

物体に働く力のプレテスト結果

倉 庸 康

1. はじめに

物理教材の出発点は力学であり、力学の出発点は力である。したがって、物体に働く力を理解できなければ、物理のスタートでつまづくことになり、以後、教える先生も、勉強する生徒も大変な目にあう。

そこで、高校へ入学してくる生徒が、どの程度、力について理解しているかを知るため、いろいろな場合について、物体に働く力を、生徒に記入させた。その結果を以下にまとめてみた。

対象は、60年入学の高校1年生46人で、理科Iの時間を利用して5月に実施した。生徒は、高校入学後、まだ、物理分野の学習を行っていない段階である。

2. テストの内容と、その集計結果

以下に、問題と、その集計結果を記した。図中の①、②、……は、生徒の記入した力であり、数の多いものから順に番号をつけた。

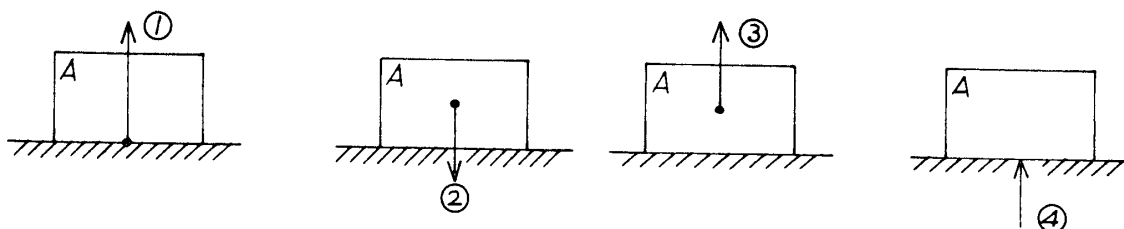
図の下の①、②、……のあとの数字は、記入した生徒数を%で表したものである。(その他計)は、それ以外の力の数の合計を%で表したものである。

また、その問題で、すべての力を正しく記入した者の数を、(正答)%で表し、また、力の作用点のみをまちがえた者の数を、(ほぼ正答)%で表した。

その後、各問についてのコメントを記入した。

(問題) 次の物体に働く力を記入せよ。空気の抵抗や浮力は考えない。

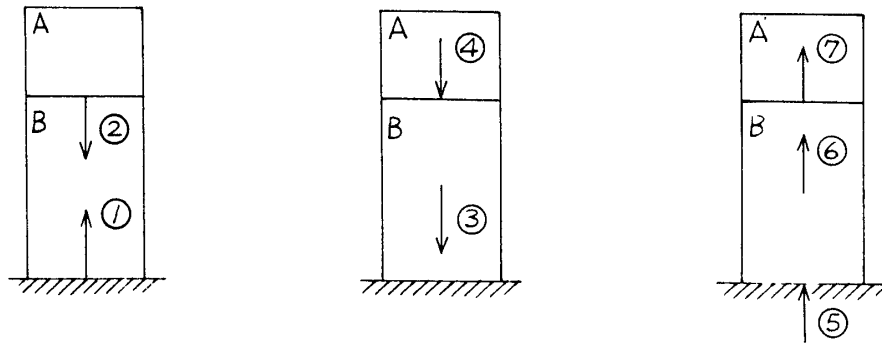
㌸ 床の上にある物体Aに働く力のみを記入せよ。床に働く力は書かないこと。



① 59 ② 50 ③ 17 ④ 9 (その他計) 9
(正答) 22 (ほぼ正答) 20

正答は、①、②である。③、④は、①、②の作用点がずれたもの(物体を、質点とみなしたものと考えることができる)であり、高校入学直後の段階としては、やむをえないと思う。しかし、正答と、ほぼ正答を合計しても半分に満たないのは、何とも心もとない。

(イ) 物体Bに働く力のみを記入せよ。



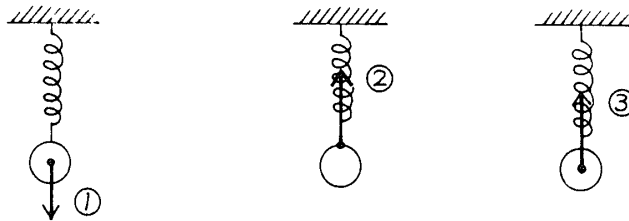
① 59 ② 54 ③ 48 ④ 9 ⑤ 9 ⑥ 9 ⑦ 9

(その他計) 7

(正答) 9 (ほぼ正答) 7

正答は、①、②、③である。④、⑤、⑥は、それぞれ②、①、①の作用点のずれたものである。⑦は、物体Aに働く力を記入したものである。

(ウ) 静止しているおもりに働く力のみを記入せよ。

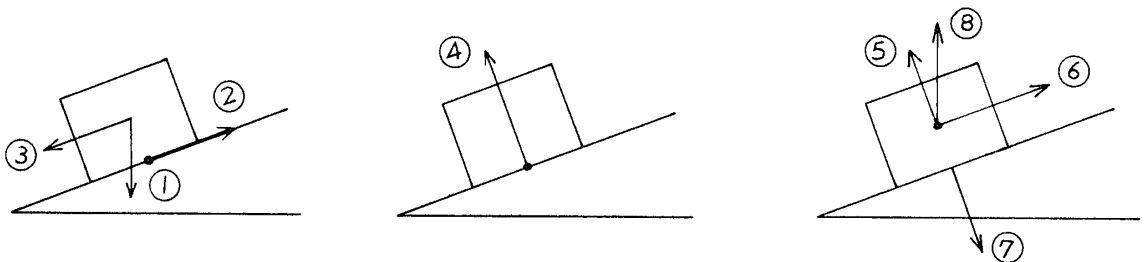


① 87 ② 57 ③ 35 (その他計) 7

(正答) 41 (ほぼ正答) 34

正答は、①、②である。③は、②の作用点のずれたものである。この問題は、正答と、ほぼ正答を合計すると75%となり、最も正答率が高かった。

(エ) まさつのある斜面上に静止したままの物体に働く力のみを記入せよ。



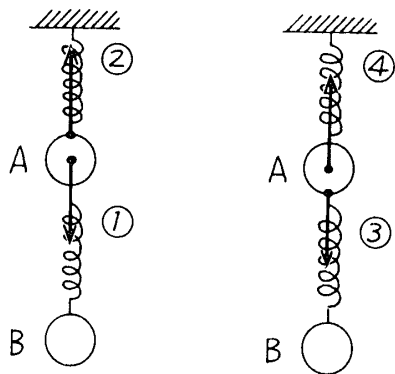
① 54 ② 41 ③ 41 ④ 33 ⑤ 28 ⑥ 24 ⑦ 11

⑧ 9 (その他計) 33

(正答) 13 (ほぼ正答) 17

正答は、①、②、④である。⑤、⑥は、④、②の作用点がずれたものである。⑦は斜面上に働く力を記入したもの、⑧は②と④の合力である。この場合、①、⑧でも、正答とすべきかもしれない。③は①の分力で、落ちようとする力である。

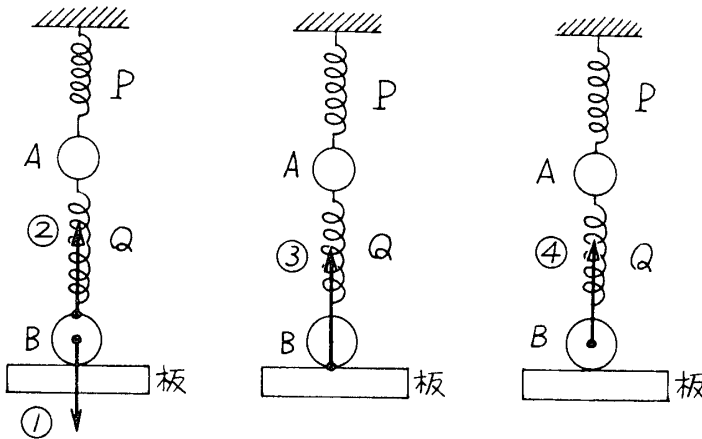
(イ) 静止しているおもりAに働く力のみを記入せよ。



- ① 76 ② 61 ③ 30
 ④ 28 (その他計) 7
 (正答) 13 (ほぼ正答) 0

正答は、①、②、③である。④は②の作用点がずれたものである。③と①の合力を、①または③として記入した者が少なからずいたのではないだろうか。合力と、実際の力の区別が必要である。

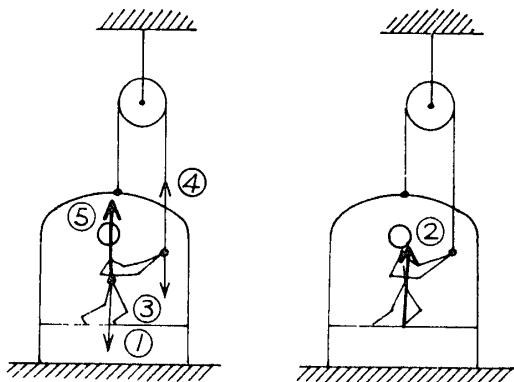
(ロ) 静止しているおもりBに働く力のみを記入せよ。ただし、ばねPとQは、自然の長さより長いとして考えよ。



- ① 65 ② 50
 ③ 41 ④ 30
 (その他計) 20
 (正答) 24
 (ほぼ正答) 2

正答は、①、②、③である。④は③の作用点がずれたものである。この問題のほうが前問より正答率が高いのは興味深い。

(ハ) かごに乗った人が、綱を引いているとき、人に働く力を記入せよ。

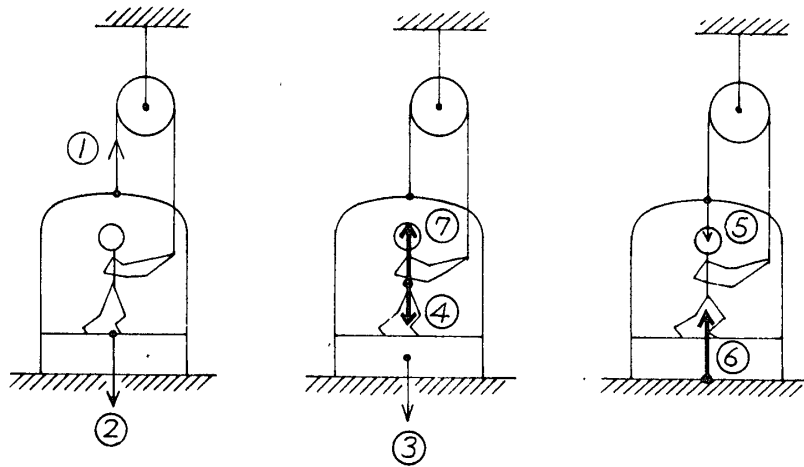


- ① 39 ② 39 ③ 35
 ④ 33 ⑤ 9
 (その他計) 26
 (正答) 4
 (ほぼ正答) 0

正答は、①、②、④である。③は綱に働く力を記入したもの。⑤は、②の作用点のずれたものである。この問題は、難しいため、4%の正答率となった。

(注) 両足に抗力を記入してある場合も、②の中に入れた。

(ウ) かごに乗った人が、綱を引いているとき、かごに働く力を記入せよ。



① 91 ② 28 ③ 22 ④ 13 ⑤ 13 ⑥ 11 ⑦ 11

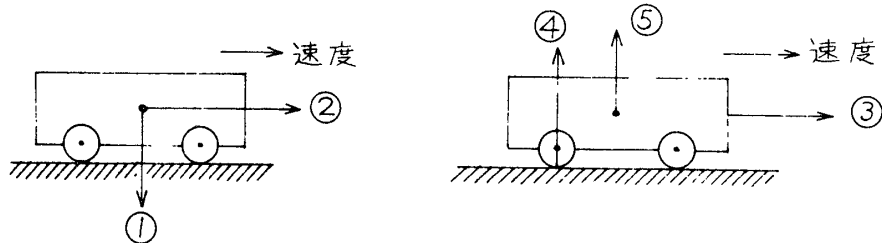
(その他計) 4

(正答) 0 (ほぼ正答) 0

正答は、①、②、③、⑥である。③は④でもよい。⑤は、綱にかかる力である。⑦は⑥の作用点のずれたものである。かごの重さを無視した人もいたようである。

これは難問のため、正答率は0となった。

(エ) まさつのない台車を、手で押してはなした後、台車に働く力を記入せよ。



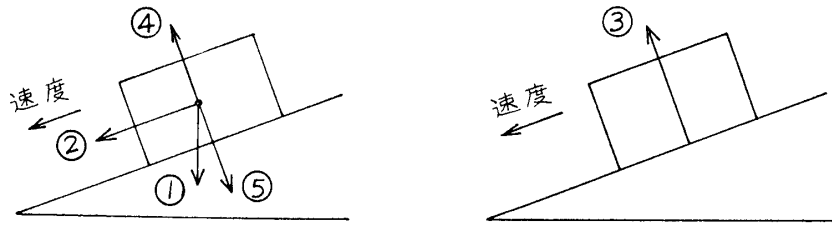
① 35 ② 33 ③ 22 ④ 15 ⑤ 15 (その他計) 26

(正答) 0 (ほぼ正答) 4

正答は、①、④である。両方の車輪に力を記入してある場合は④にまとめて集計した。

その他の中にも、速度の向きに力を記入した者がいるので、速度の向きに力を記入した者の合計は、59%に達する。手で押した時の力が台車に残っていると生徒は答える。運動量や運動エネルギー的発想である。しかし、この直感は、なかなか根強い。この直感を打ちくだかなければ、生徒も、ほんとうに物理はわからない。

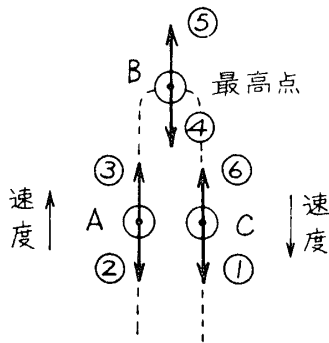
(ロ) まさつのない斜面をすべり降りている物体に働く力



① 78 ② 57 ③ 26 ④ 24 ⑤ 20 (その他計) 30
 (正答) 4 (ほぼ正答) 11

正答は、①、③である。④は③の作用点のずれたもの。②、⑤は①の分力である。②を記入している者の65%は①も記入している。矢印の長さ等からみて、②を記入した者は、①の他に②が働いていると考えているらしい。すなわち、速度の向きに力があるという発想である。

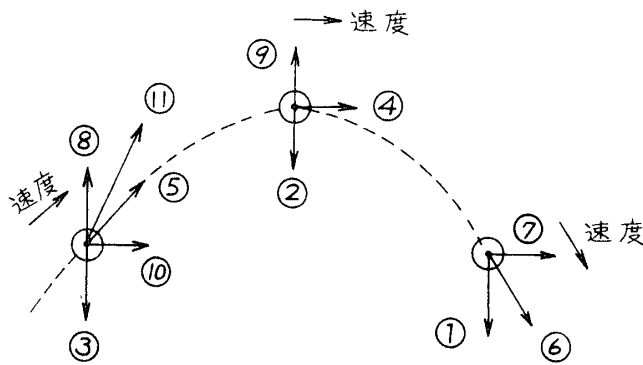
(ハ) 真上に投げ上げた物体が、運動中に受ける力を記入せよ。A、B、Cそれぞれの場合について答えよ。浮力や空気抵抗は考えない。



① 96 ② 74 ③ 72 ④ 67
 ⑤ 43 ⑥ 22 (その他計) 15
 (正答) 15 (ほぼ正答) 0

正答は、①、②、④である。ところが、速度の向きの力③を記入した者は、72%にも及び、正答率は15%にしかならなかった。③の力は、アリストテレス以来の直観にもとづいた力で、これを否定するのは並たいていではない。

(ニ) 斜めに投げ上げた物体が運動中に受ける力を記入せよ。A、B、Cそれぞれの場合について答えよ。



① 89 ② 87
 ③ 74 ④ 57
 ⑤ 46 ⑥ 43
 ⑦ 28 ⑧ 26
 ⑨ 22 ⑩ 20
 ⑪ 9
 (その他計) 33
 (正答) 20
 (ほぼ正答) 0

正答は、①、②、③である。④、⑤、⑥は、速度の向きの力、⑧、⑩は⑤の分力のつもりであろうか。⑪は、物体に働く力の合力が⑤となるために必要な力であろうか。⑨は、②を打ち消して、合力が④となるための力であろう。⑦も同様であろう。

この問題で、正答は、力を3つかけばよいのだが、生徒は平均すると、5.3個書いている。

3. 集計結果のまとめ

本校は、学力レベルの高い生徒が集まっているが、この問題に対する正答率は、ほぼ正答も正答に入れても、高いもので75%、低いものでは0%、平均すると、24%にしかならない。

誤答の原因をみると、次の3つに大別できる。

- ① 力をみのがしている。
 - ② 合力と分力と実際の力の区別ができていない。
 - ③ 運動の向き（すなわち速度の向き）に力があると信じている。
- 逆に、上の3つが解決すれば、ほとんど正答になると思われる。

①の対策としては、力は物体間の相互作用であり、重力などを除けば、力は物体と物体の接触面（点）で相手の物体から及ぼされることに注目すべきであろう。すなわち、物体Aに働く力を知りたければ、物体Aがどんな物体と接触しているかに注意すればよい。

②の対策としては、①と同じように、力を及ぼしてくれる相手の物体に注目すればよい。実際の力の分力や合力は、ほとんどの場合、その力を及ぼしてくれる相手の物体が見つからないはずである。したがって、物体〇〇から受ける〇〇力という言い方で力を記入すれば、問題はおこらない。

③の対策としては、生徒の直感にもとづくもので、根が深い。頭から押さえつけるようなやり方では、生徒はなかなか納得しないであろう。そこで、「速度の向きに力がありそうな気がするが、それは力ではなく、後に学習する運動量や、運動エネルギーの類である。物理で扱う力は、必ず、物体間の相互作用で、必ず、力を及ぼす相手の物体が存在し、作用と反作用が存在するものに限ることとする。そうすると、力と運動が合理的に説明できるようになる」というように説明するのが、1つの方法であろう。すなわち、「台車を押しはなした後、台車が手をはなれても手のひらに台車を押したときの力が、反作用として残っていないだろう」ということで、ある程度、納得させられるのではないだろうか。

以上のように、力は、物体間の相互作用として、しっかりとらえさせることが、力を理解させる上で重要であると思われる。その場合、慣性力などは、みかけの力として扱うほうが、わかりやすいであろう。

4. まとめ

今回の調査で、高校入学段階の生徒は、物体に働く力を、あまり正確には記入できないということがわかった。以前、同様な調査を行ったわけではないので、はっきりしたことはわからないが、旧課程の生徒のほうが、もう少し理解していたように思う。

本校のような高学力の生徒でも、このような様子であるから、高校物理では、静力学を、もっとしっかりやる必要があると思われる。