

物 理

(問 題)

2014年度

〈2014 H26080015 (物理)〉

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～5ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. 記述解答用紙記入上の注意
 - (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
 - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を書いてはならない。
 - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないこと。

	万	千	百	十	一
(例) 3825番⇒		3	8	2	5

5. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
6. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
7. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

[I] 以下の問の答を解答用紙の所定欄に記入せよ。

図 I のように、水平な底面の半径が R で鉛直方向の高さが h の円筒形の内部形状をもつ容器を考える。長さが ℓ で重さの無視できる糸の上端をこの容器の円形天井の中心に固定し、下端につるした質量 m の小球を水平に等速円運動させると、糸が鉛直方向と θ の角度をなした。重力加速度の大きさを g として以下の問に答えよ。ただし、 $0 < \ell < h$, $0 < \ell < R$, $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ であり、小球の大きさは無視してこれを質点として扱う。また、すべての角度の単位はラジアンとし、解答には問題文に与えられた記号のみを用いること。

問 1 糸が小球を引く力の大きさ F を求めよ。

問 2 小球の速さ v を求めよ。

問 3 等速円運動の周期 T_0 を求めよ。

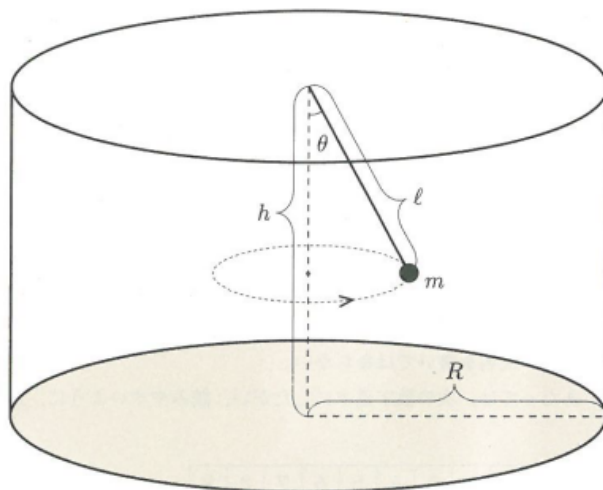


図 I

その後、等速円運動の最中に糸が切れた場合を考える。ただし、糸が切れる直前と直後とで小球の速度は変わらず、切れた糸は小球の運動に影響を及ぼさないとする。また、切れる前の糸は、長さが $\ell = \frac{h}{2}$ で、鉛直方向と $\theta = \frac{\pi}{3}$ の角度をなしていたとする。

問4 半径 R が十分に大きく、小球が容器の側壁に衝突することなく床へ落下する場合、糸が切れてから小球が床に落下するまでの時間 t を求めよ。

問5 小球が容器の側壁に衝突する前に床へ落下するためには、半径 R は R_1 より長くなければならない。この距離 R_1 を h を用いて表せ。

問6 容器の床と小球の間の反発係数を e としたとき、小球が容器の側壁に衝突する前に床で2回以上反発するためには、半径 R は R_2 より長くなければならない。反発係数が $e = \frac{1}{2}$ の場合に、この距離 R_2 を h を用いて表せ。ただし、小球と床との間の摩擦は無視できるとする。

つぎに、この円筒形状の容器が、一定の加速度（加速度の大きさ a ）で鉛直に上昇しているエレベータ内に底面が水平になるように固定されている場合を考える。これまでと同様に、長さが $\ell = \frac{h}{2}$ で重さの無視できる糸の上端をこの容器の円形天井の中心に固定し、糸の下端につるした質量 m の小球を水平に等速円運動させた。このとき糸は再び鉛直方向と $\theta = \frac{\pi}{3}$ の角度をなし、等速円運動の周期は T であった。ただし、重力加速度の大きさ g はエレベータの高さによらず一定であるとする。

問7 エレベータの加速度の大きさ a を h , T , g を用いて表せ。

最後に、等速円運動の最中に糸が切れた場合を考える。ただし、糸が切れる直前と直後とで小球の速度は変わらず、切れた糸は小球の運動に影響を及ぼさないとする。

問8 小球が容器の側壁に衝突する前に床へ落下するためには、半径 R は R_3 より長くなければならない。この距離 R_3 を h を用いて表せ。

[II] 以下の問の答を解答用紙の所定欄に記入せよ。

図 II-1 のように、頂角が θ 、空気に対する相対屈折率 $n (> 1)$ のプリズムに対して、空气中で波長 λ 、速さ c の単色光を ㉔ 斜面 OA に垂直に入射した場合と ㉕ 底面 OB に垂直な向きで斜面 OA に入射した場合を考える。ただし、すべての角度の単位はラジアンとする。問の指示にしたがって解答する際、必要に応じて公式 $\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$ 、 $\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$ を用いよ。

問 1 プリズム中の光の波長、振動数、速さを求めよ。 n 、 λ 、 c を用いて解答せよ。

問 2 ㉔の場合、OB 面から空气中への屈折角 r_1 について $\sin r_1$ を n と $\sin \theta$ を用いて表せ。

問 3 ㉕の場合、OB 面から空气中への屈折角 r_2 について $\sin r_2$ を n と $\sin \theta$ を用いて表せ。

問 4 ㉔の場合、プリズムの OB 面で反射し、OA 面を角度 r_3 で空气中に屈折する光がある。 $\sin r_3$ を n と $\sin \theta$ を用いて表せ。

問 5 ㉔の場合、問 2 と問 4 で扱ったプリズムから空气中への屈折では全反射が起こりうる。 θ を $0 < \theta < \frac{\pi}{4}$ の範囲に限ったとき、問 2 の OB 面では全反射が起こらず、しかも問 4 の OA 面で全反射が起こるには、屈折率 n の逆数は $\boxed{} > \frac{1}{n} \geq \boxed{}$ の範囲に限られる。この二つの $\boxed{}$ に入る式を $\sin \theta$ を用いて表せ。

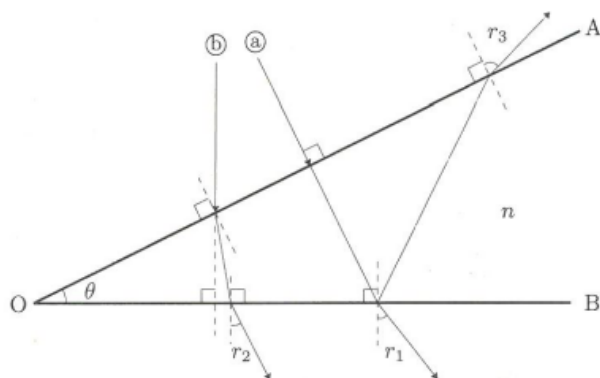


図 II-1

問 6 単色光でなく、スリットを通した白色可視光を ㉕ と同様底面 OB に垂直な向きで斜面 OA に入射させたところ、OB 面から屈折して出ていく光が虹のように連続的に色の変化する模様となった。光の色は振動数によって異なる。観察の結果では、屈折光の進む方向とその振動数は図 II-2 のようになった。この結果からわかることは、プリズムの相対屈折率 n は光の波長 λ に対して一定ではなく、 λ が大きくなるほど $\boxed{}$ 。この $\boxed{}$ に入る語句を答えよ。

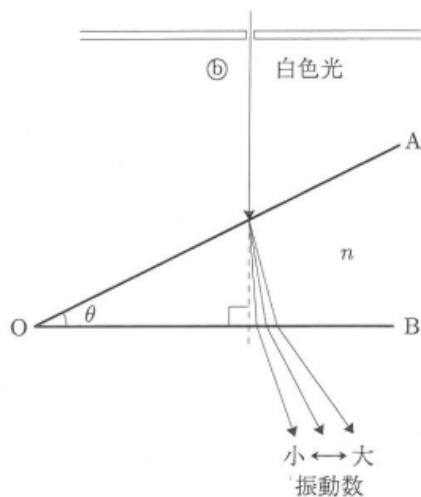


図 II - 2

つぎに、図 II - 3 のように絶対屈折率 n_1 の物質中にある薄いくさび形（頂角 α ）の領域を絶対屈折率 n_2 の別の物質で満たす。ただし、 $n_2 > n_1$ とする。真空中で波長 λ_0 の単色光を底面 OD 面に垂直な向きで斜面 OC に入射させる。 α が十分小さく、OC 面で反射する光も、くさび形領域に屈折する光も OD 面に垂直に進むものとしてよい（図 II - 4）。

問 7 上方から入射する光が、OC 面で反射する場合とくさび形領域に進み OD 面で反射する場合、それぞれ反射に際して位相はどう変化するか答えよ。

問 8 単色光を当て続け真上から見ると、O からの距離 x に応じて、明線と暗線が交互に見られた。明線と隣の明線との間隔 Δx を求めよ。ただし、 α が十分小さいので、近似式 $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \alpha$, $\tan \alpha \approx \alpha$ を用いて三角関数のない式で答えよ。

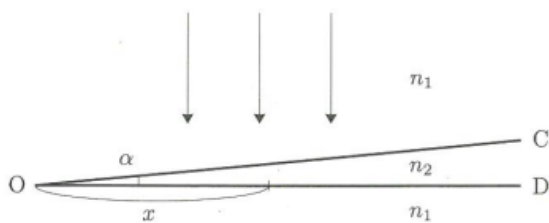


図 II - 3

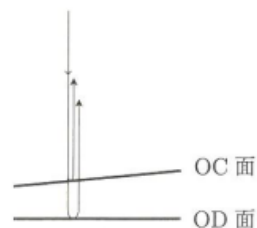


図 II - 4

[以 下 余 白]