平成20年度入学試験問題

理　　科

（注　意　事　項）

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

	問題冊子	解答紙	
科　目	ページ	解答紙番号	枚数
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 10	18 ～ 20	3
化学Ⅰ・化学Ⅱ	11 ～ 28	21 ～ 27	7
生物Ⅰ・生物Ⅱ	29 ～ 50	28 ～ 33	6
地学Ⅰ・地学Ⅱ	51 ～ 61	34 ～ 38	5

4. 各解答紙の2箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は，解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. 医学部保健学科看護学専攻の配点は，表示されるものの $\frac{2}{5}$ です。

物　理　Ⅰ・物　理　Ⅱ

〔1〕 図1に示すように，静止している水平面(xy平面)の上に厚さが無視できる半径aの円板を置く。円板の中心は原点Oと一致している。円板上に大きさが無視できる質量mまたは$2m$の物体を置き，円板を点Oを中心として反時計回りに回転させる。回転の角速度ωを徐々に大きくしていくと，角速度が小さいとき物体は円板とともに回転するが，ある角速度で物体は円板に対して動き始める。

円板の角速度変化はゆっくりであり，円板とともに回転する物体の運動は常に等速円運動と見なせるとする。物体と回転円板および静止水平面との間の静止摩擦係数をμ，動摩擦係数をμ'とする。重力加速度の大きさをgとし，空気抵抗は無視する。また，角度および角速度の単位は，それぞれradおよびrad/sとする。(45点)

問 1. 以下の問いに答えよ。

(1) 質量mの物体を円板の円周上に置いたとき，物体が円板に対して動き始める角速度ω_Aを，a，g，m，μ，μ'のうち必要なものを用いて求めよ。

(2) 質量$2m$の物体を円板の円周上に置いたとき，物体が円板に対して動き始める角速度ω_1はω_Aの何倍になるか。

(3) 質量mの物体を，点Oからの距離が$\frac{a}{2}$となるように円板上に置いたとき，物体が円板に対して動き始める角速度ω_2はω_Aの何倍になるか。

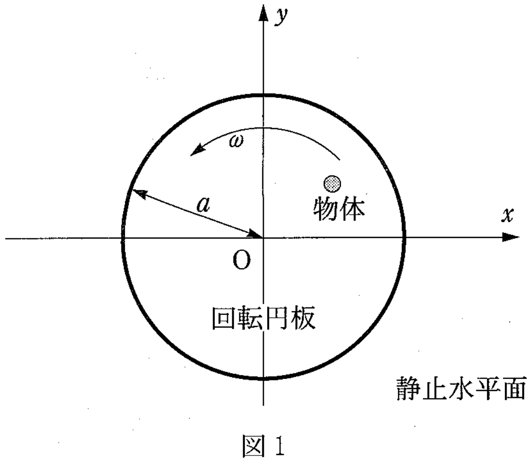

図1

問 2. 次に，図2に示すように，点Oからの距離が$\sqrt{2}\,a$でy軸に垂直である壁を置き，問1の(1)と同じく，円板の円周上に質量mの物体を置いて円板を回転させた。円板の角速度がω_Aに達したとき物体は円板から離れ，静止水平面上を運動して壁面上の点P(0，$\sqrt{2}\,a$)で壁と衝突した。以下の問い(2)，(3)，(4)では，ω_Aおよびa，g，m，μ'のうち必要なものを用いて解答せよ。

(1) 物体が円板から離れる瞬間に，物体と点Oを結ぶ線分がx軸となす角の大きさθはいくらか。

(2) 物体が点Pに到達するために必要なω_Aに関する条件を求めよ。

(3) 物体が円板から離れた後，点Pで壁と衝突するまでの時間tを求めよ。

(4) 点Pで衝突する直前の物体の速さv_1を求めよ。

問 3. 物体は，壁面上の点Pで非弾性衝突をした後，静止水平面上を距離ℓだけ運動して静止した。壁の表面は滑らかであり，物体と壁とのはねかえり係数(反発係数)をeとする。以下の問いでは，衝突直前の物体の速さv_1およびe，g，μ'のうち必要なものを用いて解答せよ。

(1) 物体が壁に衝突した直後の速度ベクトルを$\vec{v_2}$とするとき，そのx方向成分v_{2x}およびy方向成分v_{2y}をそれぞれ求めよ。

(2) 物体が点Pで衝突した後，静止するまでに運動した距離ℓを求めよ。

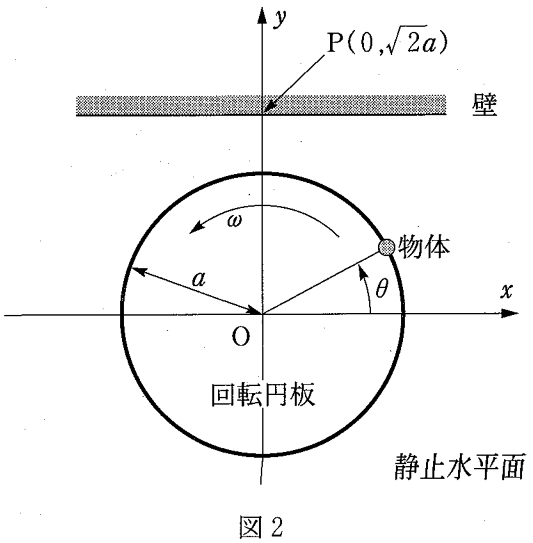

図2

〔2〕 図3に示すように，紙面と垂直に裏から表へ向かう磁束密度Bの一様な磁界(磁場)中で，太さの無視できる導線aWXYZbが，abを回転軸として，aからbを見て時計まわりに一定の角速度ωで回転している。このとき，ab間には時間とともに変化する誘導起電力が発生する。導線の折れ曲がり部はすべて直角で，WX，XY，YZの長さはすべてdである。この導線には抵抗値Rの抵抗および電気容量Cのコンデンサーが図のように接続されている。時刻$t=0$で，導線aWXYZbは紙面内の図に示す位置にあったとする。抵抗値R以外の電気抵抗は無視でき，誘導起電力は接続する回路に影響されないとする。

以下の各問いで特に指示のない場合は，B，C，d，R，t，ωのうち必要なものを用いて解答せよ。また，角速度の単位をrad/sとする。必要ならば下記の三角関数の公式を用いてよい。(40点)

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$$

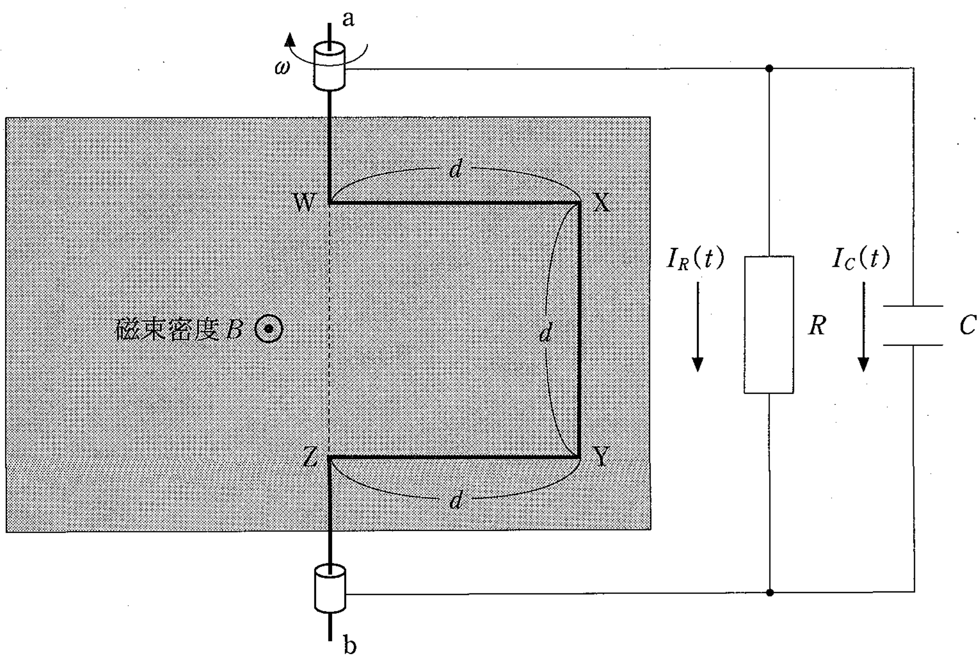

図3

問 1. 時刻 $t = 0$ から $t = \frac{\pi}{\omega}$ の間で，電位が高いのは a，b のうちどちらか。

問 2. 正方形の領域 WXYZ を貫く磁束を Φ とする。時刻 t における $\Phi(t)$ を求めよ。ただし，$\Phi(t)$ は $t = 0$ から $t = \frac{\pi}{2\omega}$ の間で正の値をとるとする。

問 3. 時刻 t から $t + \Delta t$ の間に正方形の領域 WXYZ を貫く磁束が変化する量 $\Delta\Phi = \Phi(t + \Delta t) - \Phi(t)$ は，$\omega\Delta t$ の大きさが十分小さいときには $\Delta\Phi = k_1\Delta t$ と近似できる。k_1 を求めよ。ただし，θ の大きさが十分小さいときに成り立つ三角関数の近似式 $\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$ を用いてよい。

問 4. 時刻 t において ab 間に発生する誘導起電力 $V(t)$ を求めよ。ただし，$V(t)$ は b に対して a の電位が高いときを正とする。

問 5. 時刻 t において抵抗に流れる電流 $I_R(t)$ を求めよ。ただし，$I_R(t)$ は図の矢印の向きを正とする。

問 6. 時刻 t においてコンデンサーに蓄えられている電気量を $Q(t)$ とするとき，時刻 t から $t + \Delta t$ の間に $Q(t)$ が変化する量 $\Delta Q = Q(t + \Delta t) - Q(t)$ は，$\omega\Delta t$ の大きさが十分小さいときには $\Delta Q = k_2\Delta t$ と近似できる。k_2 を求めよ。ただし，θ の大きさが十分小さいときに成り立つ三角関数の近似式 $\sin\theta \fallingdotseq \theta$，$\cos\theta \fallingdotseq 1$ を用いてよい。

問 7. 時刻 t においてコンデンサーに流れる電流 $I_C(t)$ を求めよ。ただし，$I_C(t)$ は図の矢印の向きを正とする。

問 8. 横軸に時間をとり $t = 0$ から $t = \frac{2\pi}{\omega}$ までの $I_C(t)$ の変化を解答用紙の問 8 に示した図中に描け。なお，電流の最大値および最小値を同図の $\boxed{}$ に記入せよ。

問 9. $I_R(t)$ に対して $I_C(t)$ の位相はどうなるか。下の解答群から適切なものを選び，その番号を解答欄に記入せよ。

① $\frac{\pi}{2}$ 遅れている　② 同位相である　③ $\frac{\pi}{2}$ 進んでいる

④ π 進んでいる

〔3〕 細い溝を格子状に刻んだガラス板がある。図4に示すように，波長λの平行なレーザー光線をこのガラス板の格子面に垂直にあて，格子面から十分に遠い距離Lにあるスクリーンに映す。スクリーンは格子面と平行である。

以下の空欄【(ア)】から【(サ)】に適切な語句，記号，数式あるいは数値を入れよ。ただし，語句(ア)については「上下」，「左右」のどちらかを，記号(キ)については，$>$，$=$，$<$のいずれかを選べ。数値は有効数字2桁で求めよ。また，角度の単位はradとし，数値ならびに数式を求める際に，大きさが0.1 rad以下の小さい角度αについては，$\cos\alpha \fallingdotseq 1.0$，$\sin\alpha \fallingdotseq \tan\alpha \fallingdotseq \alpha$と近似せよ。(40点)

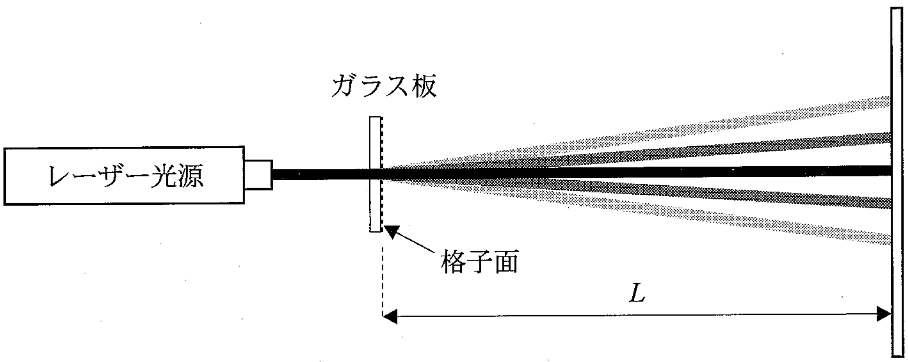

図4

1. 格子面では細い溝で囲まれた同じ大きさの升目(ますめ)が，上下方向および左右方向に規則正しく並んでいる。これらの升目を通過して回折した光線は互いに干渉してスクリーン上に図5に示すパターンをつくる。図5の黒塗りの部分が明るいところであり，中央のOは入射光と同じ方向に進んできた光線である。その左右に光線Aのような明るいところがほぼ等間隔に生じるのは，升目が【語句(ア)】方向に間隔d_Aで規則正しく並んでいるためである。光線Aが入射光となす角度をθ_Aとする。間隔d_Aで隣りあう升目を通過して光線Aの方向に回折した光の道のりの差は【数式(イ)】であり，それが波長λの【数値(ウ)】倍になっている。

$\lambda = 0.53\,\mu$mの緑色レーザー光線を格子面の一部(直径約2 mmの領域)にあて，スクリーンの位置を$L = 2000$ mmとした。$1\,\mu$mは10^{-3} mmである。光

線 O と光線 A の中心間の距離 Δx をスクリーン上で測ったところ，$\Delta x = 32$ mm であった。したがって，光線 A が入射光となす角は $\theta_A =$【数値(エ)】rad である。このとき，格子の間隔 d_A は，Δx，L，λ を用いて $d_A =$【数式(オ)】で表され，その値は $d_A =$【数値(カ)】μm と求められる。一方，光線 O とその真上にある光線 B の中心間距離 Δy は，スクリーン上で 36 mm であった。これより，【語句(ア)】の方向に垂直な方向の格子の間隔 d_B は，d_A と比較すると，d_B【記号(キ)】d_A である。

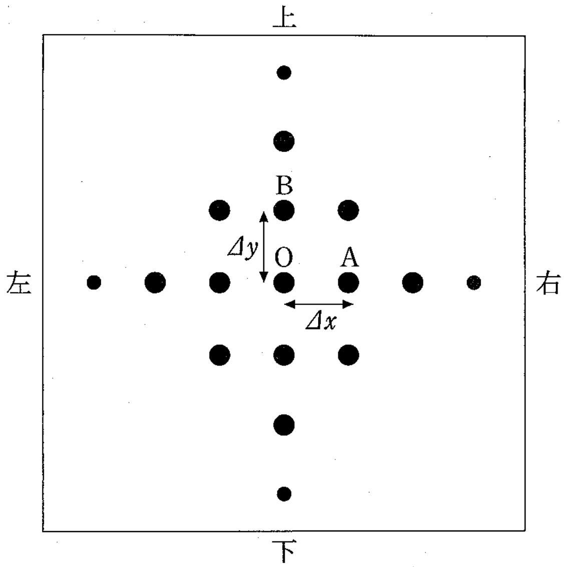

図 5

2. 次に，図 6 に示すように，薄い凸レンズを格子面から $a = 50$ mm の距離に格子面と平行に置いたところ，今度はスクリーン上に，レーザー光線があたっている領域の格子の拡大像が鮮明に現れた。このことから，このレンズの焦点距離 f が【数値(ク)】mm であることがわかる。また，倍率 M は【数値(ケ)】である。

格子面で回折した光線は，凸レンズを通った後に，焦点面(焦点距離 f の位置にあるレンズと平行な平面)上の異なる点に集まる。光線 O が集まる点 F_O と光線 A が集まる点 F_A の間隔 D は，d_A，f，λ を使って $D =$【数式(コ)】と表される。

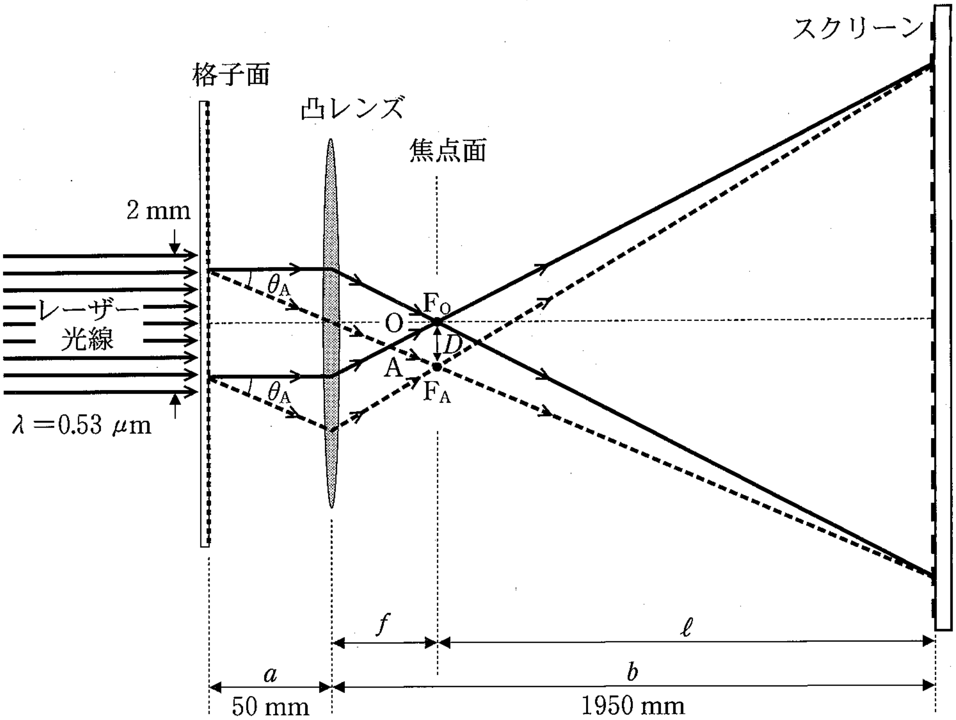

図 6

3. 凸レンズを通って点 F_O や点 F_A に集まる光線は，レンズの働きによってそれぞれ位相がそろっている。以下では，焦点面での光線 O と光線 A は同じ位相であるとする。小さな穴があいた板を焦点面に置いて，点 F_O の光線 O と点 F_A の光線 A のみを通したところ，今までスクリーン上で拡大像が現れていた円形の領域に，直線状の明暗の干渉縞(じま)が等間隔に現れた。焦点面からスクリーンまでの距離を ℓ とすると，ℓ が D や干渉縞(じま)が現れている領域の半径と比べて十分に長いので，縞(しま)の隣りあう明線(または隣りあう暗線)の間隔 ΔX は，D，ℓ，λ を使って $\Delta X =$【数式(サ)】と表される。この式と数式(コ)から，間隔 ΔX と格子の間隔 d_A の関係式が求められる。