

平成23年度  
入学試験問題

理 科

物 理 (1頁～5頁)	} から2科目選択
化 学 (7頁～11頁)	
生 物 (13頁～18頁)	

注意：答えはすべて解答用紙に記入しなさい。

## 物 理 (その1)

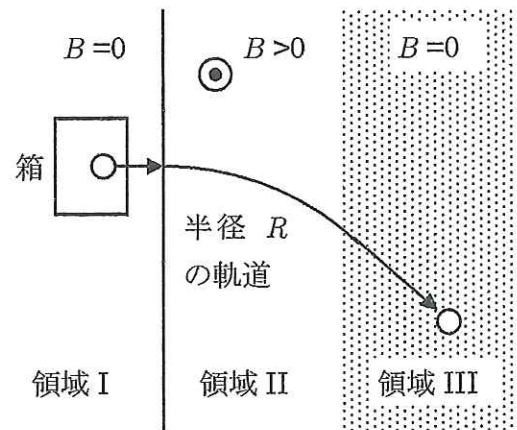
**第1問** 図のように3つの領域に分けられた実験装置を用意する。領域Iには帯電した小球を放出する箱を置く。領域IIには磁束密度  $B$  の一様磁場を紙面裏から表向きにかける。領域IIIでは小球が摩擦抵抗を受けるようにする。領域Iと領域IIIでは磁束密度の値はゼロである。

領域Iに置いた箱からは  $-q, 0, +q$  (ただし、 $q>0$ ) のいずれかの電荷をもつ小球がランダムに放出される。また、箱から放出される小球の質量と速さは未知である。

ある時、放出された小球が領域IIを通過する際の軌道が図のような半径  $R$  の円軌道(の一部)になった。そして、その小球が領域IIIに進入した後、停止するまでの間に摩擦によって  $E$  の熱が発生した。

以下の量を答えよ。

- 問1 小球の電荷  
 問2 小球の質量  
 問3 箱から放出されたときの小球の速さ



## 物 理 (その2)

## 第2問

問1 屈折率  $n_1$  の媒質中を紙面に沿って直進してきた光が、屈折率  $n_2$  の媒質中を進んだ。屈折率  $n_2$  の媒質中を進む光の進路の概略として正しいものを図1の(a)~(f)より選べ。ただし  $n_1 < n_2$  で、媒質は一樣であるとする。また、図1中の点線は屈折率  $n_1$  の媒質中を進んできた光の進路を延長したものである。

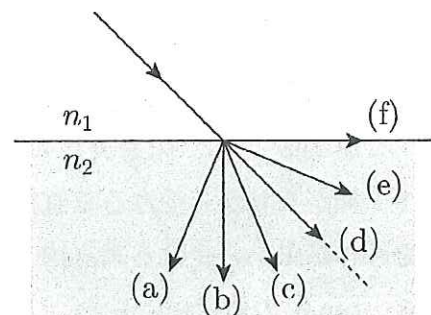


図1

次に、屈折率  $n_1$  の液体 L 中に、屈折率  $n_2$  の素材でできた球形の物体 R が静止している場合を考える。物体 R の半径は光の波長よりも十分に大きく、液体 L と物体 R はいずれも一樣であるとして、以下の間に答えよ。尚、 $n_1$  および  $n_2$  の値は問1と同じで、光は紙面に平行な方向にのみ進むものとする。

問2 図2のように液体 L から物体 R に入射した光が、物体 R を通り、再び液体 L へ出て行くまでの経路の概略を解答用紙の図に描き込め。境界面での反射は考えなくて良い。

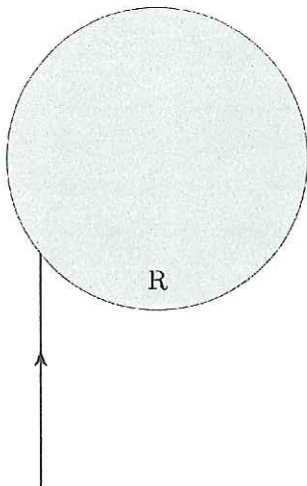


図2

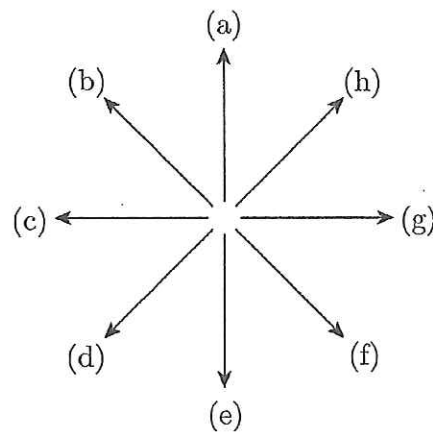


図3

問3 質点などと同じく光もその進行方向に運動量を持つ。また同じ媒質中では、進行方向に関わらず光の運動量の大きさは一定である。光が問2の経路を通るとき、物体 R に入射する前と物体 R から出て行った後で、光の運動量の変化分を表すベクトルはどちら向きか。図3の(a)~(h)より適切な方向を選べ。

問4 問2の経路を通る光により、物体 R はどの方向に力を受けることになるか。運動量と力積の関係を考えて、図3の(a)~(h)より最も適切な方向を選べ。

## 物 理 (その3)

**第3問** 天井と床の間に突っ張らせた棒を重量  $3W$  のサルが登っていく。棒は均質で、長さを  $L$ 、重量を  $W$ 、棒が水平面となす角度を  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) とする。床から  $2/3$  の地点までサルが登ったときに、天井と床に働く摩擦力がともに最大になったものとして、以下の間に答えよ。ただし、床と棒の間の静止摩擦係数を  $0.5$ 、天井と棒の間の静止摩擦係数を  $0.8$  とし、床も天井も水平であるとする。また、解答は既約分数で答えること。

**問1** 棒が天井から受ける垂直抗力の大きさは  $W$  の何倍か。

**問2** 棒が床から受ける垂直抗力の大きさは  $W$  の何倍か。

**問3**  $\tan \theta$  の値はいくらか。

## 物 理 (その4)

**第4問** 質量  $m$  の単原子分子  $N$  個からなる理想気体を、一辺の長さが  $L$  の立方体の容器に封じ込める。重力による影響が無視できない場合に、この気体分子が容器の上面と下面に与える圧力差について考える。気体分子は器壁と完全弾性衝突をするが、気体分子同士の衝突は考えないものとして、以下の間に答えよ。ただし重力加速度の大きさを  $g$  とし、容器の上面と下面は常に水平であるとする。

- 問1** 鉛直方向に速さ  $v_z$  で運動する気体分子1個が1回衝突するときに容器上面が受ける力積の大きさを求めよ。
- 問2** 気体分子が容器上面に当たってから容器下面に達するまでの時間を  $T$  とするとき、上面に速さ  $v_z$  で衝突した気体分子は重力で加速される。下面と衝突する直前の速さを  $v_z$ 、 $g$ 、 $T$  を用いて表せ。
- 問3** ここまでの結果を考慮すると、容器上面での圧力  $P_u$  と容器下面での圧力  $P_d$  の大きさが求められる。以下の空欄 (A)(B) に当てはまる数式を  $m$ 、 $g$ 、 $L$ 、 $N$ 、 $v_z$ 、 $T$  のうちの必要な記号を用いて答えよ。尚、 $\langle x \rangle$  は  $x$  の平均を表すものとする。

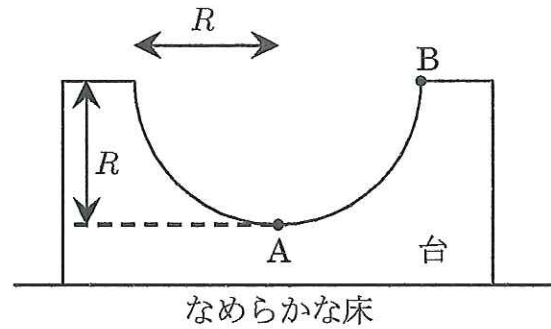
$$P_u = \frac{\text{容器上面が受ける力}}{\text{容器上面の面積}} = \boxed{\text{(A)}} \times \left\langle \frac{v_z}{T} \right\rangle$$

$$P_d - P_u = \boxed{\text{(B)}}$$



## 物 理 (その5)

**第5問** 図のように、水平でなめらかな床の上に半径  $R$  の半円状のくぼみのある台を置く。はじめ、台を静止させておき、質量  $m$  の小球を点 A (台のくぼみの最下点) に置いてから、小球に大きさ  $v_0$  の初速度を図中の右向きに与えた後の運動について考える。ただし床と台との間、台と小球との間はいずれも摩擦は無いものとし、台の質量を  $M$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とする。



$v_0$  を適当な値にすると、小球は台の内側の右側斜面を上り、ちょうど点 B (右側斜面の上端) に達してから斜面を下りはじめた。この場合について以下の間に答えよ。

**問1** 小球が点 B に達したとき、床に対する台の速さはいくらか。  $v_0$ 、  $m$ 、  $M$  を用いて表せ。

**問2**  $v_0$  を  $R$ 、  $m$ 、  $M$ 、  $g$  を用いて表せ。

**問3** 小球が台を下りて初めて点 A に戻ってきたときの、床に対する台の速さ、および、床に対する小球の速さを求め、  $v_0$ 、  $m$ 、  $M$  を用いて表せ。

この後、小球は点 A を通り過ぎて左側斜面を上り、ある高さまで上ってから点 A に戻る。

**問4** 小球が左側斜面を上りきった時点での、床に対する台の速さを、  $v_0$ 、  $m$ 、  $M$  を用いて表せ。

**問5** 小球は左側斜面をどこまで上るか？点 A を鉛直方向の高さの基準として、高さを答えよ。

**問6** 小球が左側斜面を下りて点 A に戻ってきたときの、床に対する台の速さ、および床に対する小球の速さを求め、  $v_0$ 、  $m$ 、  $M$  を用いて表せ。

**問7** 小球が点 A および点 B にあるとき、台が小球から受ける力の水平成分は各々いくらか。

**問8** 横軸を時間、縦軸を床に対する台の速度にとって、台の速度のグラフの概形を描け。ただし、小球に初速度を与えた時点時刻を時刻ゼロとし、その後、はじめて小球が左側斜面を下りて点 A に戻ってくるまでの間について、グラフの概形を描くこと。

空白ページ

Blank box for the candidate number.



# 物理解答用紙

第1問	問1		問2		問3	
	問1		問3		問4	
第2問						第2問 問2の作図
第3問	問1		問2		問3	
第4問	問1		問2			
	問3	(A)	(B)			
第5問	問1		問2			
	問3	台	小球			
	問4		問5			
	問6	台	小球			
問7	点A:		点B:			