

(平 29 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 図1のように、なめらかな水平面上にばねがおかれ、ばねの右端は壁に固定されている。ばねの左端に小物体をおいて、自然長からばねを長さ L だけ縮めてから、静かにはなした。その後、小物体は水平面から飛び出し、水平面の端から点Pまでのちょうど半分の地点に落下した。以下の問1～5に答えなさい。解答欄には必要に応じて導出の過程を示しなさい。なお、小物体の大きさと空気抵抗は無視できるものとする。また、文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それらを表す記号はすべて各自で定義し、解答欄に明示しなさい。

(配点 25 点)

問 1 小物体が水平面から飛び出す瞬間の時刻を $t = 0$ としたとき、 $t = 0$ と $t = T$ での小物体の位置がそれぞれ黒丸で解答欄の図中に描かれている。 $t = 2T$ と $t = 3T$ での小物体の位置を黒丸ではっきりとわかるように、それぞれ図中に描きなさい。

問 2 自然長からばねを長さ L だけ縮めてからはなしたとき、小物体がばねから離れる瞬間の速さを V_L とする。小物体を点Pまで飛ばすためには、水平面から小物体が飛び出す瞬間の速さを、 V_L の何倍にする必要があるかを答えなさい。

問 3 小物体を点Pまで飛ばすためには、ばねを自然長からどれだけの長さ縮めてから、小物体をはなせばよいかを求めなさい。

問 4 次に、図2の斜線部分  を表面のあらい水平面に置き換えた。ばねを自然長から長さ x だけ縮めてから小物体をはなしたところ、小物体は水平面から飛び出していった。このとき、小物体はあらい水平面上で等加速度運動することを説明しなさい。また、小物体がばねから離れる瞬間の速さを V_x 、小物体が水平面から飛び出す瞬間の速さを V'_x としたとき、 $(V'_x)^2 - (V_x)^2$ はばねを縮める長さ x によらず一定であることを説明しなさい。

問 5 図 3 のように、自然長からばねを長さ L だけ縮めてからはなしたとき、小物体は水平面の端から点 P までの $\frac{1}{4}$ の地点に落下した。次に、ばねを自然長から長さ X だけ縮めてからはなしたところ、小物体はちょうど点 P まで到達した。 V_L, V_L' を問 4 の設問で x を L として定義される速さ、 V_X, V_X' を問 4 の設問で x を X として定義される速さとする。このとき、 V_L', V_X', V_X をそれぞれ V_L で表しなさい。また、 $\frac{X}{L}$ を求めなさい。

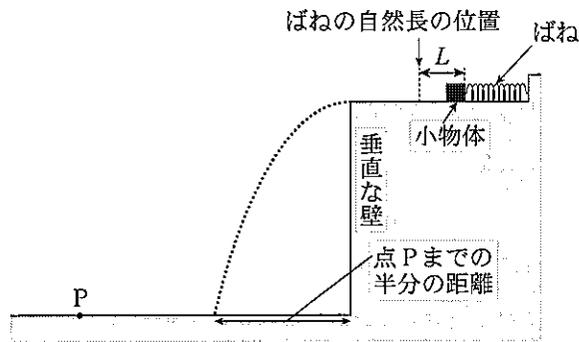


図 1

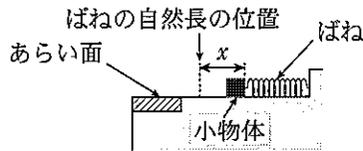


図 2

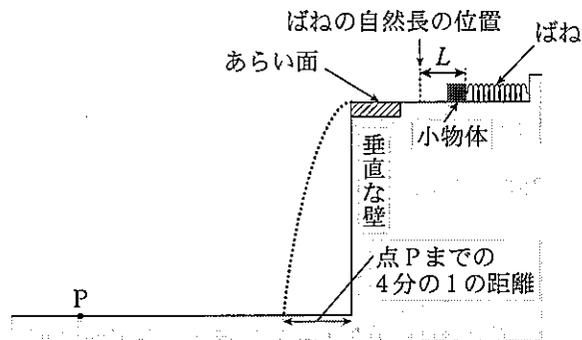


図 3

II 磁束密度 B の一様な磁場が、図 1 の紙面に対して垂直に裏から表に向かって加えてある。この磁場中に電荷 $q (q > 0)$ 、質量 m の荷電粒子があり、磁場に垂直な面内で速さ v_0 の等速円運動をしている。以下の問 1 ~ 5 に答えなさい。解答欄には必要に応じて導出の過程を示しなさい。(配点 25 点)

問 1 等速円運動の半径と周期を求めなさい。また回転の方向は、図 1 の a または b のいずれであるかを答えなさい。

問 2 問 1 の等速円運動をしている状態に加えて、磁場に平行で一様な電場 E_1 が加わった。電場が加わった時刻を $t = 0$ として、時刻 $t (t > 0)$ における粒子の速さを求めなさい。

次に、図 2 のように紙面に垂直な境界面をもつ 3 つの領域①、②、③の中を荷電粒子が運動することを考える。領域①と③ではそれぞれ図 1 と同様に、一様な磁束密度 B が加わっており、領域②では磁束密度が 0 である。また領域②では図 2 のように領域の境界面に垂直な電場 E_2 が領域①から領域③の向きに加わっており、領域①と③では電場が 0 である。電荷 $q (q > 0)$ 、質量 m の荷電粒子を領域①と②の境界面上の点 P から、境界面と垂直に速さ v_1 で領域①の向きに打ち出した。荷電粒子は領域①で円弧を描いた後、領域②を通過して領域③に入射し、領域③で円弧を描いた。領域①と③は十分広いものとし、領域②の幅は d とする。

問 3 領域③に入射するときの荷電粒子の運動エネルギー、および速さを求めなさい。

問 4 荷電粒子が領域③を通過して最初に領域①と②の境界まで戻ったとき、点 P からの距離を求めなさい。

問 5 点 P から打ち出された荷電粒子は領域①から③の間を往復運動する。電場 E_2 を調節することにより領域②から領域③へ粒子が入射する速さを $3v_1$ としたとき、この運動 2 往復分の粒子の軌跡を図示しなさい。

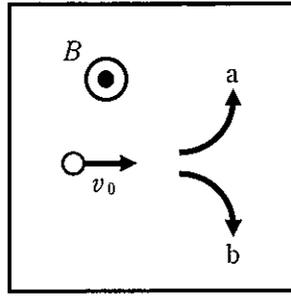


图 1

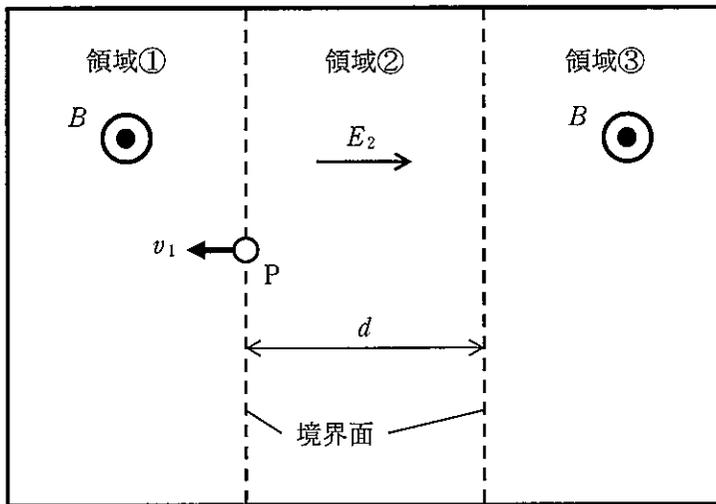


图 2

Ⅲ 図1のような媒質1と媒質2からなる空間で、媒質1内で発生した平面波が、両媒質の境界面Sに対して垂直方向に伝搬し、媒質2に入射する。Sから距離 d ($d > 0$)の位置に、紙面に垂直で断面が円形の無限に長い反射体Rがあり、波は反射する。この反射では波の位相は変化しないものとし、またRで反射した波がSに達した後にSから発生する反射波の影響は考えなくてよい。媒質1および媒質2の中では、平面波の波長はそれぞれ L および l である。以下の問1～5に答えなさい。解答欄には必要に応じて導出の過程を示しなさい。 (配点25点)

問1 媒質1に対する媒質2の屈折率を求めなさい。

問2 反射体Rで反射した波の媒質2内での波面の概略図を解答欄に描きなさい。反射体の断面の直径は、 l に比べて十分小さいものとする。

反射前の平面波と反射体Rで反射した波は干渉し、境界面S上で強め合う点が観測された。この位置を表すために、図1のようにRが紙面と交わる点からSに下ろした垂線とSとの交点を原点Oとし、S上に反射体Rに垂直な座標 x を定義する。

問3 2つの波の経路差が波長の n 倍(n は自然数)となる時、2つの波は干渉して強め合う。境界面S上で強め合う干渉位置 x が満たすべき条件式を求めなさい。

問4 x と d をそれぞれ横軸と縦軸にとり、 $0 < d \leq \frac{5}{2}l$ と $-3l \leq x \leq 3l$ の範囲で、問3で求めた条件式のグラフの概形を描きなさい。 n は1～5の範囲とする。

問5 $d = \frac{15}{8}l$ の場合を考える。問4のグラフを参考にして、強め合う干渉点の中で、 $-3l \leq x \leq 3l$ の範囲にある位置 x の値を全て求めなさい。

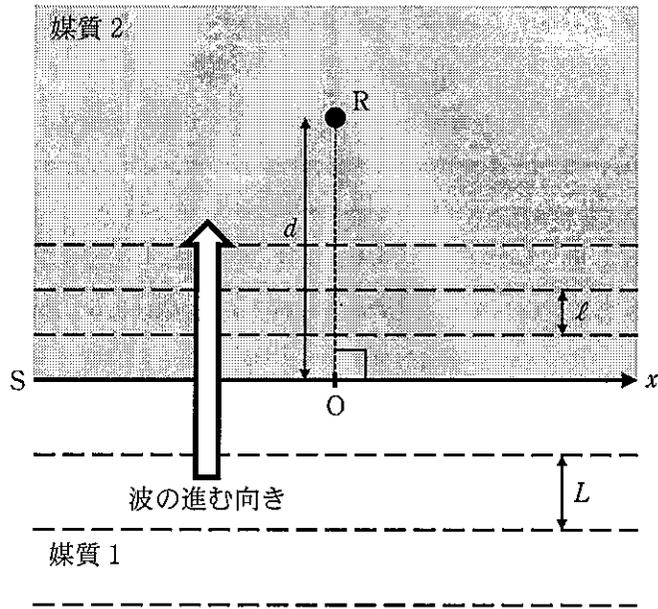


図 1