令和4年度　入学者選抜学力検査
理科（物理）　解答例

1

問 1

(説明と計算式)
点 B においては、位置エネルギーをゼロとすれば、力学的エネルギーは運動エネルギーに等しく、$\frac{1}{2}mv_1^2$ である。点 A において、運動エネルギーはゼロであり、力学的エネルギーは位置エネルギーに等しく mgh_{A} となる。力学的エネルギーの保存が成り立つから、$\frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_{\mathrm{A}}$ よって $v_1 = \sqrt{2gh_{\mathrm{A}}}$

$v_1 = \sqrt{2gh_{\mathrm{A}}}$ 〔m/s〕

問 2

(説明と計算式)
点 B において、猫と物体に働く外力は、重力および、ひもから働く張力である。いずれも水平方向成分はゼロであるから、運動量の水平方向成分は一定である。猫が飛びつく直前の運動量の水平方向成分は、mv_1 で、飛びついた直後は、$2mv_2$ となる。これらは等しいから、$v_2 = \frac{1}{2}v_1 = \frac{\sqrt{2gh_{\mathrm{A}}}}{2}$ である。

$v_2 = \frac{\sqrt{2gh_{\mathrm{A}}}}{2}$ 〔m/s〕

問 3

(説明と計算式)
点 B において、猫が物体に飛びついた直後の力学的エネルギーは、$mv_2^2 = \frac{1}{4}mv_1^2$ である。点 C において、猫が物体から離れる直前、猫と物体の力学的エネルギーは、$2mgh_{\mathrm{C}}$ である。力学的エネルギーの保存により、これらは等しいから、
$mv_2^2 = 2mgh_{\mathrm{C}} = \frac{1}{4}mv_1^2$ である。一方、問 1 の計算から、$mv_1^2 = 2mgh_{\mathrm{A}}$ 以上より、$h_{\mathrm{C}} = \frac{1}{4}h_{\mathrm{A}}$ である。

$h_{\mathrm{C}} = \frac{1}{4}h_{\mathrm{A}}$ 〔m〕

問 4

(説明と計算式)
机の端を原点として、図の左向き水平方向に x 軸、鉛直下方向に y 軸をとり、飛び降りた時刻を $t = 0$ とすれば、猫の位置は、$x = v_0 t, \quad y = \frac{1}{2}gt^2$ となる。着地して $y = H$ となる時刻は、$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ であり、このときの x が d となるから、$d = v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$ となる。

$d = v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$ 〔m〕

2

問１(1)

計算：磁場の方向や大きさを考慮すると，解が存在するのは，$x_0<-a$ の場合である。従って，

$$H_{12}=\frac{I}{2\pi}\left(\frac{1}{a+x_0}+\frac{3}{2a-x_0}\right)=\frac{I}{2\pi}\left\{\frac{2x_0+5a}{(a+x_0)(2a-x_0)}\right\}=0$$

$$2x_0+5a=0$$

$x_0=-\frac{5}{2}a\left(=-2.5a\right)$〔m〕

(2)

計算：

$$C_1:H_{1p}=\frac{I}{2\sqrt{2}\pi a},\ C_2:H_{2p}=\frac{3I}{2\sqrt{5}\pi a}$$

$$-H_{1px}=H_{1py}=\frac{I}{4\pi a},\ H_{2px}=\frac{3I}{10\pi a},\ H_{2py}=\frac{3I}{5\pi a}$$

$$H_x=H_{1px}+H_{2px}=-\frac{I}{4\pi a}+\frac{3I}{10\pi a}=\frac{I}{20\pi a}$$

$$H_y=H_{1py}+H_{2py}=\frac{I}{4\pi a}+\frac{3I}{5\pi a}=\frac{17I}{20\pi a}$$

$H_x=\dfrac{1}{20\pi a}I$ 〔A/m〕

$H_y=\dfrac{17}{20\pi a}I$ 〔A/m〕

問２(1)

磁場の方向

③

(2)

説明と計算：

直線電流C_3が点P_1に作る磁場はy方向成分を持たず，$+x$方向に$H_{C3}=\dfrac{I_3}{2\pi a}$のみである。従って，合成磁場の$y$方向成分は直線電流$C_1$と$C_2$が形成する問1(2)の$H_y$のみとなる。

合成磁場がy軸と成す角度が60°となるので，合成磁場H_Aとそのy成分の大きさの比は，$H_A:H_{Ay}=H_A:H_y=2:1$である。

よって，$H_A=2H_y=\dfrac{17}{10\pi a}I$

$H_A=\dfrac{17}{10\pi a}I$ 〔A/m〕

(3)

説明と計算：

C_3が点P_1に作る磁場は$+x$方向に$H_{C3}=\dfrac{I_3}{2\pi a}$のみである。$y$軸と成す角が60°より，合成磁場の$x$成分$H_{Ax}$と$y$成分$H_{Ay}$の大きさの比は，$H_{Ax}:H_{Ay}=\sqrt{3}:1$である。

C_3の追加でも点P_1の磁場のy成分は変化せず$H_{Ay}=\dfrac{17I}{20\pi a}$なので$H_{Ax}=\dfrac{17\sqrt{3}I}{20\pi a}$。

磁場の方向を考慮して，$H_{Ax}-H_x=H_{C3}$となるには，

$$\frac{17\sqrt{3}I}{20\pi a}-\frac{I}{20\pi a}=\frac{\left(17\sqrt{3}-1\right)I}{20\pi a}=\frac{I_3}{2\pi a}$$

上式を I_3 について解くと次式を得る。

$I_3=\dfrac{\left(17\sqrt{3}-1\right)}{10}I$ 〔A〕

3

問１

ア $\frac{V}{V-v_s} f_S$

イ $\frac{V+v_o}{V} f_S$

ウ $\frac{V+v_R}{V} f_S$

エ v_R

オ f_R

カ $\frac{V+v_R}{V-v_R} f_S$

問２

計算：

反射した音を観測者が受け取るときの振動数は，式(4)より，次のようになる。

$$f_3 = \frac{V+v_R}{V-v_R} f_S = \frac{340-(-2)}{340-2} \times 338 = 342\ [\mathrm{Hz}]$$

観測者が聞く１秒間のうなりの回数は，次のように求められる。

$$N = \left| f_3 - f_S \right| = \left| 342 - 338 \right| = 4$$

N = 4 回/s

4

問１

$U = \dfrac{3Pd_1S}{2}$ 〔J〕

問２

$P = \dfrac{q^2}{2\varepsilon_0 S^2} + P_0$ 〔Pa〕

問３

$C_1 = \varepsilon_0 \dfrac{S}{d_1}$ 〔F〕

$U' = \dfrac{q^2 d_1}{2\varepsilon_0 S}$ 〔J〕

問４

$T_2 = \dfrac{P\mathrm{d}_2 S}{nR}$ 〔K〕

問５

計算：

平行板コンデンサーは極板間距離によって引力が変わらないことから加熱前後のシリンダー内部の圧力は等しい。また図１での気体の温度を T_1 とおくと Q ＝ 気体がした仕事＋内部エネルギー増加分より、

あ$Q = PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1) + \frac{3}{2}nR(\mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1)$

ここで $\frac{3}{2}nR(\mathrm{T}_2 - \mathrm{T}_1) = \frac{3}{2}nR\left(\frac{P\mathrm{d}_2 S}{nR} - \frac{P\mathrm{d}_1 S}{nR}\right) = \frac{3}{2}PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1)$ より

$Q = PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1) + \frac{3}{2}PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1) = \frac{5}{2}PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1)$

$Q = \dfrac{5}{2}PS(\mathrm{d}_2 - \mathrm{d}_1)$ 〔J〕

問６

$P_3 = P + \dfrac{mg}{S}$ または $\left(\dfrac{d_2}{d_3}\right)^{\frac{5}{3}} P$ 〔Pa〕

問７

$P_4 = \left(\dfrac{d_3}{d_4}\right)^{\frac{5}{3}}\left(P + \dfrac{mg}{S}\right)$ または $\left(\dfrac{d_2}{d_4}\right)^{\frac{5}{3}} P$ 〔Pa〕