

令和 6 年度  
入学者選抜学力試験問題  
前期日程

# 理 科

## 注 意

1. 解答は、科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は、以下のとおり選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。  
理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目  
生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に、本学受験番号・氏名を記入すること。  
受験番号は、本学受験票の受験番号を記入すること。  
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数——23  
物 理——1～8 ページ                      化 学——9～15 ページ  
生 物——16～23 ページ
7. 解答用紙ページ数  
物 理——9 ページ                      化 学——6 ページ  
生 物——3 ページ

## 物 理

I 物体 A と B の以下の運動を考える。物体 B は質量  $M$  の一様な直方体である。糸 1, 2 のそれぞれの一端を天井に固定して、図 1 のように定滑車 C と 2 つの動滑車 D, E に通し、糸 2 を動滑車 D につなげ、動滑車 E には質量  $m$  の物体 A を糸 3 でつり下げた。物体 B は、表面がなめらかで水平な台の上に置かれ、定滑車 C にかけられた糸 1 とつながっている。物体 B と定滑車 C の間の糸は水平である。全ての滑車はなめらかに動き、質量は無視できる。全ての糸は軽く、伸び縮みせず、たるまない。動滑車は鉛直方向にのみ移動し、滑車をつるす糸は常に鉛直である。物体の重心は糸と同一平面内にあり、運動はその平面内に限定される。重力加速度の大きさを  $g$  とする。空気抵抗は無視でき、全ての物体と滑車は十分離れていて互いに衝突しないものとして、以下の問いに答えよ。

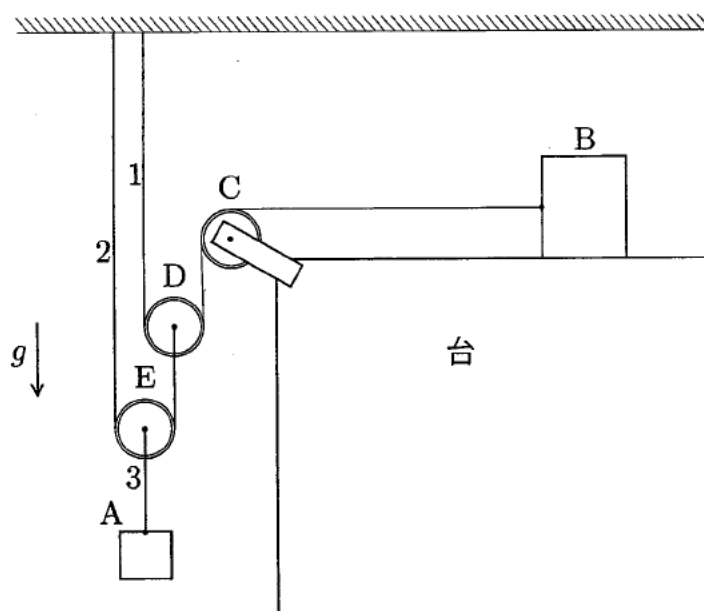


図 1

問 1 物体 B を手で固定した。このときの動滑車 D, E にかかる糸 1, 2 の張力の大きさをそれぞれ  $T_1$ ,  $T_2$  とする。

- (1)  $T_1$  と  $T_2$  の関係式を示せ。
- (2)  $T_1$  と  $T_2$  を,  $m$ ,  $M$ ,  $g$  のうち必要なものを用いてそれぞれ表せ。

# 物 理

## I のつづき

問 2 静かに手を離すと、物体 B は回転せず台の上を水平にすべった。

- (1) 物体 B が距離  $L$  だけ移動したときの、物体 A の移動距離を求めよ。
- (2) 物体 B が距離  $L$  だけ移動するまでに重力が物体 A にした仕事  $W_A$  を求めよ。
- (3) 物体 A, B の加速度の大きさ  $a_A, a_B$  を、それぞれ  $m, M, g$  を用いて表せ。
- (4) 物体 B が距離  $L$  だけ移動したときの、物体 B の運動エネルギー  $K_B$  を、 $m, M, g, L$  を用いて表せ。

# 物 理

## I のつづき

次に図2のように、物体Bを置く台を、水平で上面があらいために替える。糸1を物体Bの左上端に付け替え、糸が台と平行になるように定滑車Cの高さを調整した。図1と同様に、全ての物体の重心は糸と同一平面内にあり、運動はその平面内に限定される。図中に示すように物体Bの幅は $w$ 、高さは $h$ である。

問3 手で固定した物体Bから静かに手を離すと、物体Bはすべらず回転し始めた。

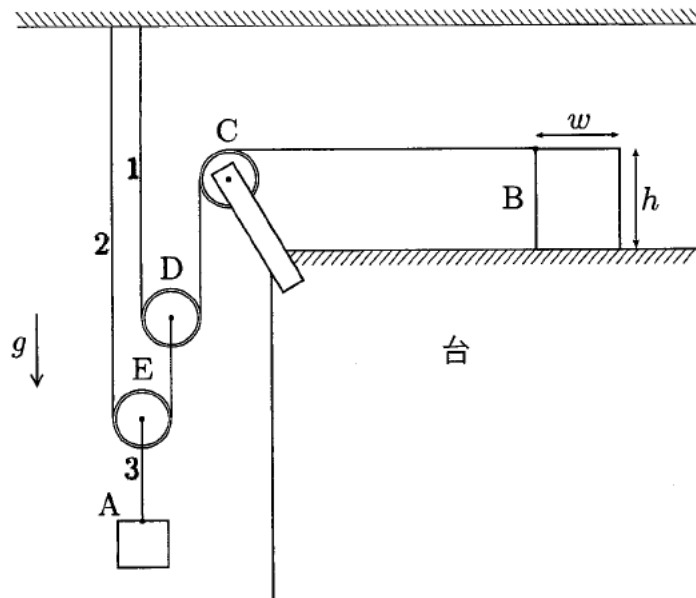


図2

- (1) 物体Bの回転の中心を、解答用紙の図に⊗の記号を記入して示せ。
- (2) 物体Bと台の間の静止摩擦係数を $\mu$ とする。物体Bがすべらないために $\mu$ が満たすべき条件を、 $\mu, m, M, g, h, w$ のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 物体Bが回転し始めるために $m$ が満たすべき条件を、 $m, M, g, h, w$ のうち必要なものを用いて表せ。

## 物 理

II 金属平板間での荷電粒子の運動, および抵抗を精密に測定する回路について, 以下の問いに答えよ。

問1 図1のように, 真空中に薄い金属平板 A, B, C を, 点線で示した  $x$  軸に垂直に,  $L$  の間隔で左から順に並べた。それぞれの金属平板には  $x$  軸に沿って穴が開いており, その位置を左から順に点 a, b, c とする。ここで, 金属平板 A の電位を 0, 金属平板 B の電位を  $V(V > 0)$ , 金属平板 C の電位を  $\frac{1}{4}V$  とした。電荷  $-q(q > 0)$  で質量  $m$  の粒子を, 点 a に静かに置くと, 粒子は  $x$  軸の正の向きに進み, 点 c を通過した。金属平板の面積は十分大きく, 金属平板の穴は十分小さく, 重力の影響はないものとする。以下の小問の選択肢以外の答は,  $m, q, V, L$  のうち必要なものを用いて表せ。

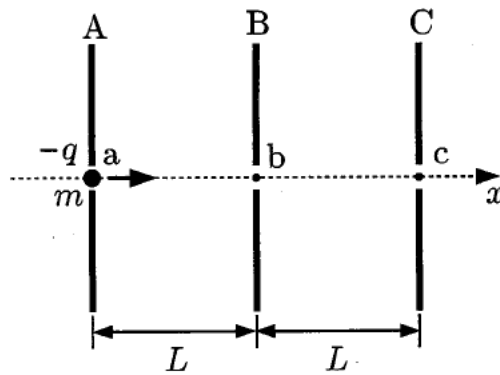


図1

- (1) 金属平板 A と B の間, および B と C の間に生じる電場 (電界)  $E_{AB}$ ,  $E_{BC}$  の大きさをそれぞれ求め, それらの電場の向きを, 解答欄中の選択肢から 1 つ選び丸をつけよ。
- (2) 粒子が点 a から点 b に達する間, および点 b から点 c に達する間に, 電場が粒子にした仕事  $W_{ab}$ ,  $W_{bc}$  をそれぞれ求めよ。
- (3) 粒子が点 b と点 c を通過するときの速さ  $v_b$  と  $v_c$  をそれぞれ求めよ。
- (4) 粒子が点 a から点 c に達するまでにかかる時間を求めよ。

# 物 理

## II のつづき

問 2 図 2 のように、抵抗  $R_1$  と  $R_2$ 、可変抵抗  $R_3$ 、内部抵抗を無視できない検流計  $G$  を使い、抵抗  $R_x$  の未知の抵抗値を精密に測定できる回路がある。抵抗  $R_1$ 、 $R_2$ 、可変抵抗  $R_3$ 、抵抗  $R_x$  の抵抗値を、それぞれ  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_x$  とする。また、回路には起電力  $E$  の電池が接続されている。測定では、可変抵抗  $R_3$  の抵抗値  $r_3$  を調整して、スイッチ  $S_1$  とスイッチ  $S_2$  を閉じ、検流計の目盛りを読む。以下の小問では、電池の内部抵抗は無視できるものとする。

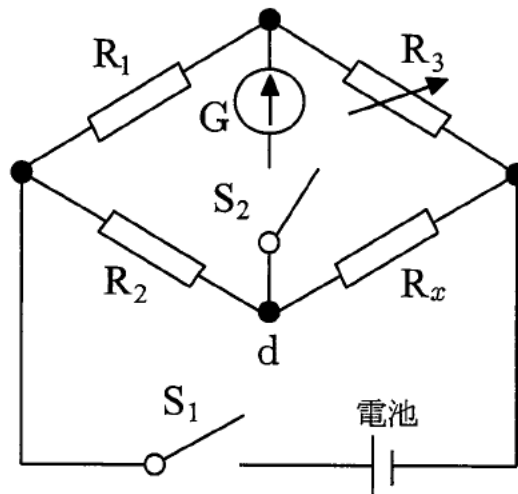


図 2

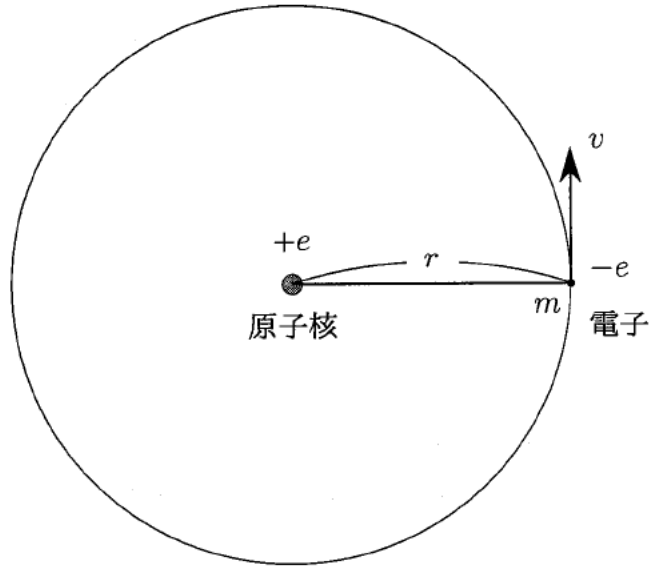
- (1) 検流計に流れる電流が 0 のとき、抵抗値  $r_x$  を、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$  を用いて表せ。
- (2) 検流計に流れる電流を 0 にすると、抵抗値  $r_x$  を精密に測定できる。その理由を答えよ。
- (3) 検流計に流れる電流が 0 のとき、点  $d$  を流れる電流の大きさと、電池から流れる電流の大きさを、 $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $E$  を用いてそれぞれ表せ。

## 物 理

Ⅲ 水素の原子模型と、水素原子の線スペクトルに関する以下の問いに答えよ。電子の質量を  $m$ 、電子の電気量を  $-e$  ( $e > 0$ )、原子核の電気量を  $+e$ 、プランク定数を  $h$ 、光の速さを  $c$ 、真空中のクーロンの法則の比例定数を  $k_0$  とする。また、原子核は十分に重く動かないものとし、位置エネルギーの基準は無限遠点とする。

問 1 図のように電子が原子核のまわりを速さ  $v$  で半径  $r$  の等速円運動をしている。このとき、電子の受ける向心力の大きさは  $k_0 \frac{e^2}{r^2}$  である。

- (1) 電子の持つ力学的エネルギー  $E$  は、電子の運動エネルギーと静電気力による位置エネルギーの和である。 $E$  を  $m$ 、 $v$ 、 $k_0$ 、 $e$ 、 $r$  を用いて表せ。
- (2) 電子の円運動の半径方向の運動方程式より、 $v$  を  $m$ 、 $k_0$ 、 $e$ 、 $r$  を用いて表せ。
- (3) (1) および (2) の結果を用いて、 $E$  を  $k_0$ 、 $e$ 、 $r$  を用いて表せ。



図

## 物 理

### III のつづき

問 2 水素原子のボーア模型について考える。水素原子には安定で電磁波を放出しない定常状態があり、水素原子内の電子が以下の式で表されるボーアの量子条件を満たす軌道上にあるとき、水素原子は定常状態となる。

$$m v_n r_n = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

ここで  $n$  は量子数であり、量子数  $n$  の軌道の半径を  $r_n$ 、電子の速さを  $v_n$  とする。

- (1) ボーアの量子条件を満たしている電子軌道の円周の長さ  $2\pi r_n$  を、この軌道上にある電子波（電子の物質波）の波長  $\lambda_e$  と量子数  $n$  を用いて表せ。電子波の波長は電子の速さを  $v$  としたときに  $\lambda_e = \frac{h}{mv}$  で与えられる。
- (2) 問 1 (2) の結果とボーアの量子条件を用いて、量子数  $n$  の電子の軌道半径  $r_n$  を、 $n, h, m, k_0, e$  を用いて表せ。
- (3) 量子数  $n$  の軌道にある電子のエネルギー  $E_n$  を、 $n, h, m, k_0, e$  を用いて表せ。  
問 1 (3) の結果を用いてよい。



## 物 理

### Ⅲ のつづき

問 3 水素原子の線スペクトルに関する以下の文章中の空欄  ~  に適当な数式を入れよ。

電子が量子数  $n$  の軌道から、それよりも低いエネルギーの量子数  $n'$  ( $n' < n$ ,  $n' = 1, 2, 3, \dots$ ) の軌道に移るとき、これらの差のエネルギー  $E_n - E_{n'}$  をもつ光子を放出する。ボーアの振動数条件によると、このとき放出される光子の振動数  $\nu$  は、

$$\nu = \boxed{1}$$

と表される。 $E_n$  が  $E_n = -A \frac{1}{n^2}$  ( $A$  は正の定数) と表せることを用いると、電子が量子数  $n$  の軌道から量子数  $n'$  の軌道に移るとき放出される光子の波長  $\lambda$  の逆数は、 $c$ ,  $h$ ,  $A$ ,  $n$ ,  $n'$  を用いて

$$\frac{1}{\lambda} = \boxed{2}$$

と表すことができる。

また、観測される水素原子の線スペクトルの波長  $\lambda$  の逆数は以下の式で表されることが知られている。

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n' = 1, 2, 3, \dots, \quad n = n' + 1, n' + 2, n' + 3, \dots)$$

ここで  $R$  はリュードベリ定数である。水素原子内の電子が軌道に移るときに放出される光子が、水素原子の線スペクトルを示すと考えると、 $R$  は問 2 (3) の結果より  $c$ ,  $h$ ,  $m$ ,  $k_0$ ,  $e$  を用いて、

$$R = \boxed{3}$$

と表すことができる。