

2019 年度大学入試センター試験 解説 〈物理基礎〉

第 1 問 小問集合

問 1 物体が床から離れた瞬間、床から働く垂直抗力は 0 となり、物体に働く重力とばねの弾性力が釣り合っている。よって、

$$mg = kx \quad \therefore x = \frac{mg}{k}$$

(答) …②

問 2 なめらかな面では水平方向に力を受けないので、点 A より左側と点 B より右側では小物体は等速直線運動をする。選択肢③と④は点 B より右側 ($t > t_B$) で速度が一定となっていないため誤り。

あらい面では、小物体は動摩擦力を受けて減速する。動摩擦係数は一定とあるので、動摩擦力は一定であり、小物体は一定の割合で連続的に減速する等加速度直線運動をする。よって、AB 間 ($0 < t < t_B$) で一定の傾きで減速する選択肢②が正解である。

(答) …②

問 3 振動数は周波数とも呼ばれる。電磁波とは、電場と磁場の振動が波として空間を伝わる現象で、周波数の低い(小さい)(波長の長い)順に、

電波、赤外線、可視光線、紫外線、X 線、 γ 線

と大きく分類される。

(答) …③

問 4 選択肢①：元素は原子核内の陽子が 1 個なら水素、陽子が 2 個ならヘリウム、というように陽子の数で決まる。よって「中性子」の部分が「陽子」の誤り。

選択肢②：透過力は電磁波である γ 線が最も高く、電離作用は大きな正電荷を持っている α 線が最も高い。よって「放射線の種類によらずほぼ等しい」の部分が「放射線の種類によって異なる」の誤り。

選択肢④：電磁波は、進行方向に対して垂直に振動する横波である。よって 1 行目「縦波」の部分が「横波」の誤り。また、X 線による胸部レントゲン撮影は X 線の透過性を利用している。よって 2 行目「X 線が縦波である性質」の部分が「X 線の透過性」の誤り。

選択肢⑤：原子炉では炉が暴走しないように連鎖反応を「制御」してはいても「停止」はしていない。連鎖反応が継続しなければ連続的にエネルギーを取り出すことはできない。よって、「継続しない」の部分が「適度に継続する」の誤り。

(答) …③

問5 比熱の定義より、水 1g を 1K 上昇させるのに必要な熱量が 4.2J であるから、15℃の水 500g を 95℃まで加熱するために必要な熱量は、

$$4.2 [\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})] \times 500 [\text{g}] \times (95 - 15) [\text{K}] = 168000 [\text{J}]$$

消費電力の定義より、ヒーターによって加えられる熱量が 1s あたり $1.4 \times 10^3 \text{J}$ であるから、求める加熱時間は、

$$\frac{168000 [\text{J}]}{1.4 \times 10^3 [\text{J}/\text{s}]} = \underline{1.2 \times 10^2 [\text{s}]}$$

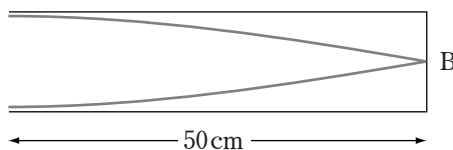
(答) …④

第2問 波動・電磁気

A 波動

問1 管が共鳴する場合、管内には定常波が生じ、閉じた端では節、開いた端では腹となる。周波数(振動数)を大きくしていくと波長は短くなっていく。開管 A および閉管 B 内に定常波が生じる場合を、波長が長い順に考えていけばよい。

最初の共鳴における閉管 B 内の定常波の様子は次図の通り。



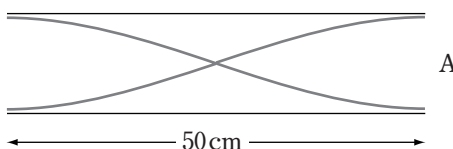
これは閉管の**基本振動**といい、閉管の固有振動の中で最も振動数が低いものである。このとき、開管 A には定常波は生じない。管の長さが 50 cm であるため、基本振動の波長 λ_1 は、

$$\lambda_1 = 0.50 [\text{m}] \times 4 = 2.0 [\text{m}]$$

音速が $V = 340 [\text{m}/\text{s}]$ であるため、基本振動の周波数(振動数)は、

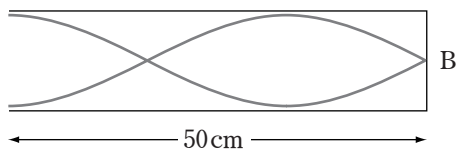
$$f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{340 [\text{m}/\text{s}]}{2.0 [\text{m}]} = \underline{170 [\text{Hz}]}$$

2 度目の共鳴における開管 A 内の定常波の様子は次図の通り。



これは開管の**基本振動**といい、開管の固有振動の中で最も振動数が低いものである。このとき、閉管 B には定常波は生じない。

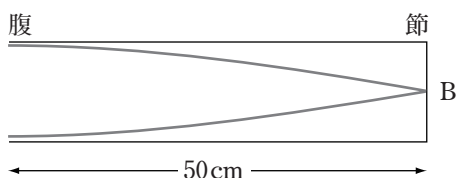
3 度目の共鳴における閉管 B 内の定常波の様子は次図の通り。



これは閉管の 3 倍振動といい、閉管の固有振動の中で 2 番目に振動数が低いものである。このとき、開管 A には定常波は生じない。

(答) …②

問 2 用いた閉管の長さは変わらないので、最初の共鳴での定常波の様子は変わらず次図の通りであり、波長は変わらない。

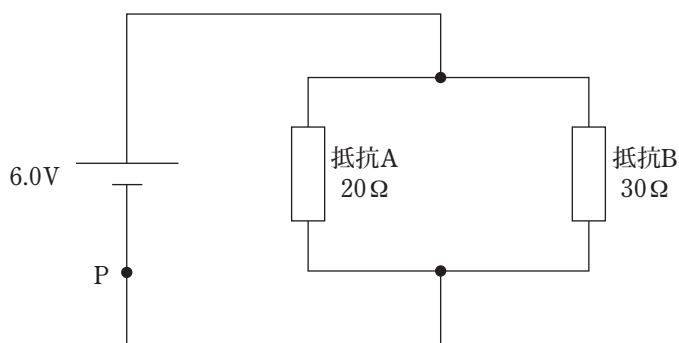


$v = f\lambda$ の関係から、波長が変化しない場合、振動数は音速に比例するため、音速が 3 倍となれば振動数も 3 倍となる。定常波の節の数は図の通り 1 個である。

(答) …⑦

B 電磁気

問 3 図 3 の回路は、次図の回路と同じである。すなわち、2 つの抵抗は並列接続されている。



抵抗 A と抵抗 B の合成抵抗を R とすると、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{1}{12} \quad \therefore R = 12 [\Omega]$$

よって、点 P に流れる電流は、

$$\frac{6.0 [\text{V}]}{12 [\Omega]} = \underline{0.50 [\text{A}]}$$

(答) …④

【別解】 抵抗 A の電圧は直流電源の電圧と等しく 6.0V, 抵抗 B の電圧も同様に 6.0V である。

オームの法則より, 抵抗値 20 Ω の抵抗 A に流れる電流は,

$$\frac{6.0 [\text{V}]}{20 [\Omega]} = 0.30 [\text{A}]$$

抵抗値 30 Ω の抵抗 B に流れる電流は,

$$\frac{6.0 [\text{V}]}{30 [\Omega]} = 0.20 [\text{A}]$$

よってこれらの合計として, 点 P に流れる電流は,

$$0.30 [\text{A}] + 0.20 [\text{A}] = \underline{0.50 [\text{A}]}$$

問 4 直径が 2 倍ならば断面積は 4 倍である。一般に, 抵抗の抵抗率を ρ , 長さを ℓ , 断面積を S とするとき, 抵抗値 R は,

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

と表せる。したがって, 断面積が 4 倍, 長さが 2 倍ならば, 抵抗値は $\frac{1}{2}$ 倍となる。

抵抗値 R の抵抗に大きさ I の電流が流れる場合, 消費電力 P は,

$$P = RI^2$$

と表せる。したがって, 本設問のように抵抗が直列接続され, 流れる電流が等しい場合は, 消費電力の比は抵抗値の比に等しい。よって, 抵抗値が $\frac{1}{2}$ 倍なら消費電力も $\frac{1}{2}$ 倍である。

(答) …③

第 3 問 力学

A

問 1 加速度の大きさを a として, それぞれの客車についての運動方程式は,

$$\text{客車 A: } Ma = F - f, \quad \text{客車 B: } ma = f$$

a を消去して整理すれば,

$$f = \frac{m}{M+m} F \quad \dots\dots (1)$$

(答) …⑤

$m = 0$ とすると, 客車 B がいない状況を表すことになるので $f = 0$ となり, $M = 0$ とすると, 客車 A がなくひもが直接つながっている状況を表すことになるので $f = F$ となるはずである。(1) に $m = 0$, $M = 0$ をそれぞれ代入してみると確かにそうになっていて, (1) の正しさが確認できる。

問2 エネルギーと仕事の関係から、物体に運動エネルギーの変化があったならば、外力（の合力）がそれに等しい仕事をしたことになる。客車 A に働く外力の合力は $F - f$ であり、距離 L だけ走るとき、この外力が客車 A にした仕事は、 $(F - f)L$ である。よって、客車 A の運動エネルギーの増加量は、 $(F - f)L$ となる。

ひも 1 の張力 F のした仕事 FL は 2 つの客車の運動エネルギーの増加量の合計に等しく、ひも 2 の張力 f のした仕事 fL は客車 B の運動エネルギーの増加量に等しいことに注意すること。

また、乾電池は内部の化学反応で端子間の電位差を維持するものであるため、客車 A、B に運動エネルギーを与える乾電池のエネルギーは、化学エネルギー である。

(答) …②

(答) …③

B

問3 すべり台の傾斜角度（斜面が水平面となす角）を θ 、小物体の質量を m 、重力加速度の大きさを g とし、斜面から小物体が受ける垂直抗力の大きさを N 、斜面を小物体がすべる加速度の大きさを a とする。

小物体について、斜面に垂直な方向に働く力のつり合いの式を書けば、

$$N = mg \cos \theta \quad \dots\dots (2)$$

斜面に平行な方向について運動方程式を書けば、

$$ma = mg \sin \theta \quad \therefore a = g \sin \theta \quad \dots\dots (3)$$

$\cos \theta$ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ において θ の単調減少関数だから、(2) より、 θ が大きいほど N は小さい。したがって、 $N_1 > N_2$ である。これは、傾斜が急であるほど、斜面は小物体の重力を支えずにすむことから、感覚的にも理解できる。

静かに放した高さを h とすれば、小物体がすべる斜面の長さは $\frac{h}{\sin \theta}$ となる。すべる時間を t とし、等加速度運動の式と (3) を用いれば、

$$\frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2 \quad \therefore t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$\sin \theta$ は $0^\circ < \theta < 90^\circ$ において θ の単調増加関数であり、これが分母に入っていることから、 θ が大きいほど t は小さい。したがって、 $t_1 > t_2$ である。これは、傾斜が急であるほど、加速度が大きく、すべる距離が短くなることから、感覚的にも理解できる。

(答) …①

問4 垂直抗力は進行方向に対して常に垂直に働くため、進行方向に成分を持たず、仕事をしない。重力の仕事は高低差が等しく h ならば、どのような経路を通っても等しく、 $W_1 = W_2 = mgh$ となる。

(答) …⑤