

H23 年度 (2011) センター試験 物理

110325

		分野	問題概要	難易度
第1問 小問 集合		問1 波動	固定端での音波の反射	C
		問2 力学	円周上を落下するおもりの速度	B
		問3 電気	静電誘導	C
		問4 波動	空気と水の境界面での音波の屈折	B
		問5 力学	ばねを用いた力のモーメントによるつりあい	B
		問6 *エネルギー	エネルギーの単位をもつ物理量の選択	B
第2問 電気	A	問1 *電気回路	白熱電灯2個の直列接続での電圧電流特性	C
		問2 電気回路	白熱電灯1個と抵抗の直列接続での電圧電流特性	C
	B	問3 電磁誘導	磁石の接近によってリングに発生する誘導電流	B
		問4 電磁誘導	磁石の離間によって1円玉に発生する誘導電流と磁場	A
第3問 波動	A	問1 光学, レンズ	凹レンズによる結像	C
		問2 同上	人間の目のレンズの作用	B
	B	問3 波動	音波の周期、振動数からの波長の算出	B
		問4 同上	音波の干渉	C
		問5 同上	音波の干渉	B
第4問 力学	A	問1 *力学, ばね	ばねの変位, 2個のばねの直列接続	B
		問2 同上	ばねのエネルギーと速度	B
力学	B	問3 力学, 運動	摩擦のある面上での運動	B
		問4 同上	同上	B
気体	C	問5 気体, 液体	気体の圧力、液体による浮力	A
		問6 同上	気体、液体の圧力と力のつりあい	A

合計 21 問 (\*は2問回答) A : 3 問 B : 12 問 C : 6 問 難易度 : A 高, B 中, C 低

< 総評 >

22 年度に比べて、難易度 A が減って、やや容易な問題になったと思う。私が解いてみて、難しいと感じたのは、難易度 A の 3 問であった。そして、見事 2 つを間違えた。そのうち、1 問はちょっとした勘違いだったから許せるが、もう 1 問の誤りがどうにも分からない。それが第 4 問の問 6 である。再度、考えたら、考慮すべき力を考慮していなかった。

物理で重要なことは、物理的思考力である。問題文が示す物理現象を理解しながら追っていき、解答を得るための確かな思考が問われるのである。むろん、その前提として基礎となる複数の知識が必要であり、それらを組み合わせて、時間、空間あるいは他の物理量の変化の中である物理量がどのように変わるのかを思考できなければならない。

とはいっても、センター試験に出てくる物理現象は教科書に出るものと同等レベルであって、それを理解して応用していけば良いのだから、恐れることはない。上記のように多くが難易度 B, C である。

第1問 (配点 31)

問1 ③ 難易度C

固定端では、媒質の変位は0でなければならないから、入射波と反射波の重ね合せが固定端で0になるような、反射波が発生する。四つのグラフのうち、①④は、そもそも反射波になっていないので棄却される。②と③を比較すると、固定端の条件を満足するのは③である。

コメント：固定端の意味を知っておかなければならない。

問2 ② 難易度B

おもりの質量を $m$ とする。おもりが得た運動エネルギーは $\frac{mv^2}{2}$ 。

失った位置エネルギーは $mg(L - L\cos\theta)$ 。エネルギー保存の法則により、両者は等しいから、

$$\frac{mv^2}{2} = mg(L - L\cos\theta)。したがって、v = \sqrt{2L(1 - \cos\theta)g}。 \theta = 90^\circ で v = \sqrt{2gL} だから、②。$$

問3 ① 難易度C

ストローは負に帯電しているのだから、木材片をストローに近づけると、ストローに近い側には、静電誘導によって、正の電荷が現れる。その結果、静電気力によって、ストローの端Aは木材片に近づく。

問4 ④ 難易度B

図1のように音波 $a$ と平行な $a'$ を考える。音波 $a$ が水に入射する点を $B$ とし、 $B$ を通る波面と $a'$ の交点を $B'$ とする。すると、音波 $a'$ が $B'$ から $C'$ に進む間に、音波 $a$ は屈折して $B$ から $C$ へ進む。 $CC'$ は屈折後の波面である。水中の音速は空気中に対して約4.5倍だから、 $BC$ は $B'C'$ の約4.5倍でなければならない。そのような屈折波は④である。

コメント：問題図4に図1のように波面を書き込んで、音速の約4.5倍を確認する。

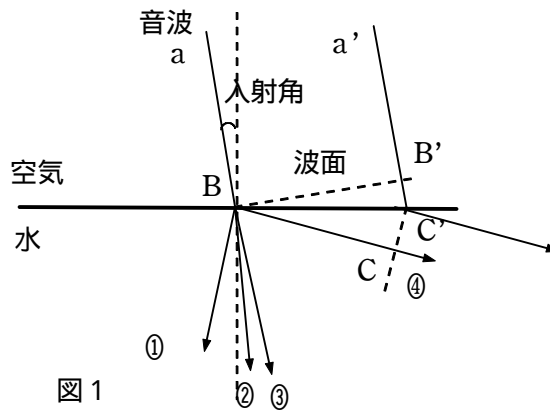


図1

問5 ② 難易度B

ばねの伸びを  $x$  , ばね定数を  $k$  とすると, 棒の一端に  $kx$  の力が水平方向に働く。天井との取り付け点を支点として, 棒に  $Lkx\cos\theta$  の力のモーメントが働く。一方, 重力によって, 棒の重心(中点)に  $mg$  の力が働き, 棒に力のモーメント  $\frac{Lmg\sin\theta}{2}$  が働く。この両者がつりあっているので,

$$Lkx\cos\theta = \frac{Lmg\sin\theta}{2} \text{ だから, } x = \frac{mgtan\theta}{2k} \text{ となる。}$$

問6 ① ⑥ 難易度B

①は力とその動作距離は仕事であり, エネルギーの単位になる。②は力。③は時間当たりのエネルギー(仕事率)で単位はワット。④は電圧。⑤面にかかる全圧力。⑥は熱量だから単位はエネルギー。

第2問(配点 20)

A

問1 ④ ④ 難易度C

同じ白熱電灯2個の直列接続に100Vを印加したのだから, 1個の白熱電灯に加わる電圧は50V。このときの電流はグラフから0.45Aだから, 消費電力は $50 \times 0.45$ , 2個の和は45Wとなる。

問2 ③ 難易度C

電圧0で電流は0から増加するから, ②④のグラフはおかしい。100Ωの抵抗が直列接続されているのだから, 電灯1個のグラフと同じ①はおかしい。

B

問3 ① 難易度B

棒磁石のN極をリングに近づけると, リングを通るN極からS極に向かう磁束が増加する。したがって, 電磁誘導によりその増加を妨げるような電流がリングに流れる。その電流は右ねじの法則によって, Aである。電流の大きさは, 磁束の変化の大きさに比例するので, 棒磁石を近づける速さを大きくすると, リングに流れる誘導電流は大きくなる。

問4 ② 難易度A

初期の静止状態では1円玉にはN極からS極に向かう磁束が通っていた。磁石を鉛直上向きに動かすと, その磁束が減少するから, それを妨げるような誘導電流が流れる。すなわちS極へ入る磁束が増加するような電流は右ねじの法則により, Aの反時計回りである。この電流はN極からS極へ向かう磁束を形成するわけだから, 1円玉の上面にN極をもつ磁石の磁場の向きと同じである。したがって, 1円玉には磁石のS極によって上向きの力が働く。

コメント: 電磁誘導における磁場と電流の関係を的確に把握していることが必要である。二者択一のそれぞれについて, 物理的思考によって正答を得たい。

第3問 (配点 20)

A

問1 ⑥ 難易度C

凹レンズは光線を発散させる特性をもつから、物体と反対側から見ると、あたかもレンズの向こう側に小さい物体があるかのように見える。これは物体の虚像である。したがって、虚像が物体と同じ側に物体とレンズの距離より小さいところにできる。

コメント：凹レンズの基本的性質である。像が小さく見える理由である。教科書に図が出ている。

問2 ① 難易度B

凸レンズの結像の公式によって考えると良い。 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 、 $a$ は物体とレンズ(人の眼では角膜と水晶体の部分)との距離、 $b$ はレンズと網膜の距離、 $f$ はレンズの焦点距離である。物体までの距離が大きくなると、すなわち $a$ が大きくなると、焦点距離 $f$ は大きくなるように調節される。網膜までの距離 $b$ は変化しない。もし $f$ を十分大きくできないと、 $b$ は小さくなるので、実像は網膜より前方にできる。

コメント：人間の目が遠くでも近くでも明瞭に見ることができるのは、水晶体が物体の遠近によって焦点距離を変えることができるからである。物体が遠くなると、水晶体を保持している筋肉が弛緩して水晶体の曲率半径が大きくなり、焦点距離が長くなる。近くなると、緊張して曲率半径が小さくなり焦点距離が短くなる。このようにして、物体の遠近にかかわらず一定の位置にある網膜上に像を結ぶことができる。

いわゆる老眼とは、老化によって水晶体の焦点距離調節機能が不調になって、焦点距離の調整範囲が狭くなってしまうことである。多くの人は遠くが良く見えるので、老化した場合には遠くに焦点があって、近くがぼやけてしまうので、老眼とは近くが良く見えない、本や新聞が読めなくなることだというのは、厳密には誤解である。若い頃、近視の人は老化しても、近くに焦点があう場合が多く、新聞等を眼鏡なしで読むことができる。しかし、焦点の調整範囲が狭くなっているので、中距離から遠距離までは良く見えなくなる。

B

問3 ④ 難易度B

音波の振動数×波長＝音速。グラフから音波の振動数 $f_0 = \frac{1}{2 \times 10^{-3}} = 500$ ,

したがって、波長 $\lambda = \frac{340}{500} = 0.68\text{m}$ 。

コメント：グラフの横軸は時間である。P点での音波による空気圧力の時間変化のグラフである。ここから、音波の周期が $2 \times 10^{-3}$ と読み取れる。振動数は周期の逆数である。

問4 ④ 難易度C

音波が弱めあうのは経路差が半波長の奇数倍のときである。

コメント：経路長の差が波長の整数倍だと、波の山と山、谷と谷が重なるので、二つの音波は強めあ

う。半波長のずれとなる位置では、音波の山と谷、谷と山が重なるので、弱めあう。

問5 ⑥ 難易度 B

問題の図2から見て、P点では音波の山と谷が重なっているので、P点で音波は弱めあう。振動数を2倍にした音波では、波長が半分になるので、図2の谷を示す破線は全て山を示す実線に変わるので、P点で音波は強めあう。逆位相で発生させた場合は、どちらかのスピーカーからの音波の波面が破線（谷）となるのでP点で音波は弱めあう。

第4問（配点 29）

A

問1 ⑥ ⑥ 難易度 B

ばね $S_1$ にかかるおもりの重力とばねの力が等しいので、 $(m + M)g = kx_1$ 。  $x_1 = \frac{(m + M)g}{k}$

ばね $S_2$ にかかるおもりの重力とばねの力が等しいので、 $Mg = kx_2$ 。  $x_2 = \frac{Mg}{k}$

コメント：ばね $S_1$ には、二つのおもりの重力が働いていることに注意しなければならない。

問2 ④ 難易度 B

エネルギー保存の法則によって考える。切り離すときにもっていたエネルギーはばねが伸びていたことによる弾性エネルギーであり、 $\frac{kx_1^2}{2}$ 。自然長に戻ったときのエネルギーは、おもりの運動エネルギー $-\frac{mv^2}{2}$ と位置エネルギー $-mgx_1$ 。エネルギー保存の法則により、

$$\frac{kx_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgx_1, \text{ したがって } v = \sqrt{\frac{k}{m}x_1^2 - 2gx_1}$$

コメント：ばね $S_1$ には物体 $A_2$ の重力 $Mg$ も働いて静止していた。 $A_2$ が切り離されると、つり合いが崩れ、ばね $S_1$ が縮もうとするので $A_1$ は上方に動き始める。自然長に戻ったとき、弾性エネルギーを失うが、運動エネルギーと重力による位置エネルギーを得る。

B

問3 ③ 難易度 B

等速運動をしているので、力がつりあっている。すなわち、物体Aには摩擦力 $\mu'_A Mg$ 、物体Bには摩擦力 $\mu'_B mg$ が $F$ とは反対方向に働いている。したがって、 $F = (\mu'_A M + \mu'_B m)g$ 。

もう少し厳密に考えると、物体Aのつりあいとして、 $F = \mu'_A Mg + T$ 、ただし $T$ は糸の張力。物体Bのつりあいとして、 $T = \mu'_B mg$ 。両式から $T$ を消去すれば、 $F = (\mu'_A M + \mu'_B m)g$ を得る。

問4 ⑥ 難易度 B

物体A、B間の糸がゆるんだということは、物体Aの方が早く減速したということである。すなわち、それぞれの運動方程式は $M\alpha_A = -\mu'_A Mg$ 、 $m\alpha_B = -\mu'_B mg$ であるから、

$\alpha_A = -\mu'_A g$ ,  $\alpha_B = -\mu'_B g$  となって,  $|\alpha_A| > |\alpha_B|$  だから,  $\mu'_A > \mu'_B$

物体Aの方が早く減速しているわけだから, 静止するまでの時間は  $t_A < t_B$

コメント: 直感的な判断で, 物体Aの方が早く減速するということから, 答が求まる。

C

問5 ③ 難易度 A

水温を  $43^\circ\text{C}$  にしたときの気柱の圧力と高さを  $P'$ ,  $l'$  とすれば, ボイル・シャルルの法則により,

$$\frac{PlS}{273+15} = \frac{P'l'S}{273+43}$$

しかるに,  $P = P'$  である。なぜなら気柱の圧力は大気圧と浮力の和であり, 浮力は円筒の単位面積

当たりの円筒の重力に等しいからである。したがって,  $\frac{l'}{l} = \frac{316}{288} = 1.097 \approx 1.1$

コメント: 気柱の圧力が変わらないということがポイントである。そのことを直感的に理解し、物理的に思考する必要がある。

図2のように, 円筒の水面下の長さを  $l_1$ , 円筒内の水柱の高さを  $l_2$  とすれば, 円筒の最下面での圧力は円筒の内外で等しいから, 温度  $15^\circ\text{C}$  でも  $45^\circ\text{C}$  ( 'をつけて記載) でも以下の式が成立する。

$$P_0 + \rho l_1 g = P + \rho l_2 g \quad , \quad P_0 + \rho l_1' g = P' + \rho l_2' g \quad ,$$

円筒は浮力によって浮いているから, 同様に

$$Mg = (l_1 - l_2)S\rho g \quad , \quad Mg = (l_1' - l_2')S\rho g \quad ,$$

$$, \quad \text{から} \quad , P = P_0 + \frac{Mg}{S} \quad , \quad , \quad \text{から} \quad , P' = P_0 + \frac{Mg}{S}$$

したがって,  $P = P'$

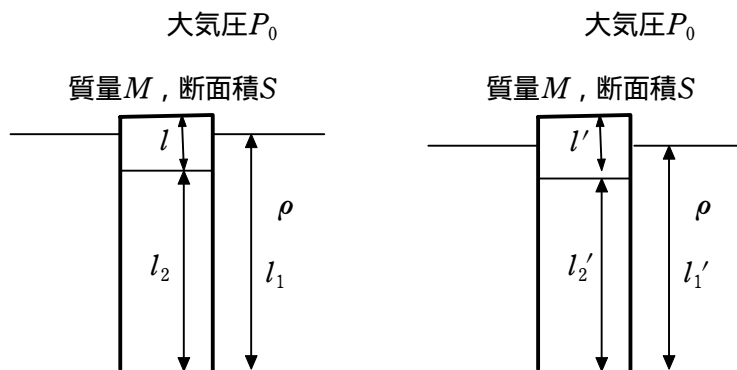


図2

問6 ① 難易度A

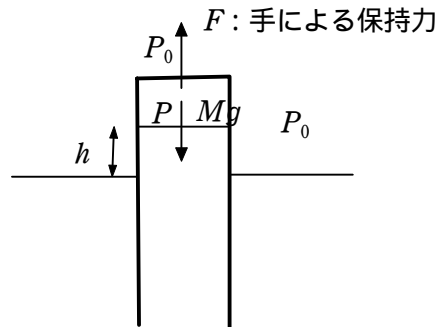


図3

図3における力のつり合いを考える。気柱の圧力を $P$ とし、円筒の底面に働く圧力を考える。円筒に上向きに加わる力は $F + PS$ ，下向きに加わる力は円筒の質量による重力 $Mg$ と大気圧 $P_0S$ ，両者がつり合っているので，

$$F + PS = Mg + P_0S$$

一方，円筒外の水面を基準にすると，気柱と水柱の圧力 $PS + \rho hSg$ と外気の圧力 $P_0S$ がつり合っているので，

$$PS + \rho hSg = P_0S$$

— によって， $F = Mg + \rho ghS$

コメント：円筒は静止しているので，力がつりあっている。円筒には保持している手の力に加え，重力と底面に大気圧と気柱の圧力が作用している。これを示すのが である。そして，気柱と大気圧の差が水柱の圧力である。これが である。 を見ると，手で保持する力は円筒の重力と水柱の重力になっている。あたかも水を持ち上げていることになる。

1100326