平 成 23 年 度

(ページ数)
3ページ

試験問題(記述式)──理　　科(物理)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

解答を導くための過程を明示すること。

1 図1-1のように有限で一定値の抵抗 R_1, R_2 が直線の導体でつながれている。ACとDEは平行である。ADはAC, DEと直交し，長さは ℓ である。一様な磁束密度 B の磁場が紙面に垂直で手前向きにかけられている。導体に抵抗はないものとして，以下の問いに答えよ。

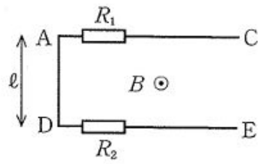


図1-1

【1】 図1-2のように直線の導体 α をAC上の点FとDE上の点Gで接触させる。α をADと平行に保ちながら，一定の速さ u で右方向に移動させる。α はAC, DE上をなめらかに動けるものとする。

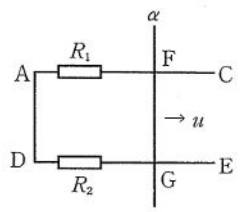


図1-2

(1) 閉回路AFGDAをつらぬく磁束の単位時間あたりの増加量はいくらか。

(2) FGを流れる電流はいくらか。方向も示せ。

(3) 導体 α を動かすのに必要な力の大きさはいくらか。

(4) 問い(3)の力の仕事率はいくらか。

【2】 図1-3のように，AD上でAから距離 $x\ell$ $(0 < x < 1)$ の点Xに直線の導体をACと平行に接続し，α との接点をZとする。ただし，α は【1】と同様に移動しているとする。

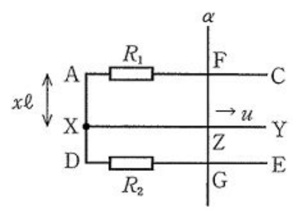


図1-3

(1) R_1を流れる電流はいくらか。

(2) R_2を流れる電流はいくらか。

(3) 両抵抗で発生する単位時間あたりのジュール熱の合計はいくらか。

(4) 問い(3)の発生熱の値は接続点Xを移動させると変化する。この値を最小にするためには，x をいくらにすれば良いか。

(5) 問い(4)のときXZに流れる電流はいくらか。

2 図のように，平らなガラス板Aの上に，大きな曲率半径 R の平凸レンズAを水平にのせた。一方，小さな穴から出たランプの光（波長 λ）を広がり角調節用レンズで平行にし，観察用ガラス板で反射させてレンズAに鉛直に入射させた。このとき観察用ガラス板の上方よりレンズAを観察したところ，同心円の明暗のしま（リング）が見えた。次の問いに答えよ。

(1) このような明暗のリングはなぜ生ずるのか。またこれを何と呼ぶか。

(2) 明るいリングができる条件と暗いリングができる条件について考える。

① レンズAの凸面上の点Cと同レンズの中心軸PQの距離を r とするとき，点Cとガラス板A上面との距離 d をレンズAの曲率半径 R と r の関数で表せ。ただし R は d よりはるかに大きいとする。

② 問い①の結果に基づき，明るいリングができる条件と暗いリングができる条件を R，r と波長 λ を用いて表せ。

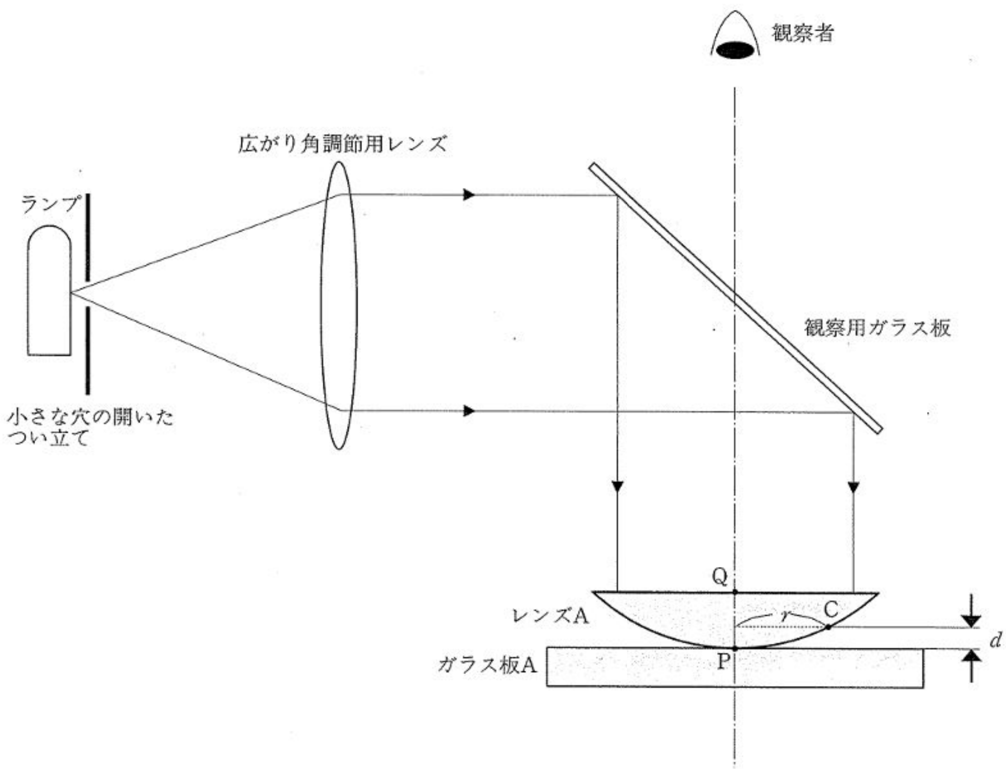
(3) レンズAの中心部は明るく見えるか，暗く見えるか。理由も述べよ。

(4) 隣り合うリングの間隔は r が大きくなるに従ってどのように変化するか。理由も述べよ。

(5) 中心から x 番目の暗いリングの半径が r_x，$x+a$ 番目の暗いリングの半径が r_{x+a} と測定された。x が未知であっても，a と λ が既知であれば r_x，r_{x+a} よりレンズAの曲率半径 R を求めることができる。これを式で表せ。

(6) ランプの波長が490(nm)のとき，x 番目の暗いリングの半径が7(mm)，$x+10$ 番目の暗いリングの半径が $7\sqrt{2}$(mm)であった。レンズAの曲率半径 R はいくらか。また x はいくつか。

(7) 波長 λ の光の代わりに白色光を用いた場合も同心円の明暗のリングが観察された。それぞれの明るいリングはどのような色の見え方をするか。理由も述べよ。



3 鉛直上向きの z 軸を回転軸として，原点Oを中心とする半径 R の円板Cが水平に置かれている。円板Cの円周上の点Pに立っている人が，高さ h の位置から z 軸に向けて水平に発射する弾丸Bの運動に関して，以下の問いに答えよ。ただし円板Cの厚さ，弾丸Bの大きさ，空気抵抗は無視できるとし，重力加速度は g とする。また円板上の人は円板に固定されているとする。

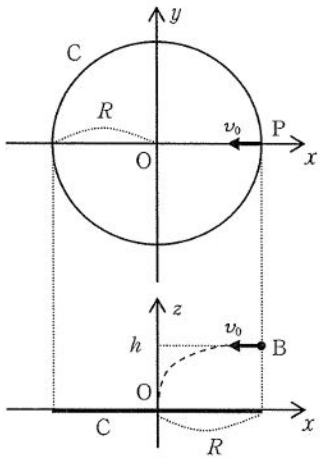


図 3-1

(1) 図 3-1 のように，点Pが x 軸上にある状態で円板Cが静止している。時刻 $t=0$ に発射された弾丸Bが時刻 T に原点Oに到達した。時刻 T と弾丸Bの初速 v_0 はいくらか。

(2) 円板Cが反時計方向に角速度 ω で回転している。点Pが x 軸上に来た時刻 $t=0$ に発射された弾丸Bの円板上の到達点をQとする。弾丸Bの円板に対する初速は問い(1)と同じ v_0 とする。発射後，点Qに達するまでの時刻 t での弾丸Bの座標 x，y，z と点Qの座標 x_Q，y_Q，z_Q を求めよ。

(3) 問い(2)の弾丸Bの運動を，円板に乗っている人が円板に固定した座標系 XYZ で見るとどのように見えるかを考える。図 3-2 と図 3-3 に示したように，弾丸Bから円板に降ろした垂線の足をEとする。回転軸である z 軸と Z 軸は一致しているので，弾丸Bの z 軸からの距離は Z 軸からの距離と等しく $\mathrm{OE}^2 = x^2+y^2 = X^2+Y^2$ である。座標系 XYZ で見ると点Pは X 軸上に静止している。発射後，円板に達するまでの時刻 t での弾丸Bの座標 X，Y，Z と，到達点Qを円板に固定した座標系 XYZ で見た座標 X_Q，Y_Q，Z_Q を求めよ。

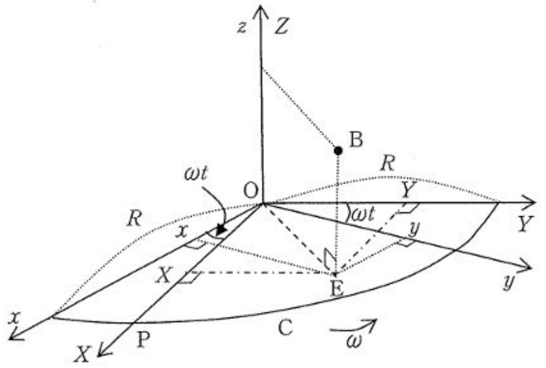


図 3-2　斜め上から見た図

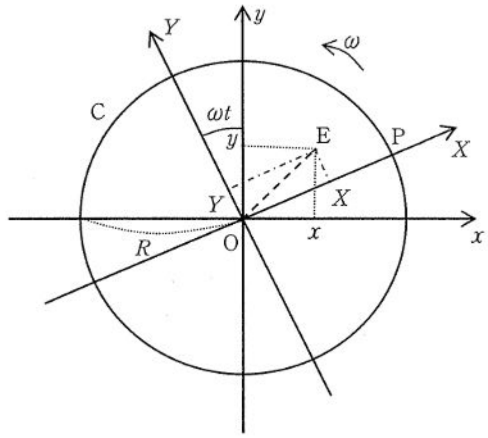


図 3-3　真上から見た図

(4) 問い(3)のように，弾丸Bの運動を回転している円板上で見ている時，弾丸Bは点Pの高さ h の位置で発射され，円板上の点Qに到達している。この時，弾丸と Z 軸との距離の最小値とその時の時刻を求めよ。