

平成 28 年度(後期日程)

入学者選抜学力検査問題

物 理

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙のすべて(2枚)について、それぞれ2箇所ずつ、受験番号を記入しなさい。
3. この冊子は、この表紙および白紙のページと、問題が印刷されたページ1～4からなっています。落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、適宜下書きなどに使用してもよろしい。
5. 解答は、別紙「物理解答用紙」の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。指定された場所以外への解答は採点の対象外です。また、特に要求されていなければ、途中の計算式などを書かずに、問いに対する答えのみを記入しなさい。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。

I なめらかな水平面上の様々な物体の運動を、鉛直上方から観測して水平面内に設定した x - y 座標を使って表現するとして、以下の問いに答えよ。なお、物体と面の間の摩擦や、空気抵抗はないとする。

はじめに、質量 M の壊れる物体を原点に静止させておき、その左方から x 軸の正方向に速さ v で進む小球を衝突させた。その結果、小球ははね返って x 軸上を引き返し、一方、物体は元のちょうど半分の質量をもつ 2 つの部分に割れ、 x 軸に対して $\pm 60^\circ$ の方向に分かれて運動した。衝突後の小球と割れた物体それぞれの速さはいずれも $\frac{2}{3}v$ であった (図 1)。

- (1) この衝突によって、質量 M の物体全体が小球から受けた力積の x 成分(ア)および y 成分(イ)を求め、この場合の小球の質量(ウ)を決定せよ。
- (2) この衝突によって、小球と物体の力学的エネルギーの総和は、増えたか減ったか、または変わらなかったか(エ)。また、このことから、衝突の際にどのようなことが起こったと推察されるか。考えられる可能性の一つを述べよ(オ)。

今度は、ある程度軟らかい材質の質量 M の標的物体を原点に静止させ、その左方から、質量 m ($< M$) をもつ小球を x 軸に沿って速さ v で撃ち込んだ。小球は標的に衝突し、中央を貫通して、最終的にもとの c 倍 (c は正の定数) の速さになって x 軸の正方向に進んだ (図 2)。
ただし、小球と標的それぞれの質量は変わっていない。

- (3) 小球と標的全体の力学的エネルギーは、衝突が起こる前の何倍になっているか(カ)。
- (4) $m = \frac{1}{2}M$ の場合に、このような衝突と貫通によって、小球と標的全体の力学的エネルギーが、衝突前の $\frac{1}{2}$ 倍になったとする。このときの c の値を求めよ(キ)。

あらためて、前回と質量は同じで形状が異なる標的を用いて、同様の小球を撃ち込む操作をおこなうと、小球は標的の内部に入って留まった (図 3)。以下の空欄に入る適切な語句または数値を答えよ。

- (5) この現象は 衝突に相当し、このような場合には、衝突前の小球がもつ が顕著に減少する。ただし、その全てがゼロになるのではなく、衝突後に一体化した小球と標的の(ケ)は必ず残る。はじめの(ケ)のうちの、衝突で失われる量と残る量を、次のように理解することができる。まず、小球と標的の は、衝突の前後をとおして変わらぬ等速運動を続ける。衝突して一体化すると、小球と標的それぞれの(コ)に対する相対速度は、いずれも に変わるので、(コ)に対する相対運動のエネルギーは完全に失われると言える。一方、衝突しても(コ)の速度は変化しないので、小球と標的全体の(コ)の運動に基づくエネルギーは失われずに残ると言える。これらのエネルギーのうち、衝突で失われた量は、ほとんどの場合、最終的に に変わることになる。

(配点率 49%)

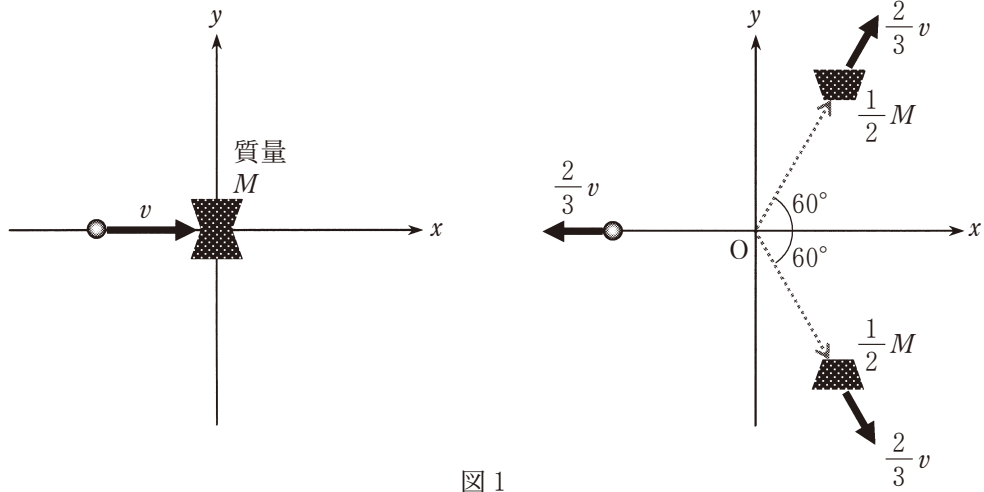


圖 1

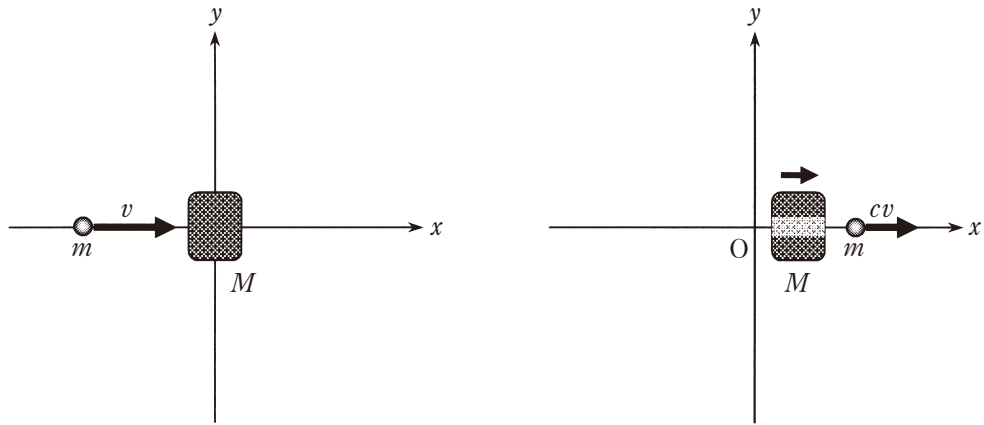


圖 2

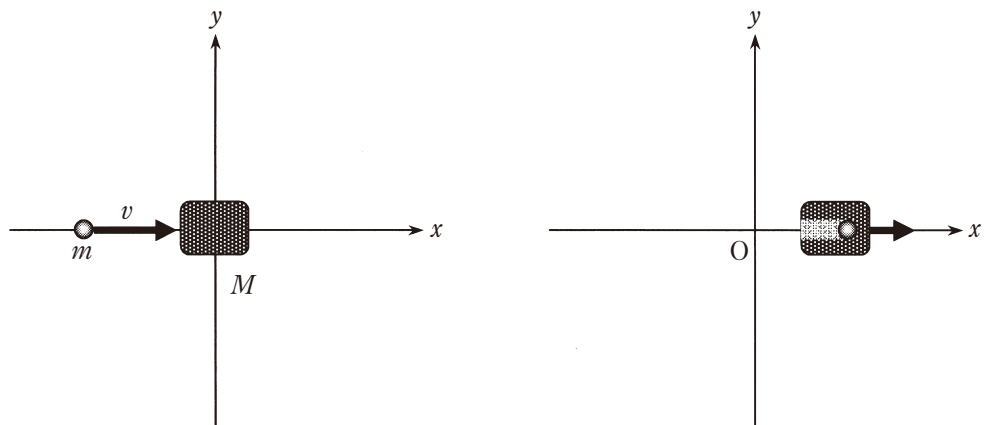


圖 3

Ⅱ 図のように、 x - y 平面の $y \geq 0$ の領域には磁束密度 $2B$ の一様な磁界が、 $y < 0$ の領域には磁束密度 B の一様な磁界が、紙面裏から表の向きに垂直にかかっている。原点にある電荷 q ($q > 0$)、質量 m の荷電粒子に、 y 軸の正の方向に速さ v の初速度を与える。荷電粒子が最初に原点を離れる時刻を $t = 0$ とする。重力の影響は無視するとして、以下の問いに答えよ。

荷電粒子は原点を離れてから円運動を行い、時刻 t_1 に x 軸上に戻ってくる。

(1) この円運動の中心の x 座標(ア)と y 座標(イ)、直径(ウ)、および時刻 t_1 (エ)を求めよ。

その後、荷電粒子は x 軸を横切り、領域 $y < 0$ に侵入した後、時刻 t_2 に再び x 軸上に戻ってくる。

(2) 時刻 t_2 までに、荷電粒子が x 軸から最も離れる点の座標を求めよ。

(3) 時刻 t_1 から t_2 までに荷電粒子がおこなう円運動の中心の x 座標(オ)と y 座標(カ)、および時刻 t_2 のときの x 座標(キ)を求めよ。また、時刻 t_1 から t_2 までの時間は t_1 の何倍(ク)になるか求めよ。

続けて、荷電粒子は x 軸を横切り、領域 $y \geq 0$ に侵入した後、時刻 t_3 に再び x 軸上に戻ってくる。

(4) 時刻 t_2 から t_3 までに荷電粒子がおこなう円運動の中心の x 座標(ケ)と y 座標(コ)を求めよ。また、時刻 t_3 は t_1 の何倍(サ)になるか求めよ。

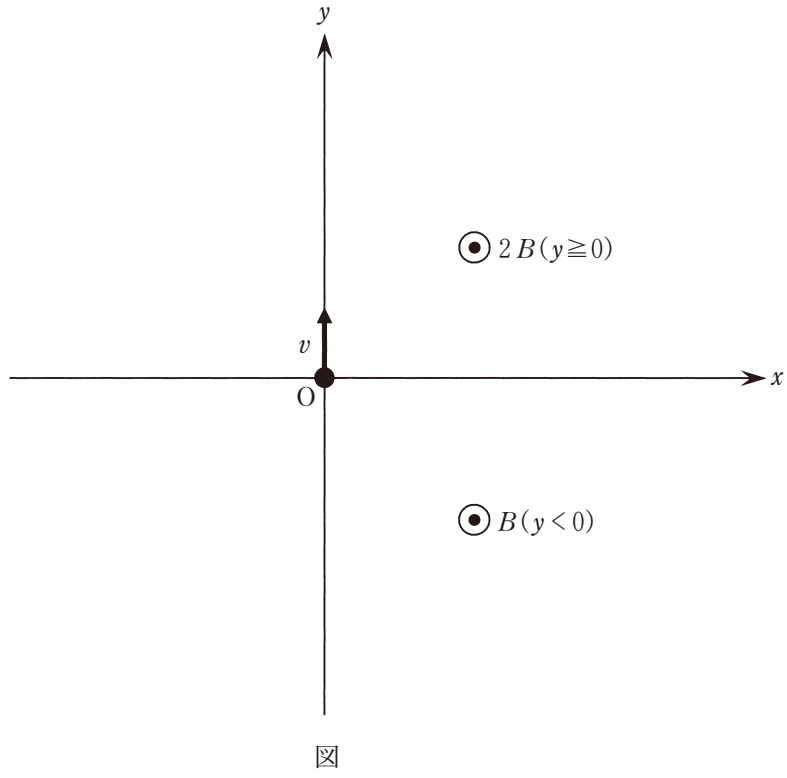
(5) 時刻 $t = 0$ から t_3 までに荷電粒子が描く軌道の概形を解答欄の x - y 座標上に描け。

これまでに見たように、荷電粒子は円運動の一部をつなぎ合わせた運動をおこない、時間経過とともに円運動の中心は不連続に変化する。

(6) 解答欄には、(ア)で求めた時刻 $t = 0$ から t_1 までの円運動の中心の x 座標を x_1 として太線で示している。 n 回目に x 軸を横切る時刻を t_n とする。時刻 t_1 から t_5 の間に円運動の中心の x 座標はどのように変化するか、グラフの続きを描け。

(7) 円運動の中心は、長時間の変化を平均化すると、等速運動するものとして扱える。その速さは v の何倍か求めよ。

(配点率 51%)



(以 上)