

H25 年度 (2013 年度) センター試験 物理 解説

130309

		分野	問題概要	難易度
第 1 問 小問 集合		問 1 音波の干渉	バイオリンの弦とおんさの音のうなり	C
		問 2 エネルギー	海水の運動エネルギーと発電機による電力	C
		問 3 静電気	静電誘導と金属板の帯電	B
		問 4 力学, 運動	重力下での自然落下運動と投げ上げ運動	B
		問 5 波動	水面波が小孔を通過するときの回折	C
		問 6 力学, 浮力	棒の両端に吊したおもりの水中でのつりあい	B
第 2 問 電気	A	問 1 電磁場, 運動	斜面を滑り落ちる磁石が誘導するコイルの電流	C
		問 2 電磁場, 運動	上記でコイルに発生する起電力の波形	A
	B	問 3 * 電気回路	抵抗の直列接続による電流と抵抗	C
		問 4 電気回路	抵抗の直列接続と並列接続の消費電力	B
第 3 問 波動	A	問 1 光とレンズ	レンズによる像の形成	C
		問 2 同上	レンズの公式を活用した像の形成位置	B
	B	問 3 音波	音波の干渉による音の大きさの変化	B
		問 4 同上	音波の干渉と減衰による音の大きさの変化	B
第 4 問 力学 力学 気体	A	問 1 力学, 運動, ばね	ばねに接続された物体の斜面での滑落時間	B
		問 2 同上	同上で滑落距離	A
		問 3 同上	同上で物体の位置エネルギーと滑落距離のグラフ	B
	B	問 4 力学, 運動	あらい床面での等加速度運動と動摩擦力	B
		問 5 同上	同上で物体の速さ	A
		問 6 同上	同上で物体の移動距離 (位置) と時間の関係グラフ	B
	C	問 7 気体の温度と仕事	気体の断熱変化での温度変化と仕事	B
		問 8 同上	気体の状態変化での温度変化	B

合計 22 問 (* は 2 解答) 2 A : 3 問 B : 13 問 C : 6 問 難易度 : A 高, B 中, C 低
< 総評 >

昨年度より 1 問増えた。24 年度より容易になったように思う。

どの問題も教科書を的確に理解していれば解答可能な基本的な問題である。問題が問うている物理の論理や過程をしっかりと把握し、理解し、解答するという勉強を繰り返すことによって、80% 以上の高得点を得ることが可能になる。

第 1 問の問 3 の静電誘導による帯電の問題は良く出る。電磁気の基礎過程だから、的確に答えたい。第 2 問 A の電磁誘導による起電力発生も想定実験を変化させながら、良く出題される。今回は磁石を斜面上で滑らせてコイル上を通過させる実験構成である。

第 4 問 A, B とも力学, 運動の問題である。A ではばねに接続された物体の斜面での滑落、B ではあらい床面での運動という実験が設定されている。いずれにおいても、運動の式やエネルギーの保存の法則を上手に活用することが必要である。

C は気体の状態変化の問題だが、単純な過程だけに的確な理解が問われる。

第1問 (配点 30)

問1 ① 難易度C

おんさの音よりわずかに低い音だから、バイオリンの振動数 f_v は440.0Hzより小さい。振動数の差がうなりの毎秒発生する回数である。毎秒、うなりの発生する回数 $=\frac{1}{0.5}=2=440-f_v$ 。

したがって、 $f_v=440.0-2.0=438.0$

問2 ③ 難易度C

海水の質量が $3.0 \times 10^3 \text{kg}$ ，速さが毎秒 $\frac{3.6 \times 10^3}{60 \times 60} = 1 \text{m}$ だから，海水が提供する毎秒の運動エネルギーは， $\frac{1}{2} \times 3.0 \times 10^3 \times 1^2 = 1.5 \times 10^3 \text{W}$ である。したがって，得られた電力は海水の運動エネルギーの $4.5 \times 10^2 / 1.5 \times 10^3 = 0.3$ すなわち30%である。

問3 ③ 難易度B

アの操作において，静電誘導により金属円板Cの下面が正に帯電するので，A，Bは負に帯電する。したがって，イの操作によってAを分離すると，Aは負に帯電したままである。ウの操作によって，Cの下面の正の帯電は金属円板B，Cに移動する。したがってエの操作によって，B，Cとも正に帯電している。

コメント：負に帯電した塩化ビニル棒を金属円板に接近させると，金属中の電子が反発して遠ざかるので，Cの下面は正に帯電する（電子が不足した状態になる）。Aは電子が過剰になるので，負に帯電する。そのままAを分離すると，過剰な電子が残ったままだから，Aは負に帯電したままである。塩化ビニル棒を遠ざけると，電子の不足はB，Cに広がるから，Bは正に帯電する。

問4 ② 難易度B

小物体Aが落下に要する時間を t_A とすれば， $h = \frac{1}{2}gt_A^2$ だから， $t_A = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

小物体Bを初速 v で投げ上げたときの時刻 t における高さは， $y = vt - \frac{1}{2}gt^2 = t\left(v - \frac{1}{2}gt\right)$

したがって，Bが地面に戻ってくるまでの時間は $y=0$ として， $t_B = \frac{2v}{g}$

$t_A = t_B$ だから， $\frac{2v}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，したがって $v = \sqrt{\frac{gh}{2}}$

コメント：重力が働く場合の自由落下運動，投げ上げ運動などの諸式は的確に理解し活用できるようにすること。

問5 ② 難易度C

振動数が半分ということは，水面波の速さは変わらないので，波長が2倍になる。したがって波面の間隔が2倍に広がり，つい立ての背後に回り込む範囲も広がる。したがって，最も適当なものは②である。

問6 ④ 難易度B

棒は水平に静止しているため、左右のおもりによる棒に働く力のモーメントは同じである。

左のおもりの力は、浮力が $2\rho Vg$ だから、 $mg - 2\rho Vg$

右のおもりの力は、浮力が ρVg だから、 $mg - \rho Vg$

棒に働く左右の力のモーメントが等しいので、 $(m - 2\rho V)ga = (m - \rho V)gb$

$$\frac{a}{b} = \frac{m - \rho V}{m - 2\rho V}$$

第2問 (配点 20)

A

問1 ② 難易度C

磁石をより強い磁石にすると、コイルを横切る磁束が増加するので、より大きな電流がコイルに流れる。コイルの巻き数を半分にする、発生する電流はコイルの巻き数に比例するので、電流は減少する。したがって、最も適当なものは②である。

問2 ③ 難易度A

コイルに発生する起電力は、コイルを横切る磁束の変化の大きさに比例する。磁石は等加速度運動するから、コイルA上よりもB上の方で速く動く。したがって、コイルAよりBの方が大きい電圧が発生する。すると、適当なグラフは①か③である。コイルに発生する電圧は磁石がコイルを横切る磁束の変化とは逆方向の磁束を発生するように発生する。コイルを横切る磁石の磁束は上向きであり、増加して減少する。磁束の増加を減少させるように電圧が発生し、その後、磁束の減少を増加させるように電圧が発生するので、電圧の向きが反転する。したがって、適当なグラフは③である。

コメント：誘導起電力の発生過程を的確に把握していなければならない。ただし、4択だから、直感が働く余地がある。変化が速ければ、起電力は大きいはずだ、という直感。コイルを横切る磁束は増えて減るのだから、電圧の方向が逆になるのではないか、という直感である。

B

問3 ④ ③ 難易度C

R_2 にかかる電圧が12Vだから、 R_3 にかかる電圧は18V。電流は、 $\frac{18}{R_3} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0.6A$

したがって、 $R_3 = 30\Omega$ 。また R_1 に流れる電流は $\frac{30}{60} = 0.5A$ 。

したがって、電流計を流れる電流は $0.6 + 0.5 = 1.1A$

コメント：電気回路の基本的な問題だから、確実にできること。

問4 ⑥ 難易度B

R_4 が変化しても、 R_1 にかかる電圧は30Vのまま変化しないから、 R_1 の消費電力 P_1 は変化しない。

R_4 が増加すると、 R_2 に流れる電流は減少するから、 R_2 の消費電力 P_2 は減少する。

コメント：抵抗の直列接続，並列接続の基本的な理解が必要である。

第3問 (配点 18)

A

問1 ① 難易度C

レンズを半分覆うということは，ろうそくからの光がそれだけ減少するということである。レンズの下半分を透過する光がろうそくの実像を形成する。したがって，レンズの実像は，形は変わらず暗くなる。他の選択肢はすべて誤りである。

コメント：レンズの一部もまた同じレンズ機能をもっている。一部を覆って光が透過しなくても実像の形が変わることはない。覆った分だけ，光量が減少する。

問2 ① 難易度B

光軸に平行な光線を入射させたときに光が集まる位置が焦点である。したがって，レンズの焦点距離が15cmである。レンズと実像の距離が60cmとすれば， $\frac{1}{a} + \frac{1}{60} = \frac{1}{15}$ のレンズの結像の式により，ろうそくとレンズの距離 $OA = a = 20\text{cm}$ 。また，像の倍率は $OB/OA = \frac{60}{20} = 3$ 倍となる。

コメント：レンズの焦点距離を求めた上で，レンズの結像の式を使う。

B

問3 ④ 難易度B

筒CでメガホンA，Bからの音波が干渉する。OP，OQの差が波長の整数倍の場合，干渉により音波が強めあって大きな音になる。半波長の場合，弱めあって音は小さくなる。音波の波長は，音速/振動数だから， $\frac{340}{1700} = 0.2\text{ m}$ 。メガホンBが点Qにあるとき， $OP = OQ$ だから，筒Cの音が最大になり，その後小さくなっていく。点Rから再び音が大きくなり始めたということは，Rにおいて音が最小になったということである。したがって，点RはQから半波長 0 に近づいた点である。したがって，距離ORは $1.2 - 0.2/2 = 1.10\text{m}$ 。点Rを音が最大になる位置だと勘違いしないこと。

問4 ⑥ 難易度B

x 軸に沿って、スピーカーが移動すると，スピーカーからメガホンAとBまでの距離が変化し，筒Cでの音波の干渉の状態が変化する。スピーカーが原点Oにあるとき，距離が等しくなるので，音波が強めあって最大となる。スピーカーが y 軸に沿って Y_1 から Y_2 に移動すると，メガホンA，Bまでの距離は等しいまま，次第に近づくので，徐々に音が大きくなる。

第4問 (配点 32)

A

問1 ④ 難易度B

物体はAからBまでの斜面を重力によって滑り落ちる。加速度は重力の斜面方向成分だから，

$g \sin \theta$, したがって距離 l 滑るために要する時間を t とすれば, $l = \frac{1}{2}(g \sin \theta)t^2$

したがって, $t = \sqrt{\frac{2l}{g \sin \theta}}$

問2 ③ 難易度 A

物体とA点との距離を x とする。するとエネルギー保存の法則により

(x 点に対するA点での物体の位置エネルギー)

= (x 点における物体の運動エネルギー) + (x 点におけるばねの弾性エネルギー)

したがって物体の速さを v として, $mgx \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(x-l)^2$ だから, $x' = x - l$ とおいて,

$$\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}kx'^2 + mgx' \sin \theta + mgl \sin \theta = -\frac{1}{2}k\left(x' - \frac{2mg \sin \theta}{k}x'\right) + mgl \sin \theta$$

$$= -\frac{1}{2}k\left(x' - \frac{mg \sin \theta}{k}\right)^2 + \frac{1}{2k}(mg \sin \theta)^2 + mgl \sin \theta$$

$x' = x - l = \frac{mg \sin \theta}{k}$ のとき, 運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ が最大, すなわち速さが最大となる。

コメント: 解答の方針を考え出すための着想が必要になるので, 難しい問題である。物体の速さが最大ということから, 運動エネルギーが最大ということに気づけば方針が着想できる。物体が滑った距離 x によって失われた重力の位置エネルギーが, 物体の運動エネルギーとばねが伸びた弾性力による位置エネルギーに変化する。この着想については, 問3を読むことによって得られる可能性がある。

距離 x が大きいほど, 大きな重力位置エネルギーが失われ, 運動エネルギーと弾性位置エネルギーに変化する。弾性位置エネルギーは距離 x の2乗ほどで増大するので, x が大きくなると失われた重力位置エネルギーはほとんど弾性位置エネルギーになってしまう。つまり運動エネルギーが0, すなわち物体が静止する。したがって, どこかに運動エネルギーが最大になる x が存在するということになる。

$x' = x - l$ として, 運動エネルギーが x' の2次関数として求まるので, 常套的な式の変形により, 最大値を与える x' を求める。

問3 ① 難易度 B

4者選択だから, グラフを視察して, 分類し, 不適当なものを除外する。D点で物体は静止したのだから, D点での位置エネルギーはA点と同じである。したがって, ②, ④は不適当である。C点で速さが最大だから, 位置エネルギーは最小である。すると, ③は不適当である。①は不適当なところはない。

コメント: 物体とばねのもつ全エネルギーすなわち, (重力による位置エネルギー) + (弾性力による位置エネルギー) + (運動エネルギー) が一定である。エネルギー保存の法則が教えるところである。C点で速さが最大だから, 運動エネルギーが最大となる。したがって, 位置エネルギーが最小になる。D点で物体の速さが0だから, 位置エネルギー(この場合, ばねの弾性エネルギー)はA点と同じにならなければならない。A点での重力による位置エネルギーがD点ではばねの弾性力による

位置エネルギーに変化した。

B

問4 ② 難易度 B

動摩擦力＝動摩擦係数×垂直抗力である。物体の下方に働く力が mg ，物体の上方に働く力が $F\sin\theta$ だから，垂直抗力は $(mg - F\sin\theta)$ である。したがって， $f = \mu'(mg - F\sin\theta)$

問5 ⑥ 難易度 A

小物体の運動エネルギーは，力によってなされた仕事である。小物体に働く力は $F\cos\theta$ とそれと反対方向に動摩擦力 f だから，エネルギー保存の法則により

$$\frac{1}{2}mv^2 = (F\cos\theta - f)l, v = \sqrt{\frac{2l(F\cos\theta - f)}{m}}$$

コメント： F がする仕事は，小物体の運動エネルギーと摩擦力による仕事に変わると考えても良い。

$$(F\cos\theta)l = \frac{1}{2}mv^2 + fl$$

問6 ③ 難易度 B

6つのグラフを分類してみる。 l までのグラフは直線，下に凸の2次関数状，上に凸の2次関数状に分かれる。小物体は $(F\cos\theta - f)$ なる一定の力による，等加速度運動をするので，距離は時間に関する下に凸の2次関数になる。したがって，適当なものは，①と③である。次に， l で力 F がなくなり，進行方向とは逆に動摩擦力のみが働くので，距離は時間に関する上に凸の2次関数となる。したがって，適当なのは③である。

コメント：グラフの選択問題は，グラフの特徴に着目することが必要である。距離 l までのグラフが直線，上に凸の放物線，下に凸の放物線の3種類に分かれる。距離 l を過ぎた後のグラフも同様である。

距離 l 前後のグラフの組合せが適当なものを選ぶ。時間と距離の関係が直線ならば等速運動である。ここでは等速運動でないから，直線を含むグラフは棄却される。距離 l までは，一定の F と f が働き，その後は一定の f のみが働く等加速度運動である。

C

問7 ⑩ 難易度 B

熱の出入りがなくまま気体が膨張したのだから，断熱膨張であり，温度は低下する。したがって， $T_0 > T_1$ である。熱の出入りがなくまま，気体は収縮して温度 T_0 に戻ったのだから，気体の内部エネルギーの変化はない。したがって， $W_1 + W_2 = 0$ である。

コメント：問題の過程を的確に把握することを必要とする。最初の過程では，気体は膨張するので仕事をする。熱の吸収がないので，気体の温度は低下する。熱力学の第一法則の教えるところである。

次の過程では，気体は収縮するので，仕事をされる。熱の放出がないので，温度は上昇し，元の温度へ戻る。熱力学の第一法則の教えるところによれば， W_1 は気体の温度低下による内部エネルギーの低下に等しく， W_2 は気体の温度上昇による内部エネルギーの上昇に等しい。温度低下の量と温

度上昇の量は等しいので、 $W_1+W_2=0$ である。

問8 ① 難易度B

熱の出入りと仕事のないまま、気体が膨張したのだから、気体の内部エネルギーは変化しない。したがって気体の温度は変化しないので、 $T_0=T_3$ である。次の過程は熱の出入りのないまま、気体は圧縮されたのだから、仕事をされたことになり、内部エネルギーは増大する。したがって温度は上昇するので、 $T_3 < T_4$ である。

130309