2015（H27)年度　京都大学　入学試験　物理解説

物　　理　　　　　　（３問題　100点）

物理問題　Ⅰ

＜解答＞

あ $mR\Omega^2\sin\theta\cos\theta$　い $\dfrac{g}{R\Omega^2}$　う $\sqrt{\dfrac{g}{R}}$　え $mR\Omega^2$

お $\sqrt{\dfrac{g}{R}-\Omega^2}$　②　か $-mR\Omega^2\sin^2\theta_0$　き $\Omega\sqrt{1-\dfrac{g^2}{R^2\Omega^4}}$　③

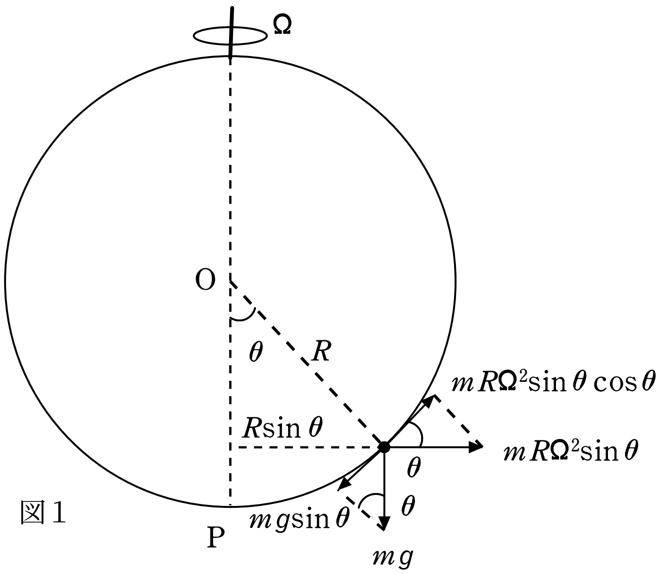

図１

問１

図２

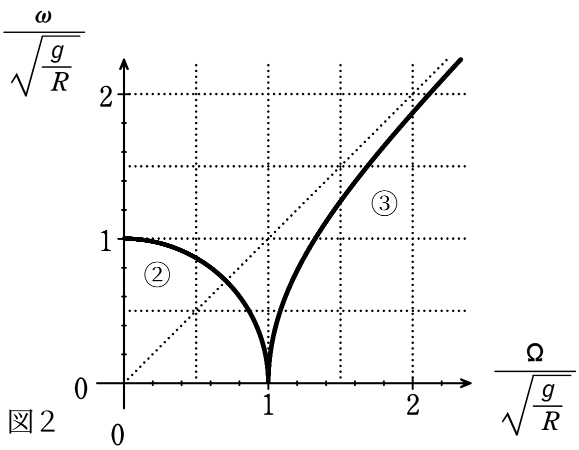

図２

く $\Omega=\sqrt{\dfrac{g}{2R}}$

問２

　解答欄(a)　図３の通り

　解答欄(b)　円

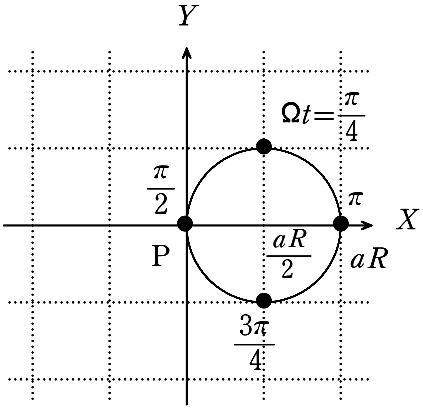

図３

＜解説＞

　図１を参照する。

あ

　リングが鉛直軸のまわりに回転することにより，物体に遠心力が働く。
物体が回転する半径は$R\sin\theta$だから，遠心力は$m(R\sin\theta)\Omega^2=mR\Omega^2\sin\theta$，遠心力のリングに沿った接線方向の成分は$mR\Omega^2\sin\theta\cos\theta$　（答）

　したがって，$F=-mg\sin\theta+\boxed{\text{あ}}=-mg\sin\theta+mR\Omega^2\sin\theta\cos\theta$　①

い

　$F=0$ を満たすつり合いの角度 θ_0 が満たす式は，$\sin\theta_0=0$，および，$\cos\theta_0=\dfrac{g}{R\Omega^2}$　（答）

う

　$0<\theta_0$だから，$\cos\theta_0=\dfrac{g}{R\Omega^2}<1$，$\Omega>\Omega_C=\sqrt{\dfrac{g}{R}}$　（答）

え

　リングの中心方向に物体がリングから受ける力は，重力のリング面垂直方向成分に対する抗力と遠心力のリング面垂直方向成分に対する抗力の和である。すなわち，

　リングからの物体への力$N=mg\cos\theta_0+mR\Omega^2\sin\theta_0\sin\theta_0=mg\cos\theta_0+mR\Omega^2\sin^2\theta_0$

$$=mR\Omega^2\cos^2\theta_0+mR\Omega^2\sin^2\theta_0=mR\Omega^2$$　（答）

お

　①式に$\theta=\theta_0+\phi$を代入して，整理すると，

　$F=-mg\sin(\theta_0+\phi)+mR\Omega^2\sin(\theta_0+\phi)\cos(\theta_0+\phi)\fallingdotseq-m(g-R\Omega^2)\phi$

　$=-m\left(\dfrac{g}{R}-\Omega^2\right)R\phi=-kx$，$\therefore\ k=m\left(\dfrac{g}{R}-\Omega^2\right)$，したがって$\omega=\sqrt{\dfrac{k}{m}}=\sqrt{\dfrac{g}{R}-\Omega^2}$　②　（答）

か

　$F=-mg\sin\theta+mR\Omega^2\sin\theta\cos\theta=-(mg-mR\Omega^2\cos\theta)\sin\theta=0$　①

　①を満足する$\sin\theta_0\fallingdotseq 0$の$\theta_0$に対して，$-(mg-mR\Omega^2\cos\theta_0)=0$，$\therefore\ \cos\theta_0=\dfrac{g}{R\Omega^2}$

　つりあいの角度θ_0から小さな角度ϕだけ物体をずらしたときに働くリング接線方向の力を考える。

　$\sin\theta=\sin(\theta_0+\phi)=\sin\theta_0\cos\phi+\sin\phi\cos\theta_0\fallingdotseq\sin\theta_0+\phi$

$\cos\theta=\cos(\theta_0+\phi)=\cos\theta_0\cos\phi-\sin\theta_0\sin\phi\fallingdotseq\cos\theta_0-\phi\sin\theta_0$

$\sin\theta\cos\theta=\sin(\theta_0+\phi)\cos(\theta_0+\phi)\fallingdotseq\sin\theta_0\cos\theta_0+\phi(\cos\theta_0-\sin^2\theta_0)-\phi^2\sin\theta_0$

$\fallingdotseq\sin\theta_0\cos\theta_0+\phi(\cos\theta_0-\sin^2\theta_0)$

これらを①式に代入すると，

$F\fallingdotseq-mg(\sin\theta_0+\phi)+mR\Omega^2\sin\theta_0\cos\theta_0+mR\Omega^2\phi(\cos\theta_0-\sin^2\theta_0)$

$=-mg\phi+mR\Omega^2\phi(\cos\theta_0-\sin^2\theta_0)=-\{mg-mR\Omega^2(\cos\theta_0-\sin^2\theta_0)\}\times\phi$

$=-(mR\Omega^2\sin^2\theta_0)\times\phi$

したがって，$\boxed{か}=-mR\Omega^2\sin^2\theta_0$　（答）

き

$F\fallingdotseq-(mR\Omega^2\sin^2\theta_0)\times\phi=-(m\Omega^2\sin^2\theta_0)\times R\phi=-kx$だから，$k=m\Omega^2\sin^2\theta_0$

変位$x=R\phi$に比例し，方向が逆の力Fが物体に働くから，物体は単振動をする。

$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\Omega^2\sin^2\theta_0}=\sqrt{\Omega^2(1-\cos^2\theta_0)}=\Omega\sqrt{1-\frac{g^2}{R^2\Omega^4}}$　（答）

問１

②式は $\omega=\sqrt{\frac{g}{R}-\Omega^2}$，$\therefore\ \frac{\omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}=\sqrt{1-\left(\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}\right)^2}$，ただし$1\geqq\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}$

③式は $\omega=\Omega\sqrt{1-\frac{g^2}{R^2\Omega^4}}$，$\therefore\ \frac{\omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}=\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}\sqrt{1-\frac{1}{\left(\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}\right)^3}}$，ただし$1<\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}$

く

図２に$\frac{\omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}=\frac{\Omega}{\sqrt{\frac{g}{R}}}$の直線を書き込むと，曲線②と交わる点があることが解る。

②式で，$\omega=\Omega$ とおけば$\Omega=\sqrt{\frac{g}{2R}}$

問２

$\Omega t=\frac{\pi}{4}$のとき，$\cos\frac{\pi}{4}=\frac{1}{\sqrt{2}}$，$\sin\frac{\pi}{4}=\frac{1}{\sqrt{2}}$だから，

$$X=\frac{R\phi}{\sqrt{2}}=\frac{Ra\cos\omega t}{\sqrt{2}}=\frac{Ra\cos\Omega t}{\sqrt{2}}=\frac{aR}{2},\ Y=\frac{R\phi}{\sqrt{2}}=\frac{aR}{2}$$

$\Omega t=\frac{\pi}{2}$のとき，$\cos\frac{\pi}{2}=0$，$\sin\frac{\pi}{2}=1$だから，

$$X=0,\ Y=R\phi=aR\cos\omega t=aR\cos\Omega t=0$$

$\Omega t=\frac{3\pi}{4}$のとき，$\cos\frac{3\pi}{4}=\frac{-1}{\sqrt{2}}$，$\sin\frac{3\pi}{4}=\frac{1}{\sqrt{2}}$だから，

$$X=-\frac{R\phi}{\sqrt{2}}=-\frac{Ra\cos\Omega t}{\sqrt{2}}=\frac{aR}{2},\ Y=\frac{R\phi}{\sqrt{2}}=\frac{Ra\cos\omega t}{\sqrt{2}}=\frac{Ra\cos\Omega t}{\sqrt{2}}=-\frac{aR}{2}$$

$\Omega t=\pi$のとき，$\cos\pi=-1$，$\sin\pi=0$だから，

$$X=-R\phi=-aR=-aR\cos\Omega t=aR,\ \ Y=0$$

$X=R\phi\cos\Omega t=aR\cos\omega t\cos\Omega t=aR\cos^2\Omega t$

$Y=R\phi\sin\Omega t=aR\cos\omega t\sin\Omega t=aR\cos\Omega t\sin\Omega t$だから，

$X^2+Y^2=(R\phi)^2(\cos^2\Omega t+\sin^2\Omega t)=a^2R^2\cos^2\omega t=a^2R^2\cos^2\Omega t$，$\cos^2\Omega t=\dfrac{X}{aR}$を代入して，

$X^2+Y^2=aRX$，$\therefore\left(X-\dfrac{aR}{2}\right)^2+Y^2=\left(\dfrac{aR}{2}\right)^2$

したがって軌道は，半径が$\dfrac{aR}{2}$で中心が$\left(\dfrac{aR}{2},0\right)$の円となる。

物理問題　II

＜解答＞

問１

$B_0=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$

問２

$\phi_+=\pi b^2B_1$，$\phi_-=-\pi b^2B_1$

問３

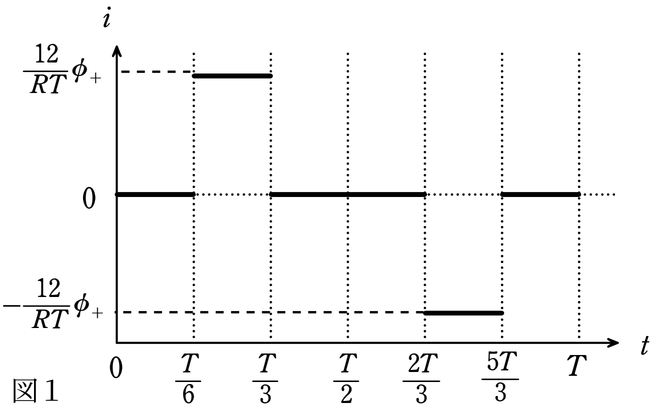

図１

問４　$\Delta W=\dfrac{12}{\pi R}\omega{\phi_+}^2$

問５　$K=\dfrac{1}{2}M(l\omega)^2$

問６　$\Delta K\fallingdotseq Ml^2\omega\Delta\omega$

問７　$\Delta\omega=\dfrac{12}{\pi Ml^2R}{\phi_+}^2$

問８　$\Delta\omega\fallingdotseq 1\times10^{-4}$ rad/s

＜解説＞

問１

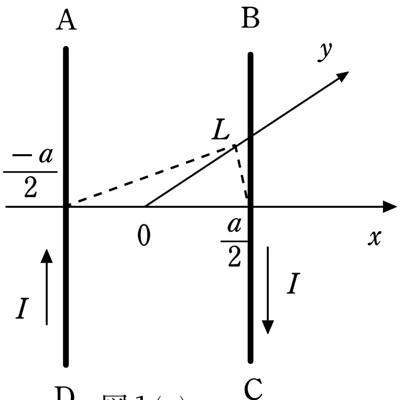

図１(a)

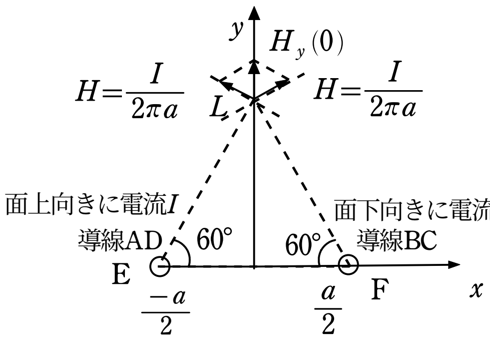

図１(b)

図１(a)，(b)のように，無限に長い導線を流れる電流がつくる磁界を考える。2本あるから，それぞれの磁界ベクトルの和を求める。

$\theta=0$のとき，導線BCおよびDAに流れる電流Iがy軸上のLにつくる磁界のy方向成分は，図１(b)から解るように，

$H_y(0)=H\cos 60°\times 2=H=\dfrac{I}{2\pi a}$，したがって磁束密度は$B_0=B_y(0)=\mu_0 H_y(0)=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$　（答）

問２

問題文に「環状ループの円環面上およびその近傍でBは一様であり，したがって$B_y(\theta)$も一様と考えてよい」とあるので，環状ループのコイルを貫く磁束は，ループの面積×磁束密度B_1である。

$\phi_+=\pi b^2 B_1$，$\phi_-=-\pi b^2 B_1$　（答）

問３

コイルABCDの回転により環状ループのコイルを貫く磁束が変化する。したがって，誘導起電力が発生し，抵抗に電流が流れる。

誘導起電力は$V=-\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$，誘導電流は$i=\dfrac{V}{R}=-\dfrac{\Delta\phi}{R\Delta t}$

磁束は$\theta=0$ではy軸正方向で，$\theta=\dfrac{\pi}{3}$から$\dfrac{2\pi}{3}$まで減少していくので，誘導電流は正方向の磁束が増えるようにG→Hと流れる。このような考察の結果

$0\leqq\theta<\dfrac{\pi}{3}$　磁束変化は0だから，誘導電流は0

$\dfrac{\pi}{3}\leqq\theta<\dfrac{2\pi}{3}$　磁束は減少するから，誘導電流はG→Hと流れる。

$\dfrac{2\pi}{3}\leqq\theta<\dfrac{4\pi}{3}$　磁束変化は0だから，誘導電流は0

$\dfrac{4\pi}{3}\leqq\theta<\dfrac{5\pi}{3}$　磁束は増加するから，誘導電流はH→Gと流れる。

$\dfrac{5\pi}{3}\leqq\theta\leqq 2\pi$　磁束変化は0だから，誘導電流は0

ここで$\theta=\omega t=\dfrac{2\pi}{T}t$, $t=\dfrac{\theta}{2\pi}T$

$\dfrac{\pi}{3}\leqq\theta<\dfrac{2\pi}{3}$のとき，$\dfrac{T}{6}\leqq t<\dfrac{T}{3}$，$\varDelta t=\dfrac{T}{6}$，$\varDelta\phi=\phi_--\phi_+=-2\phi_+$，$i=-\dfrac{\varDelta\phi}{R\varDelta t}=\dfrac{12}{RT}\phi_+$

$\dfrac{4\pi}{3}\leqq\theta<\dfrac{5\pi}{3}$のとき，$\dfrac{4T}{6}\leqq t<\dfrac{5T}{6}$，$\varDelta t=\dfrac{T}{6}$，$\varDelta\phi=\phi_+-\phi_-=2\phi_+$，$i=-\dfrac{\varDelta\phi}{R\varDelta t}=-\dfrac{12}{RT}\phi_+$

問４

ジュールの法則によれば,

（発熱量）＝（電流が抵抗を流れて発生する単位時間当たりのジュール熱）×（電流が流れる時間）

したがって，$\varDelta W=i^2R\times\dfrac{T}{6}=\left(\dfrac{12}{RT}\right)^2{\phi_+}^2R\times\dfrac{T}{6}=\dfrac{24}{RT}{\phi_+}^2=\dfrac{12}{\pi R}\omega{\phi_+}^2$　（答）

問５

はずみ車のリング部の各点は速さ$v=l\omega$で回転しているとみなすことができる。

したがって，その運動エネルギーは$K=\dfrac{1}{2}Mv^2=\dfrac{1}{2}M(l\omega)^2$　（答）

問６

$$K-\varDelta K=\frac{1}{2}Ml^2(\omega-\varDelta\omega)^2=\frac{1}{2}M(l\omega)^2-Ml^2\omega\varDelta\omega+\frac{1}{2}M(l\varDelta\omega)^2\fallingdotseq\frac{1}{2}M(l\omega)^2-Ml^2\omega\varDelta\omega$$

$\left(\dfrac{\varDelta\omega}{\omega}\right)^2\leqq1$だから，$\dfrac{1}{2}M(l\varDelta\omega)^2$を無視することができる。したがって，$\varDelta K\fallingdotseq Ml^2\omega\varDelta\omega$　（答）

問７

$\varDelta W=\varDelta K$とすれば，問４，問６から，$\dfrac{12}{\pi R}\omega{\phi_+}^2\ =Ml^2\omega\varDelta\omega$，$\therefore\ \varDelta\omega=\dfrac{12}{\pi Ml^2R}{\phi_+}^2$　（答）

問８

$$\varDelta\omega=\frac{12}{\pi Ml^2R}{\phi_+}^2=\frac{12}{\pi\times10\times(0.2)^2\times10^{-6}}\times{\phi_+}^2=\frac{12}{\pi\times10\times(0.2)^2\times10^{-6}}\times\left(\frac{72\pi}{7}\times10^{-7}\right)^2$$

$$=996.6\times10^{-7}=0.9966\times10^{-4}\fallingdotseq1\times10^{-4}\ \mathrm{rad/s}$$　（答）

ただし，$\phi_+=\pi b^2B_1=\dfrac{8}{7}B_0\pi b^2=\dfrac{4}{7}b^2\dfrac{\mu_0I}{a}=\dfrac{4}{7}\times(0.03)^2\times\dfrac{4\pi\times10^{-7}\times10^3}{0.2}=\dfrac{72\pi}{7}\times10^{-7}$

$$B_0=B_y(0)=\mu_0H_y(0)=\frac{\mu_0I}{2\pi a}$$

物理問題　Ⅲ

＜解答＞

（１）

ア $\dfrac{h}{p}$　イ $\dfrac{2\pi r}{\lambda_e}$　ウ $\left(\dfrac{1}{{n_L}^2}-\dfrac{1}{{n_H}^2}\right)Rch$　エ $\dfrac{1}{R}\left(\dfrac{{n_L}^2{n_H}^2}{{n_H}^2-{n_L}^2}\right)$

オ 6.5×10^{-7}　カ 8.2×10^{-7}

（2）

キ $d\sin\theta$　ク $\dfrac{d\Delta z}{L}$　ケ 2　コ（あ）

（3）

サ $\left(\dfrac{c-v_x}{c}\right)\lambda_0$　シ $\dfrac{k_BT}{m}$　ス ①　セ $\dfrac{k_BT}{m}\left(\dfrac{\lambda_0}{c}\right)^2$　ソ（う）

<解説>

（1）

ア

質量をもつ粒子には波としての性質があり，物質波という。その波長は $\lambda=\dfrac{h}{p}=\dfrac{h}{mv}$ である。ここで h はプランク定数，p は運動量，m は質量，v は速さである。

イ

電子の円運動の軌道長が波長の整数倍になるように電子が存在する。円軌道上に定在波として電子が存在すると考えられる現象である。したがって $\dfrac{2\pi r}{\lambda_e}=n$

ウ，エ

$n=n_H$，n_L のときのエネルーギー準位はそれぞれ，$-\dfrac{Rch}{{n_H}^2}$，$-\dfrac{Rch}{{n_L}^2}$ である。

電子がエネルギー準位 $n=n_H$ から，それよりも低い $n=n_L$ に移るとき，

エネルギーが $-\dfrac{Rch}{{n_H}^2}-\left(-\dfrac{Rch}{{n_L}^2}\right)=\left(\dfrac{1}{{n_L}^2}-\dfrac{1}{{n_H}^2}\right)Rch=h\nu$ の光子を放出する。$\nu=\dfrac{c}{\lambda}$ は光子の振動数である。

したがって光子の波長は，$\lambda=\dfrac{1}{R}\left(\dfrac{1}{{n_L}^2}-\dfrac{1}{{n_H}^2}\right)^{-1}=\dfrac{1}{R}\left(\dfrac{{n_L}^2{n_H}^2}{{n_H}^2-{n_L}^2}\right)$

オ，カ

$\lambda=\dfrac{1}{R}\left(\dfrac{{n_L}^2{n_H}^2}{{n_H}^2-{n_L}^2}\right)$ において，$n_L=2$，$n_H=3$ とおいて，$\lambda=\dfrac{36}{5R}=6.5\times10^{-7}$ m

$n_L=3$ に移るときの光の波長の最小値は，$\lambda=\dfrac{1}{R}\left(\dfrac{3^2{n_H}^2}{{n_H}^2-3^2}\right)=\dfrac{3^2}{R}\left(\dfrac{1}{1-\left(\dfrac{3}{n_H}\right)^2}\right)>\dfrac{3^2}{R}=8.2\times10^{-7}$ m

である。この値は $n_H\to\infty$ のときの値だから，厳密には最小値といえない。問題文は「光の波長は $\boxed{\text{カ}}$ m より小さくなることはない。」などと表現すべきである。

（2）

キ

図１に示すように，入射方向となす角 θ に対する，回折格子の各スリットから出た光の光路長の差は $d\sin\theta$ だから，光が強めあう条件は，$d\sin\theta=\lambda k$（$k=0$，１，２，・・・）である。

ク

$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$だから，スクリーンの位置$z$とは，$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta = \dfrac{z}{L}$ の関係となる。

したがって，$\dfrac{dz}{L} = \lambda k$となる位置$z$ に明線が現われる。$z = \dfrac{\lambda Lk}{d}$だから $\Delta z = \dfrac{\lambda L}{d}$ ，$\therefore\ \lambda = \dfrac{d\Delta z}{L}$

ケ

4.5×10^{-7} m< λ <7.0×10^{-7} m だから，$4.95 < \lambda R < 7.7$

したがって，$4.95 < \left(\dfrac{1}{{n_L}^2} - \dfrac{1}{{n_H}^2}\right)^{-1} < 7.7$，$0.13 < \left(\dfrac{1}{{n_L}^2} - \dfrac{1}{{n_H}^2}\right) < 0.202$

$n_L = 1$ のとき，$1 - \dfrac{1}{2^2} = 0.75$だから，$n_L = 1$ は該当しない。

$n_L = 3$ のとき，$\dfrac{1}{3^2} < 0.12$だから，$n_L = 3$ は該当しない。したがって，$n_L \geqq 3$ は該当しない。

$n_L = 2$ のとき，$\dfrac{1}{2^2} = 0.25$,

$n_H = 3$, $\dfrac{1}{3^2} = 0.111$, $0.13 < \dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{3^2} < 0.202$, $n_H = 3$ は該当し，$\lambda = 6.5\times10^{-7}$ m

$n_H = 4$, $\dfrac{1}{4^2} = 0.0625$, $0.13 < \dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{4^2} < 0.202$, $n_H = 4$ は該当し，$\lambda = 4.8\times10^{-7}$ m

$n_H = 5$, $\dfrac{1}{5^2} = 0.04$, $\dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{4^2} > 0.202$, $n_H = 5$ は該当しない。したがって，$n_H \geqq 5$ は該当しない。

波長が4.5×10^{-7} m< λ <7.0×10^{-7} m にある (n_H , n_L) の組合せは2通りである。

コ

明線の位置は（２）クで記載したように，$z = \dfrac{\lambda Lk}{d}$だから，$\lambda = 4.8\times10^{-7}$ mに対しては,

$z = 4.8\times\dfrac{Lk}{d}\times10^{-7}$m，$\lambda = 6.5\times10^{-7}$ mに対しては，$z = 6.5\times\dfrac{Lk}{d}\times10^{-7}$m 。

$\dfrac{L}{d}\times10^{-7}$m を単位とすれば，前者は0, ±4.8 , ±9.6 , ･･･， 後者は0 , ±6.5 , ±13.0･･･ ， の位置に明線ができる。この状況に該当するのは（あ）である。

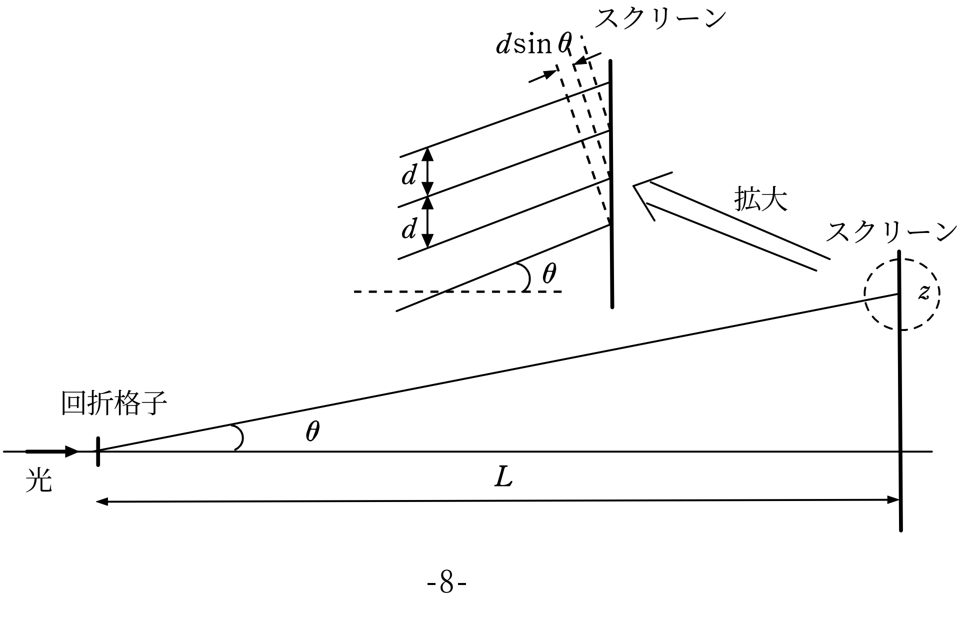

図１

（3）

サ

光の振動数をνとすれば$\lambda_0\nu=c$，しかるに観測方向xに速さv_xで動いている原子からの光はドップラー効果により，$\lambda\nu=c-v_x$となる。$\lambda=\dfrac{c-v_x}{\nu}=\left(\dfrac{c-v_x}{c}\right)\lambda_0$　（答）

シ

単原子分子の理想気体の熱運動を考える。

分子の熱運動による理想気体の分子1個あたりの運動エネルギーは分子の質量m，容器内の温度T，ボルツマン定数k_Bを用いて，$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2}=\dfrac{3}{2}k_BT$である。

したがって，$\overline{v^2}=\overline{{v_x}^2+{v_y}^2+{v_z}^2}=3\overline{{v_x}^2}$だから，$\overline{{v_x}^2}=\dfrac{k_BT}{m}$

ス

シの結果から，温度が高いほど$\overline{{v_x}^2}$が大きい。したがってサの結果から，温度が高いほどドップラー効果の影響は大きい。

セ

サ，シから，$\varDelta\lambda=\lambda-\lambda_0=-\dfrac{v_x}{c}\lambda_0$，$(\varDelta\lambda)^2=\left(\dfrac{\lambda_0}{c}\right)^2{v_x}^2$，$\therefore\ \overline{\varDelta\lambda^2}=\left(\dfrac{\lambda_0}{c}\right)^2\overline{{v_x}^2}=\dfrac{k_BT}{m}\left(\dfrac{\lambda_0}{c}\right)^2$

ソ

セから明らかなように，$\varDelta\lambda=\lambda-\lambda_0$の2乗平均値$\overline{\varDelta\lambda^2}$は温度が高くなるにつれ，大きくなるから，温度を高くした実線の幅が広がる。該当するのは（う）である。

＜総評＞

例年同様に長文を読みこなしながら，設問に答えていくことが求められる。的確な物理理解と粘り強く考え抜く力が試される。相当に緊張を強いられそうな問題だが，頭を柔軟に働かせて臨もう。

Ⅰは力学の問題で問題設定を理解したうえで，どのような現象が起きるのか，全体像を描きながら，問題文を読んでいこう。

Ⅱは電磁気の問題だが，例年と違って，力学的現象などとの組み合わせの程度が少なく，それだけに複雑さが少ないので扱い易いように思う。

Ⅲは原子物理に波動や気体分子運動が絡んだ問題で，なかなか良い問題と感じた。

問題Ⅰ

鉛直軸のまわりに回転するリングに沿って滑る物体の運動に関する問題。物体には，重力の加速度と回転による遠心力が働く。この状況で物体はどのような運動をするか，全体像を概ね把握して，個々の問題を考えることが効果的だ。

物体には重力のリング接線方向成分によって，リングに沿って下方へ滑る力が働く。一方，リングの鉛直軸の回転によって，水平方向に遠心力が働く。遠心力のリング接線方向成分によって，上方へ滑る力が働く。下方への力は物体の位置が高いほど大きい。上方への力は回転速度が大きいほど大き

く，物体の位置が低いほど大きい。したがって，重力と遠心力の作用がつり合って，物体が静止する位置がありそうだ。その位置は，リングの回転速度が大きいほど，高くなりそうだ。

そして，物体をその静止移置から少しずらすと，その位置を中心とする単振動をすることになりそうだ。ずらしたときに働く力が変位に比例し方向が逆ならば，単振動ということになる。その力はリングの回転速度に関係するから単振動の角振動数も回転速度に関係するだろう。

リングの回転が0，すなわち静止しているなら，当然，リングの底点（図１の点P）が静止する点になり，そこから物体を少し高い位置に置いて放すと，物体は底点を中心とした単振動をすることは知られている通りである。

ざっと，このような運動の全体像を頭に描いて，以下の問題を考えていけば，スムーズに解答できよう。問１では②，③の表式に間違いがなければ，$\dfrac{\omega}{\sqrt{\dfrac{g}{R}}}$と$\dfrac{\Omega}{\sqrt{\dfrac{g}{R}}}$の関係のグラフを描くことは難しくない。ていねいに計算して，ミスのないように注意しよう。

運動の全体像の把握や個々の設問も特段難しくはないので，難易度は全体としてＢ。

問題Ⅱ

電磁気の問題で，回転するコイルを流れる電流による磁界がつくる誘導電流を扱う。長文だから，落ち着いて的確に読み進み，想定している物理現象を把握する。また，物理現象の基本的な振る舞いを把握するために，さまざまな近似を想定して（逆に言えば，小さな変化は無視して）考えていくので，その近似はしっかり頭に入れることが必要である。

問題図２のように，円環状ループのコイルの中心点における磁束密度が与えられるので，受験生にはありがたいだろう。この図を描きなさい，などという問題は難しい。破線で示す実際の$B_y(\theta)$を実線のような直線変化によって近似して考える。こうすれば，磁界の小さな変化は無視されるが，大きな変化による現象は容易に把握できるだろう。問２では円環状ループは磁束密度の変化に対して小さいので，ループ内の磁束密度は一様という近似をして考える。

問題図２からループを貫く磁束変化が解るので，コイルに発生する誘導起電力，誘導電流が解る。当然，磁束変化と誘導電流の関係は理解していなければならない。問題図１と問４で「はずみ車」という言葉が出てくる。授業等で習っていないと，戸惑うかも知れない。筆者も言葉を知ってはいたが，実体を正確には知らなかった。実体は知らなくても，問５は推定して答えなくてはならない。
難しい推定ではない。ここでは，はずみ車は回転エネルギーを蓄えて，矩形コイルを回転する動力源になるものと考えて良い。

全体として，電磁誘導による起電力の発生という基本を理解していれば良く，難しい発想や計算を要求するものではないので，難易度はＢ。

問題Ⅲ

原子物理分野の問題だが，波動や気体分子運動など，教科書の広範な内容が含まれていて，的確に物理を勉強し理解しているかが問われる良問と感じた。

（１）ア～カまでは，ボーアの水素原子モデルの電子のエネルギー準位に関する問題。ド･ブロイの物質波にによる波長のアは覚えていなければならないが，エネルギー準位の表式は与えられているので，ウ以降は考え方を理解していれば正答できる。

（２）回折格子による光の回折パターンの発生に関する問題。教科書の回折格子の記載を理解していなければならない。回折格子による分光（光の波長に対応するように光の方向を分けること）は原

子からの発光と原子の構造を理解する上で，有力な手段となった。だから，原子物理に光波の問題が登場するわけである。

（3）ではさらに，多くの原子からの発光では，同じエネルギー準位間からの発光であっても，その波長が分布をもつ（ある波長を中心として広がる）ことを気体分子運動とドップラー効果によって説明する。これは教科書には記載されていない現象であるが，気体分子運動とドップラー効果という物理の基礎知見に基づく重要な現象である。

高校物理の問題としては，なかなか難しいので，面食らうかも知れない。しかし京大の理系受験者には，食らいついて解いていく粘り強い思考力を期待したい。

全体として難易度はA。

151111