

平成 20 年 東海大学
入学試験問題

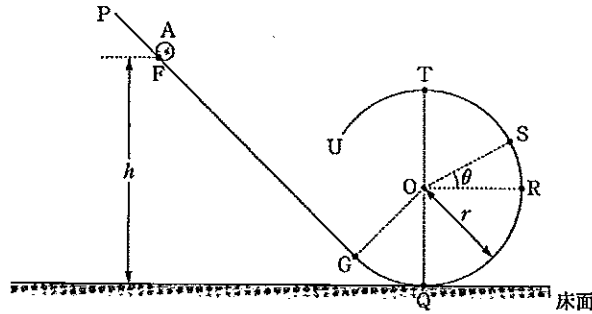
物 理

(医 学 部)

— 2 月 7 日 —

1

図のようにPからUにいたる斜面および半径 r の円形レールが、水平な床面上に鉛直に固定されている。斜面は点Gで円形レールと滑らかにつながっている。点Oはこの円形レールの中心を示している。斜面および円形レールの表面は滑らかで、以下の設問において運動する小球との間の摩擦はないものとする。重力加速度の大きさを g として、次の各問に答えなさい。答えは各問の解答群の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。



最初に、質量 m の小球Aを斜面上の点から静かにはなして運動を調べたところ、小球Aが斜面をすべり落ちた後、円形レールに沿って運動して円形レールの頂点Tに到達できる最も低い床面からの高さは h であることがわかった。そこで、小球Aをこの高さ h の点Fから静かにはなした場合を考える。

- (1) 高さ h を r で表しなさい。
- (2) 円形レールの右端の点Rにおいて、小球がレールから受ける中心点O方向への抗力の大きさを求めなさい。

次に、円形レールの最下点Qに質量 $2m$ の小球Bを置き、点Fで静かにはなされた小球Aと正面衝突させた。衝突の後、小球Bはレールに沿って運動し、レール上の点Sでレールから離れた。なお、点Sは図のように円形レールの中心点Oから水平右方へ引いた線ORから角度 θ をなす位置である。小球Aと小球Bの衝突のはねかえり係数は1とする。

- (3) 点Qにおいて、衝突直後の小球Bの速度の大きさを求めなさい。
- (4) $\sin \theta$ を求めなさい。
- (5) 小球Aをはなす位置の床面からの高さを変えて、ある高さ h' より高くすれば、小球Bが円形レールに沿って運動して頂点Tに到達できる。 h' を求めなさい。

〔解答群〕

(1) ア. $\frac{3}{2}r$ イ. $2r$ ウ. $3r$ エ. $\frac{5}{2}r$ オ. $\frac{7}{2}r$

(2) ア. $\frac{mg(h-r)}{r}$ イ. $\frac{mg(h-r)}{2r}$ ウ. $\frac{2mg(h-2r)}{r}$ エ. $\frac{2mg(h+r)}{r}$ オ. $\frac{2mg(h-r)}{r}$

(3) ア. $\frac{1}{2}\sqrt{gh}$ イ. $\frac{1}{2}\sqrt{2gh}$ ウ. $\frac{2}{3}\sqrt{2gh}$ エ. $\frac{1}{3}\sqrt{2gh}$ オ. $\frac{2}{3}\sqrt{gh}$

物 理

(4) ア. $\frac{2h-18r}{27r}$ イ. $\frac{h-4r}{3r}$ ウ. $\frac{2h-9r}{6r}$ エ. $\frac{8h-18r}{27r}$ オ. $\frac{h-9r}{9r}$

(5) ア. $\frac{45}{8}r$ イ. $\frac{45}{6}r$ ウ. $5r$ エ. $7r$ オ. $10r$

2 図1のように、面積 S 、極板間隔 $2d$ 、長さ l の2枚の平行平板電極 A、B が誘電率 ϵ_0 の真空中に鉛直に配置されている。この AB 間に長さが b ($b < l$) で、質量 m 、厚さ $2a$ ($a < d$) の平板導体 P が極板 A、B 間の中心に置かれている。A、B、P の奥行方向（紙面に垂直な方向）の長さは同一で、互いにずれは無いものとする。重力加速度の大きさを g とし、導体の端の影響は無視できるものとして、次の各問に答えなさい。

(1) 図1のように平板導体 P の下端を平行平板電極 A、B の上端からの距離が x の位置まで鉛直にそう入し、AB 間に直流電圧 E を加えた。

- a) 平行平板電極 A、B からみたコンデンサの静電容量を求めなさい。
- b) このコンデンサに蓄えられる静電エネルギー W を求めなさい。
- c) 距離 x を微小距離 Δx だけ増加したとき、このコンデンサに蓄えられる静電エネルギーの増加分 ΔW を求めなさい。
- d) 微小距離 Δx の増加による電池からのエネルギー流入も考えると、平板導体 P に働く鉛直方向の静電気力の大きさ F は ΔW を用いて、 $\Delta W = F\Delta x$ で求められる。 F を求めなさい。

(2) 図2のように、図1の平板導体 P の下端が $x=0$ の位置にあるとき、これに、ばね定数 k のばねを自然長の状態でつなぎ、その後 P をゆっくりと下方向に移動させた。P に働く力が0になったとき、ちょうど $x=b$ であった。ばねの電界への影響は無視できるものとして、このときに加えられた電圧 E を求めなさい。

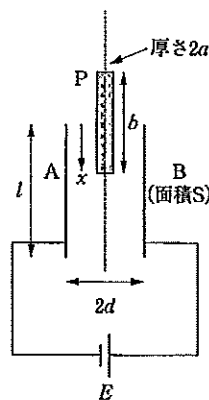


図1 平行平板電極系

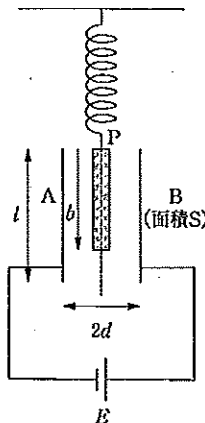


図2 バネ付平行平板電極系

3

図1のように黒い壁面を持つ容器の中に単色光源、回転ステージ、スクリーンが置かれている。単色光は回転ステージの回転中心を通り、単色光に対して垂直に置かれているスクリーンに到達する。スクリーン上にX軸をとり、単色光がスクリーンに到達する点をX軸の原点O、図中上方をX軸の正の向きとする。

いま、屈折率が n 、厚さが d の平行平板を入射側の平面が回転ステージの回転中心Cと一致するように置く。単色光の平行平板へ入射する際の入射角を θ 、平行平板内での屈折角を θ_1 、平行平板から出る際の平行平板内での入射角 θ_1' 、屈折角を θ_2 として、次の各問いに答えなさい。答えは各問いの解答群の中から最も適切なものを1つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

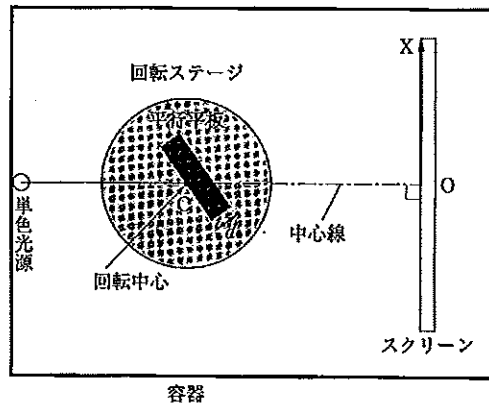


図1

- (1) 単色光が平行平板から出る際の屈折角 θ_2 を求めなさい。
- (2) 平行平板を入れた時、スクリーン上の単色光の位置 l を d 、 θ 、 θ_1 を用いて表しなさい。

次に、平行平板が全て沈むまで屈折率 n_1 (ただし $n_1 > n$)の透明な液体を容器に入れた。

- (3) 液体を入れる前と入れた後でのスクリーン上の単色光の位置はどのように変わったか答えなさい。

液体に沈んでいる平行平板を反時計回りにゆっくり回転させたところ、入射角がある角度でスクリーン上に単色光が見えなくなった。

- (4) 単色光が見えなくなった平行平板への入射角を θ_c とするとき、 $\sin \theta_c$ を求めなさい。
- (5) (4)で用いた θ_c を何と呼ぶか答えなさい。

物 理

次に、図2に示すように液体中の平行平板を取り除き、屈折率が n 、頂角が α であるプリズムを液体中に沈め回転ステージに乗せ、小さい入射角で入射するように回転ステージを調整した。(必要ならば近似式 $\sin \theta \approx \theta$ を用いなさい。ただしこの近似式は θ (rad) が十分小さい時に成り立つ。)

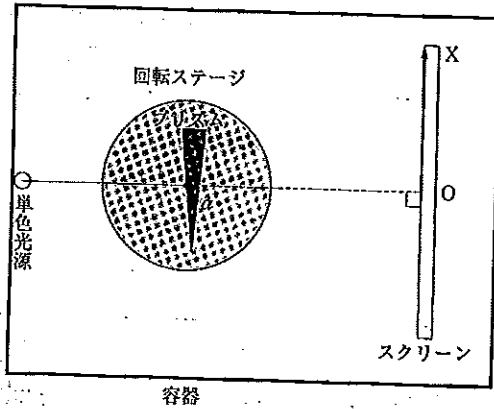


図2

(6) プリズムを入れることにより生じた単色光の“ふれ角”を求めなさい。この場合、ふれ角とは図3に示す角である。

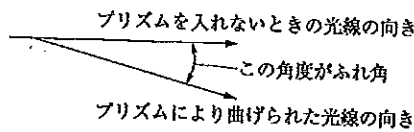


図3

[解答群]

(1) ア. θ イ. $\frac{\theta}{2}$ ウ. θ_1 エ. $\frac{\theta - \theta_1}{2}$ オ. 2θ

(2) ア. $\frac{d \cos(\theta + \theta_1)}{\cos \theta_1}$ イ. $\frac{d \sin(\theta - \theta_1)}{\cos \theta}$ ウ. $\frac{d \sin(\theta - \theta_1)}{\cos \theta_1}$ エ. $\frac{d \sin(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1}$ オ. $\frac{d \cos(\theta - \theta_1)}{\sin \theta_1}$

- (3) ア. 液体を入れることによって l より大きくなり原点からさらに遠くに移動した
 イ. 液体を入れる前と入れた後では移動しなかった
 ウ. 液体を入れることにより単色光が見えなくなった
 エ. 液体を入れると原点に戻った
 オ. 液体を入れると原点の反対側(負の方向に)に移動した

(4) ア. $\frac{n_1}{n}$ イ. $\frac{n}{n_1}$ ウ. $\frac{n}{n + n_1}$ エ. $\frac{n_1 - n}{n_1}$ オ. $\frac{n - n_1}{n + n_1}$

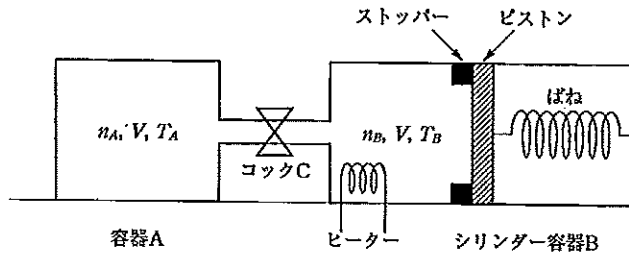
- (5) ア. 反射角 イ. 屈折角 ウ. 頂角 エ. 偏角 オ. 臨界角

(6) ア. $(n-1)\alpha$ イ. $\left(\frac{n_1}{n}-1\right)\alpha$ ウ. $(n+1)\alpha$ エ. $\left(\frac{n}{n_1}-1\right)\alpha$ オ. $\left(\frac{n}{n_1}+1\right)\alpha$

4

図のように体積 V の容器 A とシリンダー容器 B が、コック C のついた細いパイプでつながれている。シリンダー容器 B には断面積が S で、滑らかに動く、ピストンとばね定数 k のばねが取り付けられている。また、シリンダー容器 B には、ピストンのストッパーがあり、ピストンがこのストッパーに接するとき、その体積は V となる。このとき、ばねの長さは自然長より x 短い状態でピストンをおしている。

はじめ、コック C は閉じられており、容器 A 内とシリンダー容器 B 内のピストンより左側に同一の単原子分子理想気体がそれぞれ n_A (mol), n_B (mol) 閉じ込められている。ピストンの右側は真空状態である。閉じ込められている気体の温度はそれぞれ T_A と T_B ($T_A > T_B$) であり、この状態でピストンは静止している。なお、図中の容器およびピストンは、断熱材でできているものとする。気体定数を R として次の各問いに答えなさい。



(1) 容器 A とシリンダー容器 B に閉じ込められている気体の圧力をそれぞれ求めなさい。

次に、コック C をゆっくり開いて気体を混合した。ただし、ピストンは気体を混合中も混合後も動かなかった。

(2) 平衡状態に達したときの気体の温度と圧力を求めなさい。

次に、ヒーターで熱を少しずつ加えたところ気体の温度は上昇し、ピストンは右にゆっくり移動し、ばねが自然長より $2x$ 短くなったところでヒーターのスイッチを切って、熱を加えるのをやめた。

(3) ピストンが動き始める瞬間の気体の温度と圧力を求めなさい。

(4) ヒーターのスイッチを切った瞬間の気体の温度を求めなさい。

(5) ヒーターが気体に与えた熱量を求めなさい。