

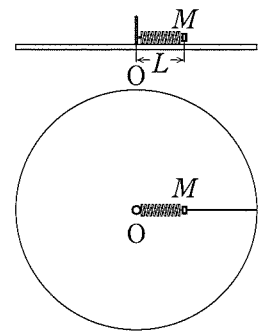
平成 22 年度 入学 試験 問題 (後期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 物理、化学、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。  
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば物理、化学を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
6. 出題数は物理、化学、生物おのおの 4 題、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
7. 受験票は机に出しておくこと。

I 図のように、水平に置かれた円板があり、円板は中心  $O$  を通る鉛直な軸のまわりに回転できる。円板の半径を表す直線上には、長さ  $L$  [m]、バネ定数  $k$  [N/m] の軽いバネにつながれた質量  $M$  [kg] の物体(直方体)が置かれ、バネの一端は円板の中心  $O$  に垂直に立てられた細い棒に固定されている。物体の大きさはバネの長さに比べて無視できるほど小さい。物体と円板の間の静止および動摩擦係数を  $\mu$ 、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] として、以下の問に答えよ。

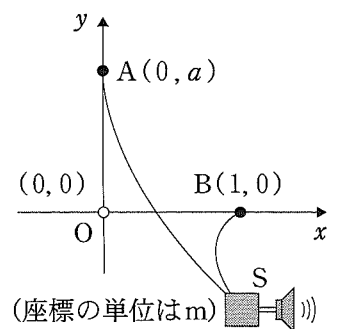


- (1) 円板の角速度  $\omega$  [rad/s] をゆるやかに増加させると、 $\omega = \omega_0$  になるまでは、バネの伸び  $r$  [m] は 0 であったが、角速度が  $\omega_0$  を超えたところでバネが伸び始めた。 $\omega_0$  を  $\{M, g, L, \mu, k\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。
- (2) 引き続き円板の角速度をゆるやかに増加させて  $\omega_1$  となったとき、バネの伸びは  $r_1$  であった。物体に働く力の釣り合いを表す式を  $\{M, g, L, \mu, k, r_1, \omega_1\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。
- (3)  $r_1$  を  $\{M, g, L, \mu, k, \omega_1\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。
- (4) 円板の角速度  $\omega$  を  $\omega_1$  からゆるやかに減少させると、 $\omega = \omega_2$  で、バネの伸び  $r$  は減り始めた。 $\omega_2$  はいくらか。 $\{M, g, L, \mu, k, r_1\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。
- (5)  $\omega$  をさらに減少させ、円板を静止させた。このときバネの伸び  $r_s$  はいくらになっているか。 $\{M, g, L, \mu, k\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。

つぎに、物体の質量を  $2M$  のものに取り替えて同じような観測をした。物体の大きさは、バネの長さに比べて無視できるほど小さく、物体と円板の間の摩擦係数は  $\mu$  であった。

- (6) 円板の角速度が  $\omega_0'$  を超えると、(1)と同じようにバネが伸び始めた。 $\omega_0'$  は、{イ.  $\omega_0$  より小さい、ロ.  $\omega_0$  に等しい、ハ.  $\omega_0$  より大きい}。正しいものの記号を答えよ。
- (7) 円板の角速度  $\omega$  が、(2)で観測した値  $\omega_1$  になったとき、バネの伸びは  $r_2$  であった。 $r_2$  の  $r_1$  に対する比 ( $r_2/r_1$ ) を  $\{M, g, L, \mu, k, \omega_1\}$  の中の適当と思われる記号を用いて表せ。
- (8)  $r_1$  と  $r_2$  を比べると、{イ.  $r_2$  は  $r_1$  の 2 倍より小さい、ロ.  $r_2$  は  $r_1$  の 2 倍に等しい、ハ.  $r_2$  は  $r_1$  の 2 倍より大きい}。正しいものの記号を答えよ。

II 右図のように平面上に  $xy$  座標を取り、原点  $O$  に  $f_0$  [Hz] の正弦波の音を全方向に出すスピーカーを置いた。原点から  $y$  軸方向に  $a$  [m] の点  $A$ 、 $x$  軸方向に 1 m の点  $B$  にはマイクを置き、両マイクから得られる音の波形を足し合わせてスピーカー  $S$  から出力できるようにしてある。静止している空気中の音の速さを  $v$  [m/s] とし、{ } 内に与えられた記号から適当なものを用いて以下の問に答えよ。



- (1) 無風の場合について。
  - (a)  $O$  から出る音の波長はいくらか。 $\{f_0, v\}$
  - (b)  $A$  のマイクと  $B$  のマイクから得られる音の波形を足し合わせると、 $A$  の位置によっては、これらが強めあう場合と弱めあう場合がある。 $a > 1$  m の範囲で、それぞれの場合の  $a$  の最小の値を求めよ。 $\{f_0, v\}$
  - (c)  $A$  を  $O$  から一定の速さ  $u_1$  [m/s] ( $0 < u_1 < v$ ) で  $y$  軸の正方向に動かすと、スピーカー  $S$  から出力される音はうなりを生じた。うなりが 1 秒間に 1 回生じたとすると、 $A$  の速さ  $u_1$  はいくらか。 $\{f_0, v\}$
- (2)  $x$  軸の正方向に向かって  $w$  [m/s] ( $0 < w < v$ ) の風が吹いている場合について。
 

このとき、ある時刻に  $O$  から発せられた音は、風の影響を受けるため、 $t$  秒後には半径  $vt$ 、中心  $(wt, 0)$  の円周上、すなわち  $(x - wt)^2 + y^2 = (vt)^2$  を満たす座標  $(x, y)$  に到達する。

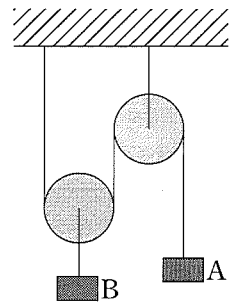
  - (a)  $x$  軸上を進む音の速さ  $v_x$  はいくらか。 $\{f_0, v, w\}$
  - (b)  $y$  軸上を進む音の速さ  $v_y$  はいくらか。 $\{f_0, v, w\}$
  - (c)  $A$  を  $O$  から一定の速さ  $u_2$  [m/s] ( $0 < u_2 < v_y$ ) で  $y$  軸の正方向に動かすと、スピーカー  $S$  から出力される音はうなりを生じた。うなりが 1 秒間に 1 回生じたとすると、 $A$  の速さ  $u_2$  はいくらか。 $\{f_0, v, w\}$

Ⅲ  $q$  [C] ( $q > 0$ ) に帯電した質量  $M$  [kg] の粒子の運動についての下記の文中の ( ) に  $q, M, B, V, E$  のうち適当なものを  
用いた式, 数値, あるいは記号を入れよ (2), (3) では  $T$  を用いてもよい)。なお, 粒子は質点とみなしてよく, 重力の影響は考  
えない。また, 粒子と床面との間に摩擦はなく, 粒子の水平方向の速さは, 衝突の前後で変化しないとする。

- (1) 鉛直下向きに磁束密度  $B$  [T] の磁界(磁場)がある。粒子を, 水平な床面からある高さ  $H$  [m] で, 磁界に垂直に, 速さ  
 $V$  [m/s] で打ち出した。粒子が磁界から受ける力は ( ① ) [N] である。この力の作用により粒子は半径 ( ② ) [m], 周期  
 $T = ( ③ )$  [s] の円運動をする。
- (2) (1)の状態の磁界に, さらに鉛直下向きに  $E$  [V/m] の電界(電場)を加えた。このとき, 磁界と電界が粒子に及ぼす力の合力  
の大きさは ( ④ ) [N] である。電界を加えてから粒子がちょうど 10 回転したときに, 粒子は床面に衝突した。粒子を打ち  
出した高さ  $H$  は ( ⑤ ) [m] である。また, 衝突時の粒子の速さは ( ⑥ ) [m/s] である。
- (3) 粒子は床面に衝突し, はね返った。粒子と床面の間の反発係数は 0.8 である。はね返った直後の粒子の速さは ( ⑦ )  
[m/s] である。この粒子は, 電界の作用によって再び床面に向かい, 床面に衝突する。はね返ってから再び床面に戻ってくる  
までの時間は ( ⑧ )  $\times T$  [s] である。粒子は床面と衝突した後も回転運動を続けるが, 衝突のたびにね返る高さが低くな  
り, ある位置以降はね返りが起こらなくなる。最初の衝突からはね返りが起こらなくなるまでに, 粒子は ( ⑨ ) 回転す  
る。
- (4) もし, 粒子と床面の間に摩擦が働く場合には, 粒子の水平方向の速さは, 衝突のたびに減少していく。その結果, 下記の値  
はどう変化するか。[A. 大きくなる, B. 小さくなる, C. 変化しない]のうちから, 記号で答えよ。  
粒子の円運動の半径は ( ⑩ )。  
粒子がはね返ってから再び床面に戻ってくるまでにかかる時間は ( ⑪ )。  
粒子がはね返ってから再び床面に戻ってくるまでに回転する回数は ( ⑫ )。

Ⅳ 以下の問に答えよ。

- (1) 図のような滑車に 2 つの物体をつり下げた。物体 A, B の質量がそれぞれ  $m_A$  [kg],  $m_B$  [kg] のとき,  
鉛直下向きを正として, 物体 A の加速度を求めよ。なお, 滑車の質量は無視できるものとし, 重力加速  
度は  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。
- (2) 断面積  $1.0 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup> の銅線に 7 A の電流を流した。このとき, 銅線内の自由電子が正極に向かって移  
動する速さは [ ① ]  $\times 10^{[ ② ]}$  m/s である。[ ] に一桁の正又は負の数値を入れよ。ただし, 電  
子の電荷は  $-1.6 \times 10^{-19}$  C, アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23}$  /mol, 銅の密度は  $8.9 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, 原子量  
は 63.5 であり, 銅原子 1 個当たりの自由電子数は 1 とする。
- (3) 100 V で使用すると 100 W, 150 W, 200 W, 300 W の電力を消費する電気器具がある。これら 4 つを直列に接続し, 100 V  
で使用すると全体の消費電力は何 W になるか。
- (4) 下記の物理量の次元を, 質量, 長さ, 時間の次元 [M], [L], [T] を組み合わせて表せ。なお,  $R$  は気体定数,  $T$  は温度,  
 $q$  は電荷,  $B$  は磁束密度,  $r$  は電気抵抗,  $I$  は電流,  $P$  は圧力,  $V$  は体積,  $L$  はコイルのインダクタンス,  $C$  はコンデンサーの  
電気容量をそれぞれ表している。(例えば,  $qC$  の次元は  $ML^2T^{-2}$  である)



- ①  $RT$                       ②  $qB$                       ③  $rI^2$                       ④  $PV$                       ⑤  $LC$

物 理 (後 期)

受験 番号		氏 名	
----------	--	--------	--

受 験 番 号

物 理  
(後 期)

I	
II	
III	
IV	
計	

I	(1)	$\omega_0 =$		
	(2)			
	(3)	$r_1 =$		
	(4)	$\omega_2 =$		
	(5)	$r_s =$	(6)	
	(7)	$r_2 / r_1 =$	(8)	
II	(a)			
	(1)	(b)	強めあう場合の $a$ の値 :	
		(b)	弱めあう場合の $a$ の値 :	
	(c)	$u_1 =$		
	(2)	(a)	$v_x =$	(b)
(c)		$u_2 =$		
III	(1)	①	②	③
	(2)	④	⑤	⑥
	(3)	⑦	⑧	⑨
	(4)	⑩	⑪	⑫
IV	(1)			
	(2)	①	②	(3)
	(4)	①	②	③
		④	⑤	