解答速報

慶應義塾大学医学部　物理

2025年 2月 9日実施

【解答】

I　問1　(a)　45°　　(b)　$t_1 = \frac{2v_0 \sin\theta}{g}$　　$\overrightarrow{v_1} = (v_0\cos\theta, ev_0\sin\theta)$

(c)　$t_n = \dfrac{2(1-e^n)v_0\sin\theta}{g(1-e)}$　　$\overrightarrow{v_n} = (v_0\cos\theta, e^n v_0\sin\theta)$　　(d)　$\dfrac{{v_0}^2\sin 2\theta}{g(1-e)}$

問2　(e)　Bq：単位時間あたりの原子核が崩壊する個数

Gy：物質 1 kg あたりの吸収する放射線のエネルギー

(f)　被曝した放射線の種類や被曝した部位によって人体への影響が異なるため。

II　問1　(a)　強磁性体：① ④　常磁性体：③ ⑥　反磁性体：② ⑤

(b)　$\mathrm{kg\cdot m^2/(s^2\cdot A)}$　　(c)　nI_0　　(d)　$N\left|\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}\right|$

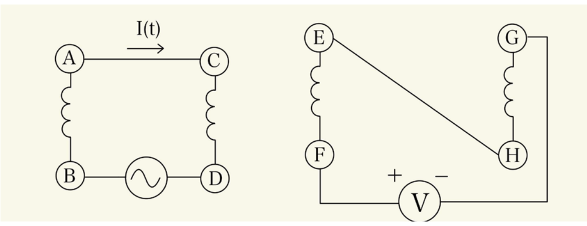
問2　(e)　ホール効果

問3　(f)　$2\pi f\mu_0 H_0 h^2|\cos(2\pi ft)|$　　(g)　$2\times10^4\,\mathrm{Hz}$　　(h)　$6\times10^3\,\mathrm{N}$

(i)　計測器が遠心力に耐えられないので実現可能性は低い。

問4　(j)　nI　　(k)　イ：$-3bNSH_0{H_1}^2\omega$　ウ：$-3bNS\omega{H_1}^3$　エ：$NSH_1\omega\left(a-3b{H_0}^2\right)$

(l)



(m)　$3\sqrt{2}bNSH_0{H_1}^2\omega$　　(n)　$2\times10^{-9}\,\mathrm{V}$

III　問1　(a)　圧力：$2.9\times10^4\,\mathrm{Pa}$　物質量：$1.0\times10^{-4}\,\mathrm{mol}$

(b)　圧力：$7.5\times10^3\,\mathrm{Pa}$　物質量：$2.9\times10^{-5}\,\mathrm{mol}$

問2　(c)　A：$1-\gamma$　　B：$1-\frac{1}{\gamma}$

問3　(d)　ρg　　(e)　$\frac{Mpg}{RT}$　　(f)　$\frac{BMg}{R}$　　(g)　1.0 K

(h)　$\mathit{\Delta T} < \overline{\mathit{\Delta T}}$（導出過程は**【解説】**参照）

(i)　水滴が生じないときの D に比べて水滴が生じる場合は凝縮時に潜熱が発生する。すると温度降下は緩やかになるので、係数 D は小さくなる。

【講評】

Ⅰ　小問集合

問 1 は平易。問 2 は放射線の単位についてきちんと対策していた生徒にとっては平易。

Ⅱ　磁場計測法

(k)まではできる限り正答したい。なお，『***YMS*** 入試予想 2025 慶應大学』において，交流電源に接続したソレノイドコイルの相互誘導を出題した。

Ⅲ　大気の状態変化

(g)までは完答したい。

【総評】

昨年に比べて易化。試験時間内の完答は困難であるため，Ⅱ(l)～(n)とⅢ(h)を飛ばし，それ以外の設問で得点を積み上げたい。正規合格ラインは，［Ⅰ］1 ミス，［Ⅱ］4 ミス，［Ⅲ］2 ミスの「合計 75%」程度ではないか。1 次通過ラインは「合計 65%」程度か。

【解説】

Ⅰ

問１(a) 小球を打ち出してから最初に床に衝突するまでに、小球が水平方向に進む距離は、$\frac{2{v_0}^2\sin 2\theta}{g}$になるので、これが最大になるのは$\theta = 45°$

(c)（n－1）回目の衝突してから、n 回目に衝突までにかかる時間は、小球を打ち出してから最初に床に衝突するまでにかかる時間の(e^{n-1})倍になる。

$$t_n = \frac{2v_0\sin\theta}{g} + e\frac{2v_0\sin\theta}{g} + e^2\frac{2v_0\sin\theta}{g}\cdots = (1+e+e^2\cdots)\frac{2v_0\sin\theta}{g} \fallingdotseq \frac{2(1-e^n)v_0\sin\theta}{g(1-e)}$$

衝突すると速さは、床に垂直な成分だけe倍になる。$\overrightarrow{v_\mathrm{N}} = (v_0\cos\theta, ev_0\sin\theta)$

(d) 前問におけるt_nを$n\to\infty$にして、$t_\infty = \frac{2v_0\sin\theta}{g(1-e)}$

水平方向は等速運動になるので、$v_0\cos\theta\cdot\frac{2v_0\sin\theta}{g(1-e)} = \frac{{v_0}^2\sin 2\theta}{g(1-e)}$

Ⅱ

問１ (a) 常磁性体はアルミニウムと空気，強磁性体は鉄とコバルトおよびニッケル，反磁性体は銅と水である。

(b) 磁気量 m の物体が磁場 H から受ける力 F は$F = mH$と表されるので，H は$H = \frac{F}{m}$と表される。よって，磁気量の単位［Wb］は［$\mathrm{m^2\cdot kg/(s^2\cdot A)}$］となる。

(c) ソレノイドを流れる電流のつくる磁場の式よりnI。

(d) ファラデーの電磁誘導の法則より $V = N\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$。

問２ (e) ホール効果

問３ (f) 時刻 t における回路内の全磁束の大きさは，$|\phi| = |\mu_0 H_0 h^2\sin 2\pi ft|$より，

$$|V_{XY}| = \left|\frac{d\phi}{dt}\right| = 2\pi f\mu_0 H_0 h^2|\cos 2\pi ft|$$

(g) $V_e = \frac{2\pi f\mu_0 H_0 h^2}{\sqrt{2}}$ より，$f = \frac{\sqrt{2}V_e}{2\pi\mu_0 H_0 h^2}$　これに数値を代入する。

(h) $F = mr\omega^2 = m\frac{h}{2}(2\pi f)^2$　これに数値を代入する。

(j) $H_1\sin\omega t$，$H_{cur} = nI = nI_0\sin\omega t$　より，$H_1 = nI_0$

(k)　$H=H_0+H_{cur}=H_0+H_1\sin\omega t$，$B=aH-bH^3$より，全磁束の大きさは，

$$\phi=NBS=NS(aH-bH^3)=NS\{a(H_0+H_1\sin\omega t)-b(H_0+H_1\sin\omega t)^3\}$$

$$\therefore |V_{EF}|=\left|\frac{d\phi}{dt}\right|$$

$$=\left|-3NSbH_0{H_1}^2\omega\sin 2\omega t+\cos\omega t\left\{-3NS\omega b{H_1}^3(\sin\omega t)^2+NSH_1\omega(a-3b{H_0}^2)\right\}\right|$$

問４　(l)　検出器２組に対して電圧計測器と交流電源を逆に繋げることで，交流電流によって発生する誘導起電力を打ち消し，不要信号のみを除去することができる。この際，H_0によって発生する起電力は同じ向きであるから，除去されずに検出可能である。

(m)　(k)においてH_0(の１乗)に比例しない項を消去すると $3NSbH_0{H_1}^2\omega\sin 2\omega t$となる。

(l)においてはその２倍の $6NSbH_0{H_1}^2\omega\sin 2\omega t$となるので，実効値は $3\sqrt{2}NSbH_0{H_1}^2\omega$

(n)　$3\sqrt{2}NSbH_0{H_1}^2\omega=3\sqrt{2}NSbH_0\dfrac{a}{3b}\omega=3\sqrt{2}NSH_0a\omega$　これに数値を代入する。

III

問１（a）水がすべて気化していると仮定し状態方程式から圧力を算出すると，80℃の飽和蒸気圧より小さいので，仮定に矛盾しない。

（b）（a）と同様に圧力を算出すると 40℃の飽和蒸気圧を超えるので，気体の一部は液化して気体の圧力は飽和蒸気圧となる。気体の物質量は状態方程式から求める。

(c) $pV^{\gamma} = const.$ であり、状態方程式より $V = \frac{nRT}{p}$ を代入すると、$p^{1-\gamma}V^{\gamma} = const.$ よって

$A = 1 - \gamma.$ $(p + \Delta p)^{1-\gamma}(T + \Delta T)^{\gamma} = p^{1-\gamma}V^{\gamma}$ より、与えられた関係式に従って展開して2次の

微小量を無視すると、$(p + (1-\gamma)\Delta p)(V + \gamma\Delta V) = pV + (1-\gamma)\Delta PV + \gamma P\Delta V = PV$

整理して $\Delta T = \frac{\gamma - 1}{\gamma}\frac{T}{P}\Delta P$

(d) 面積Sの円柱を考え、上の面からの力は $-(p + \Delta p)S$ の力を受け、下の面からは pS の力を受ける

重力は $-\rho S\Delta hg$ でこれらが釣り合うので、$-(p + \Delta p)S + pS - \rho S\Delta hg = 0$ となる

(e) $C = \rho g = \frac{nM}{V}g$ と $pV = nRT$ =より、$\frac{n}{V}$ を消去すると $C = \frac{pMg}{RT}$

(f) (c)より $\Delta T = -B\frac{T}{P}\Delta p$、(e)より $\Delta p = -\frac{pMg}{RT}\Delta h$ なので、$\Delta T = -B\frac{T}{p}\frac{pMg}{RT}\Delta h = -\frac{BMg}{R}\Delta h$

(g) $\Delta T = 0.29 \times 10 \times \frac{29}{1000} \times 1.0 \times 10^{2} = 1.0K$

(h) ρT は共通であるから，上昇した空気塊の温度よりもその高度での大気の温度の方が高ければ，空気塊の密度よりも大気の密度のほうが小さい。すると，空気塊に働く重力よりも浮力のほうが小さいので，空気塊は下降する。