを理解していず、どちら向きに働くかわからない者も多いようである。

進行方向の逆方向にたえず力が働いている，と直すことを期待していたわけであるが，正しく直してある者はほんの数%であり，また，進行方向に力が働いていない，と直していた者もごくわずかだけあった。

問9は，半数以上が正解ではあるが，やがて止まると思う者がやはり半数近くいる。ころがっていき力がなくなって止まるという答もあったが，ころがっている物にはころがっていかそうとする力がいつも働いているのではないかと，ぼんやり多くの者が考えているように見うけられる。

問10は，すべってゆく場合であるが，こうなるとさらに正解率が悪くなる。正解者は $\frac{1}{3}$ にも足らない。空気の抵抗もまさつもないとするのだから，止まる理由がないと思われるが，それでもやはり，なぜか止まってしまうと考える者が $\frac{2}{3}$ 以上いる。現実と切り離して，ある状況を頭の中で考えることが不得意なのかとも思われる。

問11は，まさつがあるときはイが正解であるが，正解者は15~17%でウのまさつ力に100kg重を加えたものより大きな力が必要という者が圧倒的に多く，半数近くを占めている。

まさつがないとき，この石を動かすにはどれだけの力が必要か，という問では，正解者らしきものは1人，2人しかいない。

問12の正解は(ア)と(イ)と(オ)であるが，この3つに○をつけたものは5~7%しかいない。全体の傾向としては，氷の抗力を忘れる者が多く，また運動をつづけさせる動力や慣性力などというものを想像する者がかなりいるわけであるが，重力やまさつ力を忘れていた者が少し多すぎるように思われる。

問13 30kg重の力でひっぱるとはじめの長さ40cmが30cmのびて70

cmになるバネがある。このようなバネ2本をつないでひっぱると1つのバネが20cmのびた。もう1つのバネののびは，

- (ア) 20cmより大きい。
- (イ) 20cmより小さい。
- (ウ) 20cmである。

今ひっぱっている力はどれだけか。

- (ア) 20kg重より小
- (イ) 20kg重
- (ウ) 20kg重と40kg重の間
- (エ) 40kg重
- (オ) 40kg重より大

表13 問13の解答

	55年	56年
(ア)	12%	18%
(イ)	38	32
(ウ)	51	44
無解答	3	6
(ア)	7	3
(イ)	18	11
(ウ)	29	25
(エ)	31	25
(オ)	14	11
無解答	1	25

問14 右図のように定滑車に同じ重さの物体

A Bをぶらさげるとどうなるか。

- (ア) Aが下がり，Bが上がるように動く。
- (イ) Bが下がり，Aが上がるように動く。
- (ウ) AとBはつり合ったまま動かない。

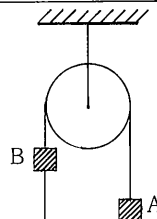


表14 問14の解答

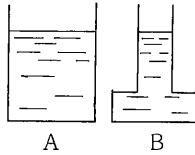
	55年	56年
(ア)	44%	17
(イ)	19	27
(ウ)	35	54
無解答	1	2

問13は、バネの問題であり(ウ)と(イ)がそれぞれ正解であるが(ウ)の方は約半数、(イ)の方になると1～2割程度しか正解していない。

問14は滑車の問題であるが、正解ウが35～54%とこれもあまりよくない。

問15 図のような2つ

の容器がある。2つの容器の底面積は両者とも100 cm^2 で、水面の高さは両方とも15 cm 、Aの容器中の水は体積1.5 ℓ （重さ15 kg 重）、Bの水は0.5 ℓ （重さ0.5 kg 重）である。



このとき、この水のために容器の底面のうける力はそれぞれどれほどか。

表15 問15の解答

	A	55年	56年	B	55年	56年
無解答		46%	75%	無解答	46%	75%
1.5 kg 重		23	13	0.5 kg 重	20	13
15 g重/cm^2		4	3	5 g重/cm^2	4	3
他		27	9	他	30	9

問16 地球の表面は空気の重さのためにおしつけられている。この圧力が気圧である。では屋根はその上の空気の重さをささえていると考えられるので、屋根の下の方が屋外よりも気圧が低くなっているはずだと考えるのはまちがいか。

表16 問16の解答

	55年	56年
まちがいか	71%	71%
正しい	22	11
無解答	6	18

問15と問16は圧力の問題である。

問15は、答えられなかった者が一番多く、解答した者でも、Aを15 kg 重としたものはBを0.5 kg 重とし、Aを15 g重/cm^2 としたものは、Bを5 g重/cm^2 としたものがほとんどである。両方とも15 kg 重、あるいは15 g重/cm^2 と正しく答えたものはほとんどいない。水圧は、水面からの深さだけによって決まると習っているはずであるが、水（あるいは容器の）形がこのように違うと、もうあやふやになってしまう。

問16の気圧の問題も、正しいと答えた者が1～2割出て来てしまった。

まとめ

以上みてきたことを総合して、高松短期大学への入学者にみられる特徴をいくつかあげてみる。

- 1) 中学校等で習ったことを覚えていない、あるいは、基礎的な知識が不足している。
- 2) 多少覚えていたとしても、言葉や事柄だけを断片的にぼんやり記憶しているだけで、その意味を理解していない場合が多い。
- 3) いくつかの仮定をおくことによるある状況を、頭の中で想定することが不得意であり、どうしても目に見える現実世界から単純に連想されることを何となく予想してしまいがち

である。

4) 自分の知らないことに出合った場合に、自分のはっきり知っている事だけをもとに、素朴に論理を組み立て、結果を予想するという能力あるいは意欲が不足している。

すなわち、基礎知識の不足、論理的な思考力の不足等が概していえそうであるが、むしろ最も問題とすべきは、ゆっくり考えてみようという意欲の不足であるかもしれない。

今回の調査は、設問がごく一部の分野に限られており、またやや難解なものが多かったか、という気もする。今後、設問等をもっと整ったものにするとともに、調査対象をもっと広げて、よりの確な現状把握をはかってゆきたい。そしてそれを出発点として、短期大学における物理教育のあり方というような問題をも考えてゆきたい。

最後に、調査に協力して下さった高松短期大学学生の皆様や、問題を利用させていただいた板倉聖宣、江沢洋両先生に心から感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 板倉聖宣・江沢洋著 「物理入門 — 科学教育の現代化 —」 国土社 1964
- 2) 文部省編 「中学校指導書・理科編」
- 3) 「新しい科学 第1分野上下, 第2分野上下」東京書籍など 中学校理科教科書
- 4) 「物理 I, II」実教出版株式会社など 高等学校物理教科書