

## 令和4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**③**までの3問題が印刷されていて、合計6ページある。  
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-3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1は、宇宙空間で擬似的な重力を発生させるための装置の概念図である。装置は断面が円形の管からなり、管は中心軸Cのまわりを回転する。管の内面の半径は $R$ である。図2の断面図が示すように、大きさの無視できる質量 $m$ の物体が管の内面の点Pに触れながら、管と物体が大きさ $\omega$ の一定の角速度で回転している状態を考える。回転方向は図中の矢印が示す向きとする。空気抵抗は無視できるとして、以下の問いに答えなさい。

問1 物体の速さと、管から物体にはたらく垂直抗力の大きさを、それぞれ $R$ 、 $\omega$ 、 $m$ のうち必要なものを用いて答えなさい。

問2 角速度の大きさ $\omega$ がある値のときに、管から物体にはたらく垂直抗力の大きさが、この物体が地球表面で受ける重力の大きさと等しくなる。そのときの $\omega$ を、地球表面での重力加速度の大きさを $g$ として、 $R$ 、 $m$ 、 $g$ のうち必要なものを用いて答えなさい。

問3 物体が点Pに触れながら運動している最中に、図3のように物体に点Pから中心軸Cに向かう向きの力積を瞬間的に与えたところ、その後、物体は管から離れて運動した。この力積の作用によって生じた物体の運動量の向きの変化は $\theta$ [rad]であった $\left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right)$ 。管はこの後も中心軸Cのまわりを大きさ $\omega$ の同じ角速度で回転し続け、やがて物体は管の内面と衝突した。

- (1) 力積の大きさを、 $R$ 、 $\omega$ 、 $m$ 、 $\theta$ のうち必要なものを用いて答えなさい。
- (2) 物体が管から離れてから衝突するまでの間に動く距離と経過する時間を、それぞれ $R$ 、 $\omega$ 、 $m$ 、 $\theta$ のうち必要なものを用いて答えなさい。
- (3) 図4は、物体が管に衝突する瞬間を示している。この瞬間に点Pが位置するのはどの範囲であるかを、理由とともに図中の記号(A)、(イ)のいずれかで答えなさい。必要であれば、 $2\theta > \sin 2\theta$ が成り立つことを用いてよい。

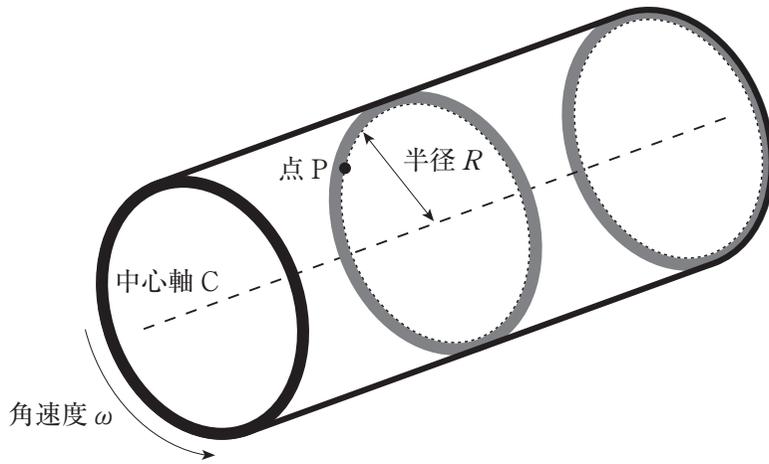


図 1

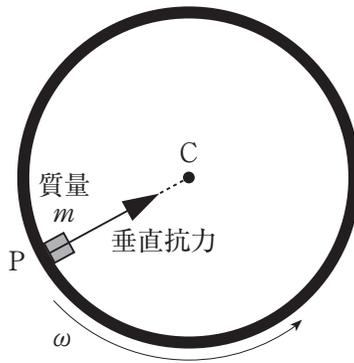


図 2

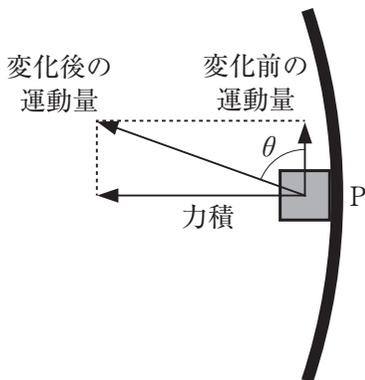


図 3

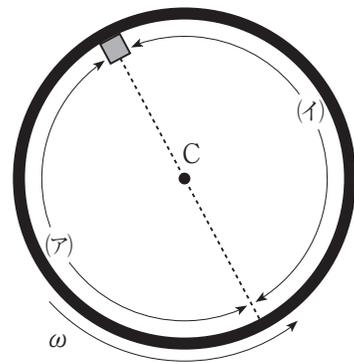


図 4

**2** 以下の問いに答えなさい。

問 1 媒質 a(屈折率  $n_a$ ) から媒質 b(屈折率  $n_b$ ) へ光が入射し、その境界面で全反射が起きる場合を考える。

- (1)  $n_a$  と  $n_b$  の間にはどのような関係が必要か、答えなさい。
- (2) 境界面への入射角を  $\theta_a$  とすると、 $\sin \theta_a$  にはどのような条件が必要か、 $n_a$ 、 $n_b$  を用いて答えなさい。

問 2 図 1 に示すように屈折率の異なる媒質 1 (屈折率  $n_1$ )、媒質 2 (屈折率  $n_2$ )、媒質 3 (屈折率  $n_3$ ) があり、媒質 1 から光が入射し、二つの境界面を通過して媒質 3 に達する。媒質 1 から媒質 2 への入射角を  $\theta_1$ 、屈折角を  $\theta_2$  とし、媒質 2 から媒質 3 への入射角を  $\theta_3$ 、屈折角を  $\theta_4$  とする。このとき、 $\sin \theta_1$  と  $\sin \theta_4$  の関係を  $n_1$  と  $n_3$  を用いて表しなさい。ただし、媒質 1 と 2、および媒質 2 と 3 の境界面は平行である。

問 3 空気中に、外側が屈折率  $n_1$ 、内側が屈折率  $n_2$  の透明な媒質からなる円柱が置かれている(外側の厚みは一定)。図 2 にその断面図を示す。円柱の中心軸に垂直な端面に中心軸に対して角度  $\theta$  ( $\theta$  は 0 以上とする) で光が入射する。この光が円柱の側面からもれずに進んでいくための  $\sin \theta$  の範囲を求めなさい。ただし、空気の屈折率は 1、屈折率の間には  $n_2 > n_1 > 1$  の関係があるとし、円柱の中心軸を含む平面内を進む光についてだけ考えるものとする。また、 $\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$  の関係を用いなさい。



图 1



图 2

**3** 図1のように、誘電率  $\varepsilon_0$  の空気中に置かれた、極板の長さ  $a$ 、幅  $b$ 、間隔  $d$  の平行板コンデンサーが、内部抵抗の無視できる電圧  $V$  の電池、抵抗値  $R$  の抵抗、およびスイッチ  $S$  でつながれている回路を考える。コンデンサーの右側には、同じ幅  $b$  で、長さが  $\frac{a}{2}$ 、厚みが  $\frac{d}{2}$ 、誘電率  $\varepsilon$  の薄板誘電体が離れて置かれている。はじめ、スイッチ  $S$  は開いており、コンデンサーには電荷が蓄えられていないものとして、以下の問いに答えなさい。

最初にスイッチ  $S$  を閉じて十分に時間が経過するのを待った。

問 1 このときコンデンサーに蓄えられている電荷量を求めなさい。

問 2 このときまでに電池がした仕事を求めなさい。

問 3 このときまでに抵抗で消費されたエネルギーを求めなさい。

次にスイッチ  $S$  を再び開き、外から力を加えて薄板誘電体を両極板と平行にゆっくり移動させ、図2のように両極板の間に挿入した。

問 4 薄板誘電体を両極板の間に完全に挿入するために要した仕事を測定したところ負の値となった。このことから、移動の間に薄板誘電体に外から加えた力の向きは次の(ア)、(イ)のどちらであると考えられるか、その理由と共に記号で答えなさい。

(ア) 薄板誘電体を平行板コンデンサーに押し込む向き

(イ) 薄板誘電体を平行板コンデンサーから引き出す向き

問 5 平行板コンデンサーを、薄板誘電体が挿入されている右半分と薄板誘電体が入っていない左半分からなる二つのコンデンサーに分けて考える。それぞれのコンデンサーの大きさは等しく、極板の長さは  $\frac{a}{2}$ 、幅は  $b$ 、間隔は  $d$  である。薄板誘電体が挿入されている部分からなる右半分のコンデンサーの電気容量を求めなさい。

問 6 平行板コンデンサーの全電気容量を求めなさい。

問 7 両極板間の電圧を求めなさい。

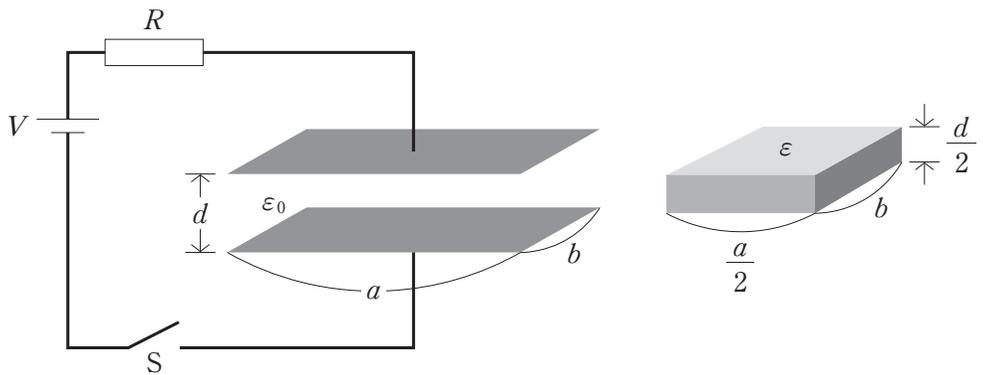


図 1

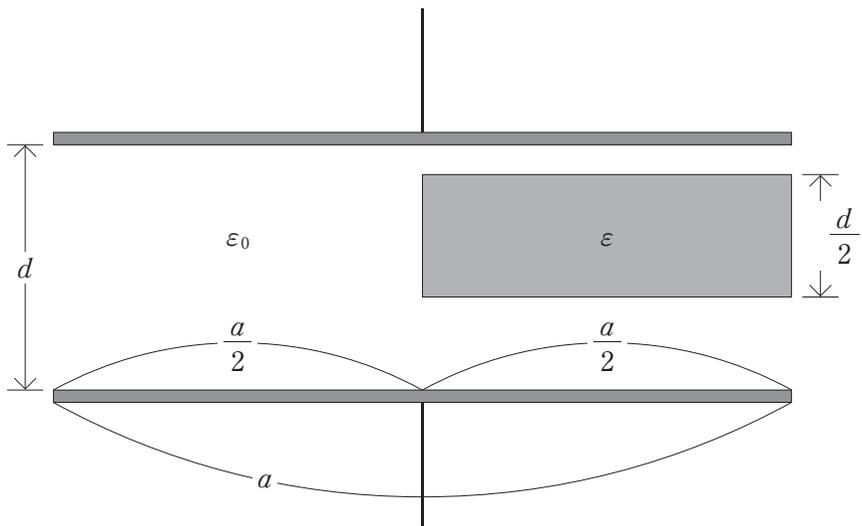


図 2