物理基礎・物理

問題１

(1)

小球は水平方向には等速運動をするので、

$v_x = v_0$　〔m/s〕

(2)

小球は鉛直方向には自由落下運動をする。

小球が最初に床に衝突するまでの時間をt_1とすると、

$H = \frac{1}{2}gt_1^2$　よって、$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

$v_y = gt_1 = g\sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{2gH}$　〔m/s〕

(3)

小球は床ではね返り、鉛直方向は上向きの等加速度運動をする。高さ $\frac{H}{2}$ に到達するまでの時間をt_2、はね返った直後の鉛直上向きの速さをv_{y2}とすると、

$\frac{H}{2} = v_{y2}t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$　～①

高さ $\frac{H}{2}$ に到達した時の鉛直上向きの速さは 0 になるので、

$0 = v_{y2} - gt_2$　よって、$v_{y2} = gt_2$　～②

②を①に代入して、

$t_2 = \sqrt{\frac{H}{g}}$　これを②に代入して、$v_{y2} = \sqrt{gH}$

したがって、反発係数は$e = \frac{v_{y2}}{v_y} = \frac{\sqrt{gH}}{\sqrt{2gH}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

(4)

小球が最初に床に衝突するまでの時間t_1は(2)から$t_1=\sqrt{\frac{2H}{g}}$

小球が最初に床に衝突してから $\frac{H}{2}$ の高さに到達するまでの時間t_2は(3)から

$t_2=\sqrt{\frac{H}{g}}$

小球が 2 回目に床に衝突するまでの時間tは　$t=t_1+2t_2=\left(\sqrt{2}+2\right)\sqrt{\frac{H}{g}}$

小球は水平方向には等速運動を続ける。求める距離Lは

$L=v_0t=v_0\left(\sqrt{2}+2\right)\sqrt{\frac{H}{g}}$　〔m〕

問題２

(1)

ア	潜熱	イ	不可逆変化（不可逆過程）

(2)

$Q_1=\ 200\times 2.1\times\{0-(-20)\}+180\times\{0-(-20)\}$
$Q_1=1.2\times 10^4$ J

(3)

$Q_2=200\times 330$
$Q_2=6.6\times 10^4$ J

(4)

砕氷が溶けた水と金属容器が 0℃から T〔℃〕になるために必要な熱量を Q_3〔J〕とする。

$Q_3 = 200 \times 4.2 \times (T - 0) + 180 \times (T - 0) = 1020T$〔J〕

94℃の蒸留水が T〔℃〕になるまでに失った熱量を Q〔J〕とする。

$Q = 250 \times 4.2 \times (94 - T) = 98700 - 1050T$〔J〕

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ より、

$98700 - 1050T = 78000 + 1020T$

$T = 10$ ℃

問題３

(1)

求める音の波長をλ_s〔m〕とすると、

$\lambda_s = \frac{340}{160} = 2.125$　よって、2.1 m

(2)

求める弦の波長をλ_1〔m〕、求める波の速さをv〔m〕とすると、

$\lambda_1 = 2 \times 0.50 = 1.0$　m

$v = 160 \times 1.0 = 160$　よって、1.6×10^2 m/s

(3)

求める波長をλ_3〔m〕とすると、

$\lambda_3 = \frac{2}{3} \times 0.50 = \frac{1}{3} = 0.333$　よって、0.33 m

求める振動数をf_3〔Hz〕とすると、

$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{160}{\frac{1}{3}} = 480$　よって 4.8×10^2 Hz

(4)

1 s 間に観測されたうなりの回数を N とすると、$\mathrm{N} = \frac{50}{5} = 10$

うなりが観測された時の金属線 b の振動数をf_bとすると。

$\mathrm{N} = |160 - f_b|$ であるから、

$f_b = 160 - 10 = 150\ \ \mathrm{Hz}$ または$f_b = 160 + 10 = 170\ \ \mathrm{Hz}$

基本振動の振動数f_1を求める式は、弦に伝わる波の速さをv、波長をλ_1、おもりの質量をm、重力加速度をg、金属線 b の線密度をρとすると次式で求められる。

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_1}\sqrt{\frac{mg}{\rho}} \quad \sim①$$

おもりの質量を大きくすると振動数が大きくなる。これによって、うなりが観測されなくなった（振動数が 160Hz になった）ので、うなりが観測されたときの金属線 b の振動数は金属線 a の振動数 160 Hz より小さい。

したがって、$f_b = 150$　よって 1.5×10^2 Hz

(5)

金属線 b の振動数f_bを求める式は、弦に伝わる波の速さをv、波長をλ_1、おもりの質量をm、線密度をρ、そして重力加速度をgとすると次式で求められる。

$$f_b = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_1}\sqrt{\frac{mg}{\rho}} \quad \sim①$$

また、金属線 b の全長を L、質量を Mとすると、$\rho = \frac{M}{L}$なので。

$M = \rho L$　～②

式①②より、金属線 b の質量 Mは、

$$\mathrm{M} = \frac{mg}{f_b^2\lambda_1^2}L \quad \sim③$$

(4)の結果より$m = 6.0\ \ \mathrm{kg}$ の時$f_b = 150\ \ \mathrm{Hz}$ なので

$$\mathrm{M} = \frac{mg}{f_b^2\lambda_1^2}L = \frac{6.0 \times 10}{150 \times 150 \times 1.0 \times 1.0} \times 1.2 = 0.0032$$

よって、$3.2 \times 10^{-3}\ \ \mathrm{kg}$

問題４

(1)

電池の内部抵抗 r［Ω］により電圧が rI［V］降下する
よって、電圧計の値は、電池の起電力 E［V］から rI［V］降下した値となる

答え：$E-rI$［V］

(2)

起電力 E［V］、内部抵抗 r［Ω］の電池を n 個直列に接続すると、
起電力は nE［V］、内部抵抗は nr［Ω］となる

さらにこれを m 組並列に接続すると、
起電力は変わらず nE［V］、内部抵抗は $\frac{nr}{m}$［Ω］となる

答え：起電力：nE［V］、内部抵抗：$\frac{nr}{m}$［Ω］

(3)

電力は電圧×電流であり、
すべり抵抗器の電圧は、(1) より、$E-rI$［V］
電流は、I ［A］である

答え：$(E-rI)I$［W］

(4)

(1)より、電圧計の値＝$E-rI$ であるから、
この式に 2 つの実験結果を代入し、
$1.4=E-0.2r$　・・・①
$1.2=E-0.6r$　・・・②
この 2 式を解くと、$E=1.5$、$r=0.5$ となる

さらに、これらを(2)に代入して、$1.5\times n=9$、$\frac{0.5\times n}{m}=0.1$
これを解くと、$n=6$、$m=30$ となる

答え：起電力：1.5 V、内部抵抗：0.50 Ω
この電池を 6 個直列に接続し、さらに、これを 30 組並列に接続する

(5)

（3）より、電力＝$(E-rI)I$＝1.0 W　・・・①

（4）より、E = 1.5 V、r = 0.5 Ω を①式に代入すると、

$-0.5I^2+1.5I-1.0 = 0$ となる。さらに、これを整理すると、

$I^2-3I+2=0$

$(I-2)(I-1) = 0$

よって、電流が 2.0 A、および、1.0 A の場合に電力が 1.0 W となる

・電流が 2.0 A の場合

抵抗器の電圧は、1.5－0.5×2.0＝0.5 V

抵抗値は、0.5 V÷2.0 A＝0.25 Ω

・電流が 1.0 A の場合

抵抗器の電圧は、1.5－0.5×1.0＝1.0 V

抵抗値は、1.0 V÷1.0 A＝1.0 Ω

答え：0.25　Ω、1.0　Ω