

令和 2年度 前期日程

「物理（工学部基盤工学科学科・地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科・農学部生物資源学科・応用生命科学科・森林科学科）」出題の意図

基本的な物理現象に対する考察を行うための資質を問うべく、下記の設問を行った。ただし、地域デザイン科学部の志願者には第1問から第4問、工学部の志願者には第1問から第5問、農学部の志願者には第1問から第3問を課した。

問1は力のつり合い・運動方程式・慣性力について基本的な理解を問う。

問2は気体の分子運動、及びそれに伴う運動量や圧力について基本的な理解を問う。

問3は音波の伝搬、ドップラー効果について基本的な理解を問う。

問4はコンデンサの静電容量、静電エネルギー、極板間引力について基本的な理解を問う。

問5は電流が磁場から受ける力の強さと方向について基本的な理解を問う。

☆解答例

第1問

問1 $g \sin \theta$

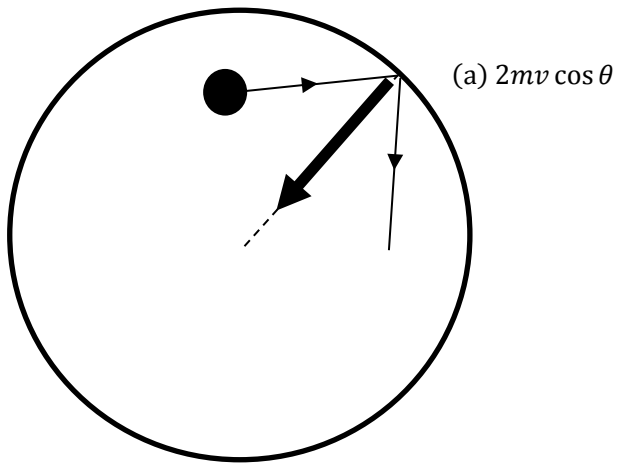
問2 $\tan \theta > \mu$

問3 $N - mg \cos \theta - m\beta \sin \theta = 0$

問4 $m\alpha = mg \sin \theta - m\beta \cos \theta - \mu' m(g \cos \theta + \beta \sin \theta)$

第2問

問1



(b)

$$\frac{v}{2r \cos \theta}$$

(c)

$$\frac{mv^2}{r}$$

問2

$$\frac{Nmv^2}{3V}$$

問3

$$\frac{3}{2}kT$$

問4

(口)

第3問

問1

△ABX は、BX:AB:AX=3:4:5 であるため、

$$AX:AB=1(s) \times 350(m/s) : AB=5:4$$

$$AB=1 \times 350 \times 4/5=280(m)$$

電車は AB 間を 20s で走行したため、この間の速度は

$$V_1=280(m)/20(s)=14.0 m/s$$

問2

電車のサイレンの振動数を f 、音速を V とする。

電車が C 点を通過する速度は、 $V_2=V_1 \times 2 = 28m/s$

Y 点の観察者が B 点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数： f_B

$$f_B=V/(V-V_1)*f$$

Y 点の観察者が C 点を通過する電車から聞いたサイレンの振動数： f_C

$$f_C=V/(V-V_2)*f$$

よって、両者の比は

$$f_B/f_C=(V-V_2)/(V-V_1)*100=(350-28)/(350-14)*100$$

$$322/336*100=95.83\cdots$$

$$=95.8\%$$

問3

Z 点の観察者が B 点を通過する電車から聞いた警笛の振動数： f_Z

$$f_Z=V/(V+V_1)*f$$

BX:XC=1:2 であるので、角 BCX は 30° となる。

X 点の観察者が B 点を通過する電車から聞いた警笛の振動数： f_X

$$f_X=V/(V+V_2\cos 30^\circ)*f$$

よって、 f_Z と f_X との比は

$$f_Z/f_X=(V+V_2\cos 30^\circ)/(V+V_1)*100$$

$$=(350+28\sqrt{3}/2)/(350+14)*100$$

$$=(350+14*1.73)/364*100=374.22/364*100=102.81\cdots$$

$$=102.8\%$$

第4問

問1 静電容量を C とすると, $C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$

問2 電気量を Q とすると, $Q = CV = \varepsilon_0 \frac{S}{d} \times V = \frac{\varepsilon_0 SV}{d}$

静電エネルギーを U とすると, $U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times \varepsilon_0 \frac{S}{d} \times V^2 = \frac{\varepsilon_0 SV^2}{2d}$

問3 極板の間隔が $\frac{2}{5}d$ のコンデンサーの直列つなぎとなる。

個々のコンデンサーの静電容量を C_1 , 合成容量を $C_{\text{合成}}$ とすると,

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{S}{\frac{2}{5}d} = \frac{5\varepsilon_0 S}{2d}$$

$$\frac{1}{C_{\text{合成}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{2}{C_1}, \text{ したがって, } C_{\text{合成}} = \frac{C_1}{2} = \frac{5\varepsilon_0 S}{4d}$$

問4 極板の間隔が $d + \Delta d$ のコンデンサーの静電容量を C' とすると, $C' = \varepsilon_0 \frac{S}{d + \Delta d}$

電気量 Q は変化しないので, 静電エネルギーの増加量は

$$\Delta U = U' - U = \frac{Q^2}{2} \left(\frac{1}{C'} - \frac{1}{C} \right) = \frac{Q^2}{2} \left(\frac{d + \Delta d}{\varepsilon_0 S} - \frac{d}{\varepsilon_0 S} \right) = \frac{Q^2 \Delta d}{2\varepsilon_0 S}$$

Q は問2で求めた量と同じなので $Q = \frac{\varepsilon_0 SV}{d}$

したがって, $\Delta U = \frac{Q^2 \Delta d}{2\varepsilon_0 S} = \left(\frac{\varepsilon_0 SV}{d} \right)^2 \times \frac{\Delta d}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\varepsilon_0 SV^2 \Delta d}{2d^2}$

問5 外力を F とすると, $F \Delta d = \Delta U = \frac{\varepsilon_0 SV^2 \Delta d}{2d^2}$

したがって, $F = \frac{\varepsilon_0 SV^2}{2d^2}$

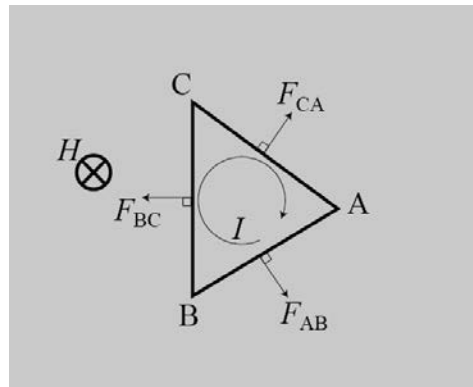
第5問

問1

$$F_{AB} = \mu c H I \quad [\text{N}]$$

$$F_{BC} = \mu a H I \quad [\text{N}]$$

$$F_{CA} = \mu b H I \quad [\text{N}]$$



問2

$$F_x = \mu H I (b \sin \gamma - c \sin \beta) \quad [\text{N}]$$

$$F_y = \mu H I (b \cos \gamma + c \cos \beta - a) \quad [\text{N}]$$

$$F_z = 0 \quad \text{N}$$

問3

$$V_{ABC} = \frac{ab\mu\Delta H}{2\Delta t} \sin \gamma$$

(以上はあくまでも解答の一例です)