

物 理

東京慈恵会医科大学医学部 2024 年度型 そっくり類題セット

※ これは東京慈恵会医科大学の入試問題ではありません。
2024 年度の出題形式（大問の数・設問の構成）をもとに、
TMPS 医学館が題材や数値・設定を変えて作成したオリジナル問題です。

試験時間の目安：60 分（理科 2 科目 120 分の半分）

大問	ページ	時間配分の目安
第 1 問 （角運動量と面積速度）	2	25 分
第 2 問 （電場・磁場中の運動と電磁誘導）	3	30 分（見直し 5 分）

注意事項

- 問題は第 1 問・第 2 問の全 2 題である。いずれも式の導出や、考えを筋道立てて述べる記述が含まれる。
- 答えだけでなく、途中の式と考え方も別の紙に書いて練習するとよい。
- 記述では、記述内容の深さや脈絡の豊かさに加えて、それを筋道立てて他者に伝える姿勢を意識するとよい。
- 解答・解説は、解説ページ（TMPS 医学館の過去問解説図書館）に掲載している。

第1問

図1のように、水平でなめらかな xy 平面上を、質量 m の小球が運動している。原点 O から見た小球の位置を (x, y) 、速度を (v_x, v_y) とする。ある時刻に、 O から小球までの距離は r 、位置ベクトルが x 軸の正の向きとなす角（反時計回りを正）は α 、速度の大きさは v 、速度が x 軸の正の向きとなす角（反時計回りを正）は β であった。 O のまわりの小球の角運動量 J を、 $J = m(yv_x - xv_y)$ で定める。

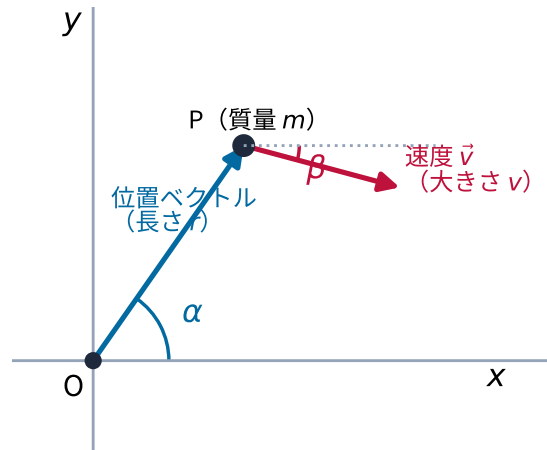


図1 (TMPS作成)

問1. (1) J を m, r, v, α, β を用いて表せ。

(2) 小球が微小時間 Δt の間に動くとき、 O と P (小球) を結ぶ線分が掃く面積を ΔS とする。

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$ (面積速度) の大きさを、 J と m を用いて表せ。

(3) $J > 0$ のとき、小球は O のまわりを時計回りと反時計回りのどちらに回っているか。 α, β の関係に触れて説明せよ。

問2. 小球に力 (F_x, F_y) がはたらくとき、 J の時間変化率 $\frac{\Delta J}{\Delta t}$ を x, y, F_x, F_y を用いて表せ。また、力がどのような向きのときに J は時間によらず一定に保たれるか、理由とともに述べよ。

問3. 小球が、 O を中心とする半径 R の円周上を、時計回りに一定の角速度 ω で等速円運動している。このときの J を、 m, R, ω を用いて表せ。

問4. 問3の小球の運動エネルギー K を、 J, m, R を用いて表せ。

問5. 問3の小球が、半径 R を保ったまま、角運動量 $\frac{h}{2\pi}$ をもつ光子を1個、円運動の向きと同じ回転の向きで吸収し、角運動量が J から $J + \frac{h}{2\pi}$ に増えた (h はプランク定数)。 $\frac{h}{2\pi}$ は J に比べて十分小さく、その2乗は無視してよい。

このとき、運動エネルギーの増加量は $\Delta K = \boxed{\text{ア}}$ (h, ω で表せ) となる。これが光子のエネルギー $h\nu$ に等しいとすると、光子の振動数は $\nu = \boxed{\text{イ}}$ (ω で表せ) であり、光の角振動数 $2\pi\nu$ は $\boxed{\text{ウ}}$ に等しい。空欄 $\boxed{\text{ア}}, \boxed{\text{イ}}, \boxed{\text{ウ}}$ に入る式を答えよ。

第2問

電場や磁場の見え方は、観測者の立場によって変わることがある。以下では磁束密度の大きさを B 、電場の強さを E とし、重力は無視する。

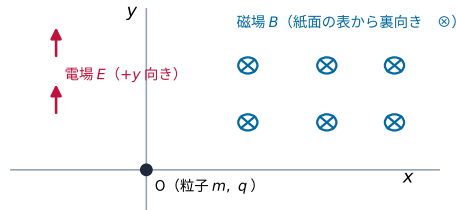


図2 (TMPS 作成)

I 問1. 紙面に垂直で、表から裏へ向かう一様な磁場（磁束密度 B ）の中に、 y 軸に平行に置かれた長さ l の導体棒がある。この棒が x 軸の正の向きに一定の速さ v で動いている。棒の中の自由電子（電荷 $-e$ ）が棒とともに動くことで受ける力の向きと大きさを答え、棒の両端に生じる起電力が vBl になることを説明せよ。また、この起電力が棒の材質（導体の種類）によらない理由を述べよ。

I 問2. 次に、半径 a の円形の導線の輪を紙面内に固定する。輪を貫く磁場は紙面に垂直で一様であり、その磁束密度の大きさを $B(t) = B_0 + kt$ (k は正の定数) のように、時間とともに変化させる。輪の導線中の自由電子は動いていないのに、輪に起電力が生じる。この起電力を、ローレンツ力では説明できない理由を述べ、輪に沿って生じる電場の強さを a, k を用いて表せ。

II 問1. 図2のように、 xy 平面内に、 y 軸の正の向きの一様な電場（強さ E ）と、紙面に垂直で表から裏向きの一様な磁場（磁束密度の大きさ B ）がある。質量 m 、正の電荷 q をもつ粒子が、この中を運動する。粒子の速度を (v_x, v_y) とするとき、粒子にはたらく力の x 成分 F_x と y 成分 F_y を、 q, E, B, v_x, v_y を用いて表せ。

II 問2. 粒子が x 軸に平行に、速度 $(v_x, 0)$ で等速直線運動をするためには、 v_x をいくらにすればよいか。 E, B を用いて表せ。以下、 $V = \frac{E}{B}$ とおく。

II 問3. 時刻 $t = 0$ に原点で静止していた粒子の運動を、 x 軸の負の向きに速さ V で動く観測者（T系）から見ると、粒子は一定の角速度で等速円運動をする。その角速度 ω （反時計回りを正）を、 q, B, m を用いて表せ。

II 問4. 時刻 t における粒子の速度 (v_x, v_y) と位置 (x, y) を、 V, ω, t を用いて表せ。

III. 地面に静止した観測者には、粒子は電場と磁場の両方から力を受けて運動して見える。一方、II問3のT系で、粒子が速度 $(-V, 0)$ で動く（T系で静止する）場合にはたらく力は0である。この事実は、T系の観測者には電場が見えない（磁場だけが見える）ことを意味する。電場と磁場は観測者によってどのように見え方が変わるか、II問2、問3の結果をふまえて述べよ。

IV. 磁石を2つに割っても、N極だけやS極だけの磁石はできない。磁場の性質として、任意の閉曲面を貫く磁束の総和は0になることを、磁力線を使って説明せよ。また、もしN極だけをもち粒子（磁気単極子）が存在したとすると、この性質はどうなるか述べよ。

— 終 —