

平成 25 年度入学者選抜試験  
個別学力試験問題(前期日程)

物 理

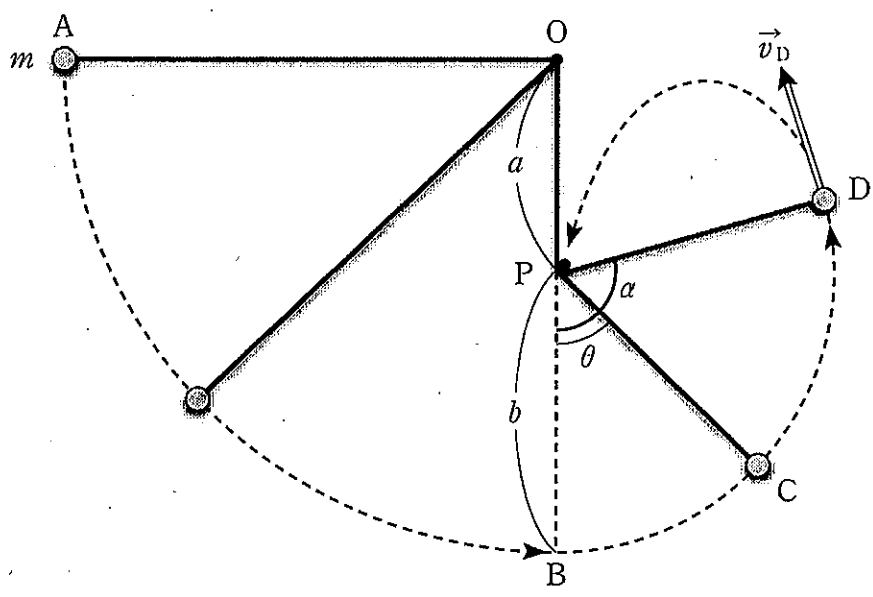
総合理工学部(物質科学科)

注 意

1. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
2. 問題紙は 8 ページ，解答用紙は 6 枚である。指示があつてから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
3. 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
4. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
5. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1. 次ページの図のように糸の一端を O 点にピンで固定し、他端に質量  $m$  の小球をつけて O 点と同じ高さの A 点より静かに離した。O 点から鉛直下方に距離  $a$  だけ離れた P 点にはもう一つのピンがあり、小球は最下点 B を通過した後、P 点を中心とする半径  $b$  の円運動を始めた。その後、小球が鉛直線 OB となす角が  $\alpha$  となる D 点を通過したときに、糸がたわみ始めた。それ以降、小球は重力のみを受けて放物運動し、P 点のピンに衝突した。重力加速度を  $g$ 、糸の張力の大きさを  $T$  と表記し、糸の質量や伸び縮み、小球とピンの大きさ、および空気抵抗は無視できるとして、以下の問に答えよ。(2), (6), (7)を除く問題の解答は  $m, a, b, g, \theta$  のうち必要なものを用いて表せ。

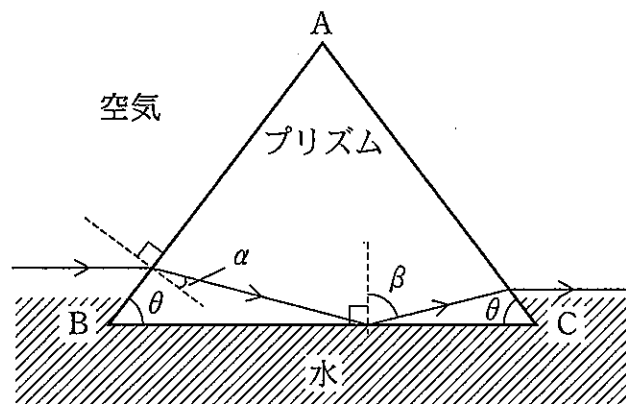
- (1) 鉛直線となす角が  $\theta$  の点(図の C 点)を通過するときの、小球の速さ  $v_C$  を求めよ。
- (2) 小球とともに運動する座標系から見て、C 点で小球に働く全ての力のベクトルを解答欄の図に記入し、各々の力の名称と大きさを記せ。なお本問では  $v_C$  および  $T$  を直接解答に用いてよい。
- (3) 小球が C 点を通過するときの  $T$  を求めよ。
- (4)  $\cos \alpha$  を求めよ。
- (5) 小球が D 点を通過するときの、小球の速さ  $v_D$  を求めよ。
- (6) D 点における小球の速度ベクトル  $\vec{v}_D$  が水平線の左方向となす角(仰角)が  $\pi - \alpha$  であることに注意して、小球が P 点のピンに衝突するための  $\frac{a}{b}$  の値を求めよ。
- (7)  $\frac{a}{b}$  の値を変化させたとき、放物運動を始めた小球が O 点のピンに衝突することがあるかないかを解答欄から選択して答え、その理由を説明せよ。



2

下図のように底角  $\theta$  ( $^\circ$ ) の二等辺三角形 ABC を断面に持つプリズムがある。このプリズムの底面 BC を水槽の水に浸し固定した。底面 BC と水面は水平に保たれている。この状態のプリズムに対して、水面に平行に単色光を入射したところ、プリズム内を進んだ光は底面 BC で全反射され再び空気中に出てきた。空気の屈折率を 1.0、水の屈折率を 1.3、プリズムの屈折率を 1.5 として以下の問いに答えよ。また、(4)、(5) では、必要であれば次ページの三角関数表の値を用いよ。

- (1) 面 AB からプリズムに入射した光は、面 AB の法線に対して  $\alpha$  ( $^\circ$ ) の角度をなす方向に屈折して進んだ。 $\theta$  を用いて  $\sin \alpha$  を表せ。
- (2) プリズム内を進んだ光は底面 BC 内で反射され、面 AC 方向へ進む。 $\theta$  と  $\alpha$  を用いて反射角  $\beta$  ( $^\circ$ ) を表せ。
- (3) 光が屈折率の大きな物質から小さな物質へ進むときには、入射角がある角度よりも大きくなると全反射を起こす。このときの入射角を何と呼ぶか答えよ。
- (4) 光がプリズムから水へと進む場合の(3)の角度は何度になるか。角度の精度は一の位まででよい。
- (5) この実験条件において、プリズムの底面 BC で全反射を起こすためには、プリズムの底角  $\theta$  は何度以上である必要があるか求めよ。角度の精度は一の位まででよい。
- (6) ショ糖が溶けた水溶液の屈折率は、ショ糖の濃度が増すにつれて大きくなるということが知られている。これを踏まえて、この水槽の水にショ糖を加えていくと底面 BC での光の反射にはどのような変化が起こるか述べよ。ただし、 $\theta$  は(5)で求めた角度より大きいとする。



三角関数表

角度〔°〕	sin	cos	tan	角度〔°〕	sin	cos	tan
19	0.326	0.946	0.344	45	0.707	0.707	1.000
20	0.342	0.940	0.364	46	0.719	0.695	1.036
21	0.358	0.934	0.384	47	0.731	0.682	1.072
22	0.375	0.927	0.404	48	0.743	0.669	1.111
23	0.391	0.921	0.424	49	0.755	0.656	1.150
24	0.407	0.914	0.445	50	0.766	0.643	1.192
25	0.423	0.906	0.466	51	0.777	0.629	1.235
26	0.438	0.899	0.488	52	0.788	0.616	1.280
27	0.454	0.891	0.510	53	0.799	0.602	1.327
28	0.469	0.883	0.532	54	0.809	0.588	1.376
29	0.485	0.877	0.554	55	0.819	0.574	1.428
30	0.500	0.866	0.577	56	0.829	0.559	1.483
31	0.515	0.857	0.601	57	0.839	0.545	1.540
32	0.530	0.848	0.625	58	0.848	0.530	1.600
33	0.545	0.839	0.649	59	0.857	0.515	1.664
34	0.559	0.829	0.675	60	0.866	0.500	1.732
35	0.574	0.819	0.700	61	0.875	0.485	1.804
36	0.588	0.809	0.727	62	0.883	0.469	1.881
37	0.602	0.799	0.754	63	0.891	0.454	1.963
38	0.616	0.788	0.781	64	0.899	0.438	2.050
39	0.629	0.777	0.810	65	0.906	0.423	2.145
40	0.643	0.766	0.839	66	0.914	0.407	2.246
41	0.656	0.755	0.869	67	0.921	0.391	2.356
42	0.669	0.743	0.900	68	0.927	0.375	2.475
43	0.682	0.731	0.933	69	0.934	0.358	2.605
44	0.695	0.719	0.966	70	0.940	0.342	2.747

3 次ページの図のように、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] の円筒容器が大気中に置かれている。この容器に質量  $M$  [kg] のピストンをはめる。このピストンは、円筒容器の気密性を保ったまま、鉛直方向になめらかに動くことができる。この容器内に、 $n$  [mol] の単原子分子からなる理想気体を入れた。円筒容器は断熱材でできており、外部と熱のやりとりをしないが、内部に設けたヒーターにより気体に熱を与えることができるものとする。気体定数を  $R$  [J/(mol·K)]、大気圧を  $P_0$  [Pa]、重力加速度を  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

はじめ、ピストンは自由に動ける状態で静止している。このときの気体の温度は  $T_1$  [K] である。(状態 I)

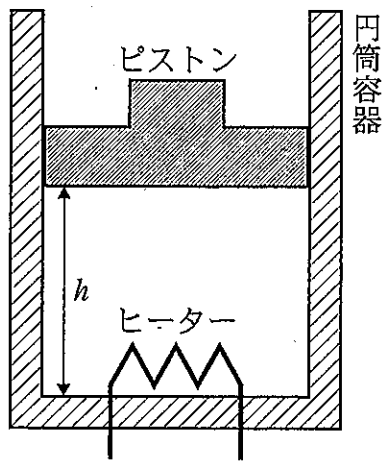
- (1) 力のつり合いの式を示した上で、気体の圧力  $P_1$  [Pa] を求めよ。
- (2) 円筒容器の底とピストンの距離  $h$  [m] を求めよ。

つづいて、ピストンを固定せず自由なまま、ヒーターにより気体をゆっくりと加熱して、温度を  $T_2$  [K] ( $T_2 > T_1$ ) とした。(状態 II)

- (3) 状態 I が状態 II に変化したときの気体の内部エネルギーの増加量  $\Delta U$  [J] および気体が外部にした仕事  $W$  [J] を求めよ。
- (4) 状態 I が状態 II に変化したときに気体に与えられた熱量  $Q_1$  [J] を求めよ。

気体を状態 I に戻し、ピストンを固定した。ヒーターにより気体をゆっくりと加熱して、温度を  $T_2$  [K] ( $T_2 > T_1$ ) とした。(状態 III)

- (5) 状態 I が状態 III に変化したときの気体の内部エネルギーの増加量  $\Delta U$  [J]、および気体が外部にした仕事  $W$  [J] を求めよ。
- (6) 状態 I が状態 III に変化したときに気体に与えられた熱量  $Q_2$  [J] を求めよ。
- (7) 状態 I において、ピストンを固定しない場合と固定した場合を比較して考える。ヒーターにより同じ熱量を気体に与えたとき、気体の温度上昇はどちらの場合が大きいか、理由をつけて説明せよ。



- 4 次の文章を読み、(ア)~(カ)に適する式を解答せよ。また、①に入る適当な言葉を(a)または(b)より選べ。

次ページの図のように傾き $\theta$ の斜面に、二本の十分に長い平行な間隔 $d$ (m)の導体でできたレールを固定した。質量が共に $m$ (kg)の2本の導体棒 $L_1$ 、 $L_2$ をレールに直角に置いた。図1はレールを真上から見た図であり、図2はレールを真横から見た図である。ただし、 $L_1$ のみ抵抗 $R$ ( $\Omega$ )を有する。この斜面は、鉛直上向きに一様な磁束密度 $B$ (T)の磁場(磁界)中にある。 $L_1$ 、 $L_2$ はレールに直角な状態を保ったまま、斜面に沿って運動することができる。 $L_2$ に斜面に沿った外力を加えて、一定速度 $v$ (m/s)で斜面に沿って上方に移動させた。ここで、重力加速度を $g$ ( $m/s^2$ )とし、 $L_1$ 以外の抵抗、各部分の摩擦および誘導電流の作る磁場は無視できるとする。

まず導体棒 $L_1$ の位置を固定した。位置 $p$ と比べて位置 $q$ の電位は① (a) 高く、(b) 低く、その電位差は (ア) (V)となり、 $L_1$ には大きさ (イ) (A)の電流が流れる。このとき $L_1$ は水平方向に大きさ (ウ) (N)のローレンツ力を受ける。

次に導体棒 $L_1$ の固定を外すと $L_1$ は斜面に沿って上方に運動を始めた。斜面方向の加速度を $a$ ( $m/s^2$ )、 $L_1$ に流れる電流を $I$ (A)とすると、斜面上方を正とした場合の斜面方向の $L_1$ の運動方程式は、 $ma =$  (エ) となる。

導体棒 $L_1$ が斜面に沿って上方に運動を始めたのち、一定速度になった。その時の $L_1$ に流れる電流 $I$ は、 (オ) (A)となる。また、導体棒 $L_2$ に加える斜面に沿った外力の大きさは、 $m$ 、 $g$ 、および $\theta$ を用いて表すと (カ) (N)になる。



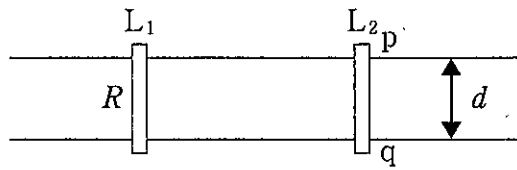


図1 レールを真上から見た図

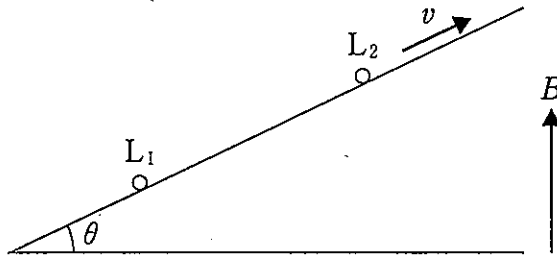


図2 レールを真横から見た図