

平成 29 年度入学試験問題(後期)

理 科(物 理)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には、①から④までの4問題が印刷されていて、合計6ページである。
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙はA-1～A-4を別に配付している。解答は、問題と同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
6. 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

1 図のように鉛直下向きに x 軸をとり、ばね定数 k の軽いばねに質量 m の大きさが無視できる小球をつけて原点 O からつるすと、小球の位置は x_0 となった。さらに、小球を持って A だけ伸ばし、静かに離すと小球は角振動数 ω の単振動を始めた。以下の各問いに答えなさい。ただし、小球を離した瞬間を時刻 $t = 0$ 、重力加速度の大きさを g とする。

問 1 単振動の角振動数 ω を求めなさい。

問 2 小球の位置 $x(t)$ と速度 $v(t)$ は時刻 t とともに変化する。その状況を把握するために、単振動の周期を T として、次のような表を作成した。表中の①から⑧を答えなさい。

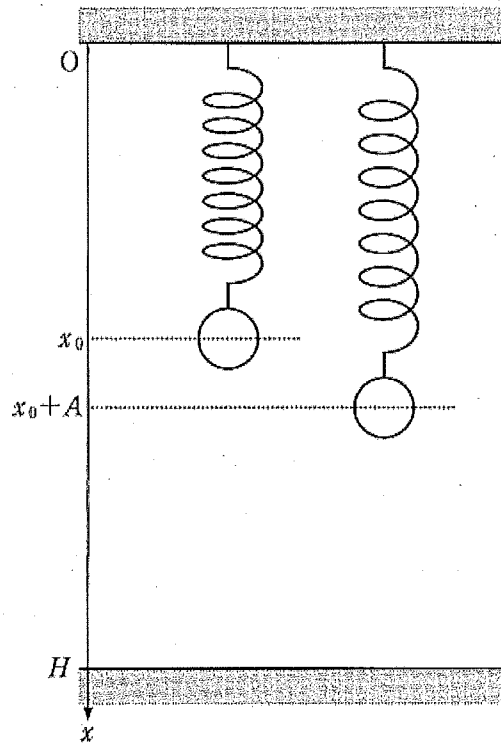
時刻	$t = \frac{1}{4} T$	$t = \frac{1}{2} T$	$t = \frac{3}{4} T$	$t = T$
$x(t)$	①	②	③	④
$v(t)$	⑤	⑥	⑦	⑧

問 3 小球の位置と速度を時刻 t の関数として式で表しなさい。

問 4 小球とばねをつないでいる部分が切れると小球は床に衝突する。切れた後の小球の運動をばねがじゃましないとして、次の表に指定された時刻で切れた場合に小球が床に衝突する直前の速度①から④を答えなさい。ただし、床の位置は H とする。

時刻	$t = \frac{1}{4} T$	$t = \frac{1}{2} T$	$t = \frac{3}{4} T$	$t = T$
速度	①	②	③	④

問 5 長さ A を調整すると、 $t = \frac{1}{4} T$ の時に切れた場合の床に衝突する直前の速度と $t = \frac{1}{2} T$ の時に切れた場合の床に衝突する直前の速度を等しくすることができる。このときの A を求めなさい。ただし、 b , m , g を用いて表すこと。



- 2 x 軸の正の向きに進む正弦波について考える。時刻 t において、原点から波の進行方向に x だけ離れている点における正弦波の変位 y_1 は、

$$y_1 = a \sin(bt - dx)$$

と表される。 $a > 0$, $b > 0$, $d > 0$ として、以下の各問いに答えなさい。

問 1 この正弦波の振幅、周期、振動数、波長、速さを求めなさい。

問 2 波長と振幅がこの正弦波と等しく、反対の向きに同じ速さで進む正弦波の変位 y_2 を式で表しなさい。ただし、原点 $x = 0$ での y_2 の変位は y_1 と同じとする。

問 3 変位がそれぞれ y_1 と y_2 で表される 2 つの正弦波が重なりあうとき、実際に現れる波の変位 y は、

$$y = y_1 + y_2 = \boxed{\text{①}} \sin \boxed{\text{②}} \cos \boxed{\text{③}}$$

と表される。この式を完成させなさい。

問 4 問 3 で考えた波は定常波(定在波)と呼ばれ、時間によらず振動しない点がある。この点の x 座標を整数 m ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) を用いて表しなさい。

3 図のように、厚さが無視できる十分に大きい2枚の平板電極 P, Q および蛍光スクリーンが真空中に平行に並べられている。電極 PQ 間の距離は L で、電圧 V がかけられている。また、電極 Q と蛍光スクリーンの間には磁束密度 B の一様な磁場を紙面に垂直に、紙面の表から裏に向けて加えることができる。電極 Q には、電荷 $q (q > 0)$ および質量 m をもつ正の荷電粒子が通り抜けられる十分小さな穴があるとし、図のように荷電粒子を電極 P においた場合について、以下の各問いに答えなさい。ただし、電極 PQ 間の磁場および電極 Q と蛍光スクリーン間の電場はないとし、重力の効果は考えないこととする。

問 1 電極 PQ 間の電場の強さはいくらか。

問 2 荷電粒子が電場から受ける力の大きさはいくらか。

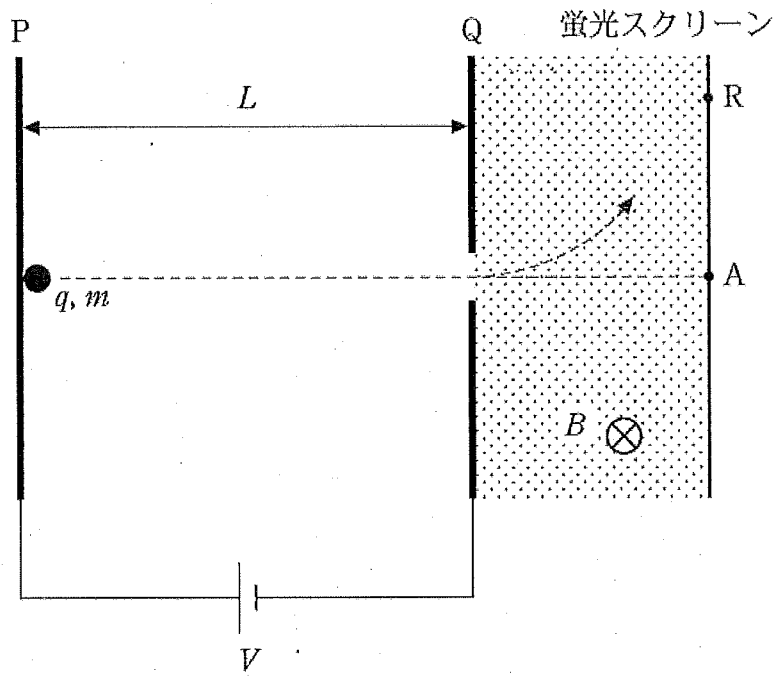
問 3 荷電粒子が電極 P から電極 Q まで移動する間に電場が荷電粒子にする仕事はいくらか。

問 4 荷電粒子が電極 Q に到達する時の速さはいくらか。

その後、荷電粒子が電極 Q を通過し、蛍光スクリーンに向かって飛び出す場合について考える。磁束密度が 0 の場合、蛍光スクリーン上の点 A に輝点が現れた。また、磁束密度 B の一様な磁場を加えた場合には、蛍光スクリーン上の点 R に輝点が現れた。

問 5 電極 Q を通過した荷電粒子が磁束密度 B の磁場から受ける力は何と呼ばれる力か。また、その大きさはいくらか。

問 6 点 AR 間の距離と電極 Q から蛍光スクリーンまでの距離が一致した場合、点 AR 間の距離はいくらか。ただし、荷電粒子の大きさは無視する。



- 4 励起状態の水素原子から発せられる光のエネルギー E はとびとびの値として観測され、その値は

$$E = Rch \left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

で与えられる。ここで R はリュードベリ定数、 c は真空中の光の速さ、 h はプランク定数、 $l = 1, 2, 3, \dots$ および $n = l + 1, l + 2, l + 3, \dots$ である。

これを説明するために次のような水素原子の模型を考えよう。水素原子は、静止している原子核の周りを電子が速さ v 、半径 r で等速円運動しているものとする。このとき向心力はクーロンの法則で与えられる。光のエネルギー E はエネルギー $E_n = -Rch \frac{1}{n^2}$ を持っている電子の状態から、エネルギー $E_l = -Rch \frac{1}{l^2}$ を持っている電子の状態へ移った際のエネルギー差に相当するものと考えられる。以下の各問いに答えなさい。ただし、クーロンの法則の比例定数を k 、原子核の電荷を e 、電子の電荷を $-e$ 、電子の質量を m とする。

問 1 電子の運動エネルギーおよび静電気力による位置エネルギーの式を答えなさい。

問 2 全エネルギーが $E_n = -Rch \frac{1}{n^2}$ である電子の状態における原子核と電子の間の距離 r_n 、および電子の速さ v_n を求めなさい。ただし、両者とも R を含んだ式で答えること。

問 3 問 2 の結果より、 $mv_n r_n$ は整数 n に比例していることが分かる。この比例係数を $\frac{h}{2\pi}$ に等しいとして R を求めなさい。