

前期日程

令和2年度入学試験（前期日程）

物 理

（ 理 工 学 部 ）

————— 解答上の注意事項 —————

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は **1** から **4** まで4問あります。解答のみを、解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

図のように、水平でなめらかな床の上に、質量 M の L 字型の台が置かれている。台の壁の上端からは、長さ l の軽くて伸び縮みしない糸によって、質量 m の小球がつり下げられている。小球の運動は、壁と垂直な鉛直面（紙面に平行な面）内に限られる。また、空気抵抗の影響はなく、台は回転せず水平方向にのみ運動するものとする。重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

- (1) 台を加速したところ、糸が鉛直方向から角 θ 傾いた状態になった。台の加速度の大きさはいくらか。

台が動かないよう床に固定し、糸が鉛直方向から角 θ 傾いた状態になるように小球を持ち上げ、静かに小球を放した。

- (2) 小球の、壁に衝突する直前の速さはいくらか。

次に今度は、台の固定を外し、台が静止した状態で糸が鉛直方向から角 θ 傾くように小球を持ち上げ、静かに小球を放した。

- (3) 小球と台からなる物体系には、水平方向に外力がはたらかないため、水平方向の運動量が保存される。水平方向右向きを正とし、小球の正の向きの速さを v 、台の負の向きの速さを V として、運動量保存の法則の式を書け。

- (4) 小球が壁に衝突する直前の、床からみた小球の速さはいくらか。

- (5) 小球が壁に衝突する直前の、床からみた台の速さはいくらか。

- (6) 小球が壁に衝突する直前の、糸の張力の大きさはいくらか。

このあと、小球は壁に弾性衝突（完全弾性衝突）をした。

- (7) その後の小球と台の運動について正しく述べた文を、次の解答群から全て選び、記号で答えよ。ただし、正しいものがない場合は「なし」と答えよ。

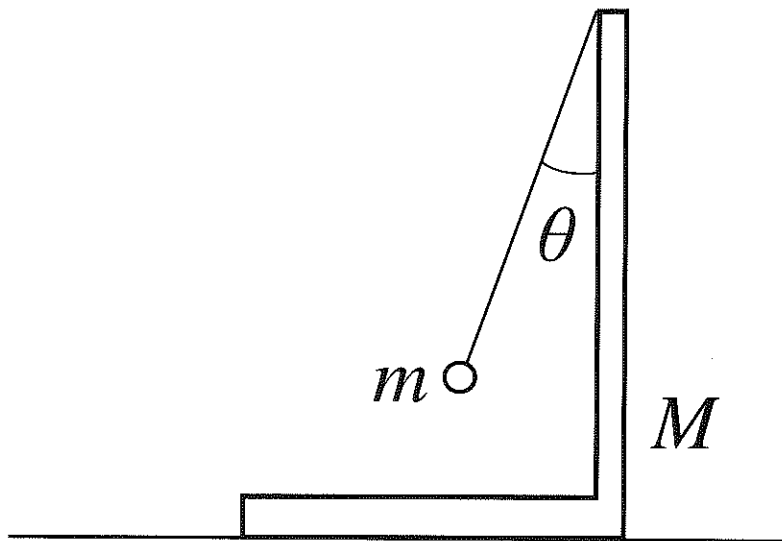
(ア) 衝突直後の床から見た小球の速さは、衝突直前の小球の速さと同じである。

(イ) 衝突直後の床から見た台の速さは、衝突直前の台の速さと同じである。

(ウ) 衝突の後、台は等速直線運動をする。

(エ) 小球と台からなる物体系の重心の位置は変わらない。

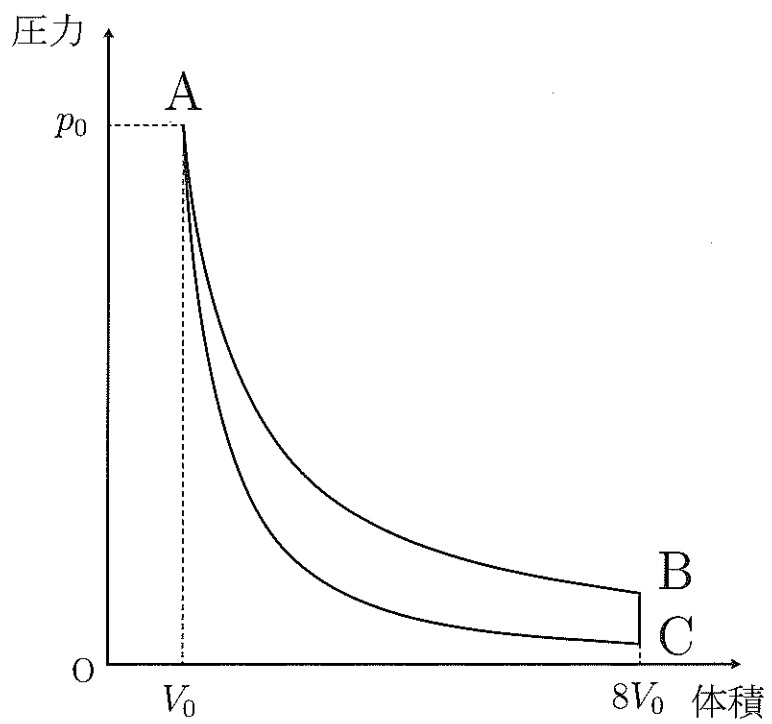
(オ) 小球と台は衝突をくり返すが、やがて床に対して静止する。



2

なめらかに動くピストンがついた円筒容器に物質質量 n の単原子分子理想気体を入れ、図のように圧力と体積を $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順に変化させる。状態変化 $A \rightarrow B$ は等温変化，状態変化 $B \rightarrow C$ は定積変化，状態変化 $C \rightarrow A$ は断熱変化である。状態 A での気体の圧力と体積はそれぞれ p_0, V_0 であり，状態 B での気体の体積は $8V_0$ である。断熱変化では，気体の圧力 p と体積 V との間に $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ という関係がある。気体定数を R として，以下の問いに答えよ。

- (1) 状態 A での気体の絶対温度を求めよ。
- (2) 状態 B での気体の圧力を求めよ。
- (3) 状態 C での気体の圧力を求めよ。
- (4) 状態 C での気体の絶対温度を求めよ。
- (5) 状態変化 $B \rightarrow C$ における気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- (6) 状態変化 $C \rightarrow A$ において気体が外部からされた仕事を求めよ。



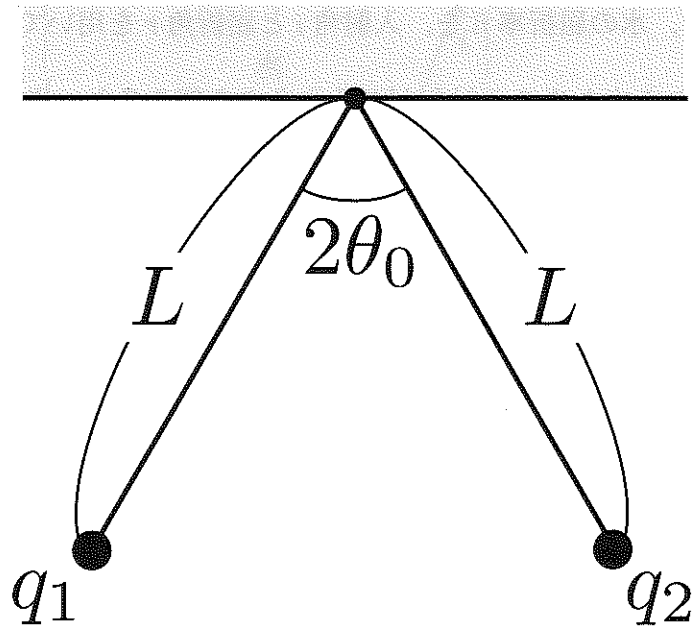
3

図のように、金属でできた質量 m の 2 個の小球それぞれに、長さ L の絶縁体の糸をつけて天井の同じ点からつり下げ、各小球に正の電気量 q_1 および q_2 ($q_1 > q_2$) を与えたところ、2本の糸が $2\theta_0$ ($\theta_0 < \frac{\pi}{4}$) の角度を保って静止した。クーロンの法則の比例定数を k 、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えよ。

- (1) 2個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 k, L, q_1, q_2, θ_0 を用いて表せ。
- (2) 2個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 g, m, θ_0 を用いて表せ。
- (3) q_1 と q_2 の積 q_1q_2 を、 g, k, L, m, θ_0 を用いて表せ。

次に、2個の小球を接触させて再び離すと、2本の糸は $\frac{\pi}{2}$ の角度を保って静止した。

- (4) 2個の小球の間にはたらく静電気力の大きさを、 k, L, q_1, q_2 を用いて表せ。
- (5) 2個の小球の全電気量 $q_1 + q_2$ を、 g, k, L, m を用いて表せ。
- (6) q_2 を、 g, k, L, m, θ_0 を用いて表せ。



4

図1のように、一定の深さ d の池があり、池の底に大きさの無視できる点光源 P が置かれている。空気の屈折率を1、水の屈折率を n とする。池の底も水面も平らであるとする。また、池は十分広く、池の端の影響は考えなくてよいとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 点光源 P から出た光が、図1のように、水と空気の境界面から空気中に出た。このとき、水の屈折率 n を、入射角 i と屈折角 r を用いて表せ。
- (2) 点光源 P から出た光の入射角がある大きさを超えると、光は境界面で全反射される。このときの限界の入射角（臨界角）を i_0 とする。 n を、 i_0 を用いて表せ。
- (3) 入射角 i が $i_0 < i < 90^\circ$ を満たした場合、境界面で全反射を起こし、池の底面に達して、底面で反射される。その後、光はどのように進むか。以下のうちから適切なものを選べ。
 - (ア) 再び境界面に達して空気中に出る。
 - (イ) 再び境界面に達し、境界面で再び全反射される。

次に図2のように、軽い円板を、その中心が点光源 P の真上にくるように水面上に置く。

- (4) 円板の半径を、 d と図2に示された角度 θ を用いて表せ。
- (5) 円板の半径がある大きさ以上の場合、点光源 P は空気中のどこからも見えなくなる。このときの最小の半径の値を、 d と n を用いて表せ。ただし、円板は光を完全に吸収するものとする。
- (6) (5) の円板の代わりに軽い正方形の板を、その中心（正方形の対角線の交点）が点光源 P の真上にくるようにおいて、上方の空気中のどこからも点光源 P が見えないようにしたい。このときの、正方形の1辺の長さの最小値を、 d と n で表せ。ただし、正方形の板は光を完全に吸収するものとする。

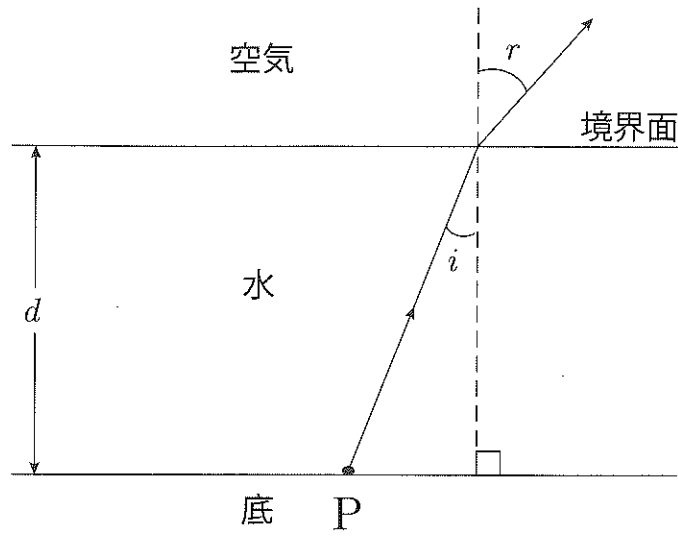


图 1

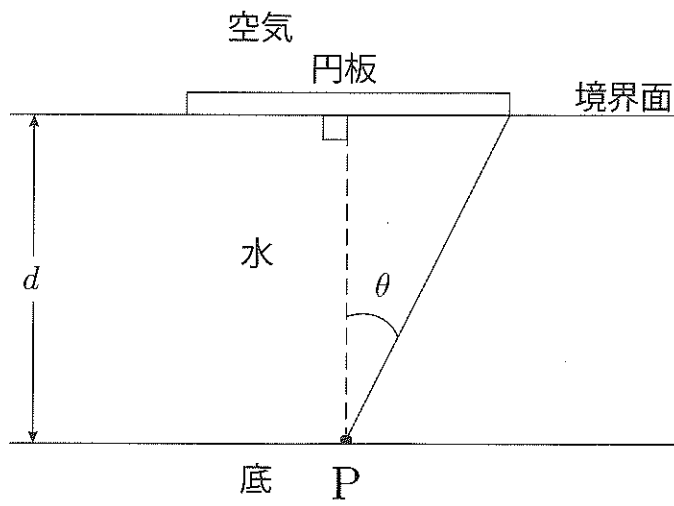


图 2

令和2年度入学試験 問題訂正

○前期日程

○科目名 物理（理工学部）

訂正箇所1	1ページ 上から6行目
誤	台を加速したところ、糸が鉛直方向から角 θ …
正	台を <u>一定の加速度</u> で加速したところ、糸が鉛直方向から <u>一定の角</u> θ …

訂正箇所2	1ページ 下から7行目
誤	…次の <u>解答群</u> から全て
正	…次の <u>(ア) ~ (オ)</u> から全て

訂正箇所3	7ページ 上から11行目
誤	… <u>以下のうち</u> から
正	…次の <u>(ア), (イ)</u> から