

前期日程

平成31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

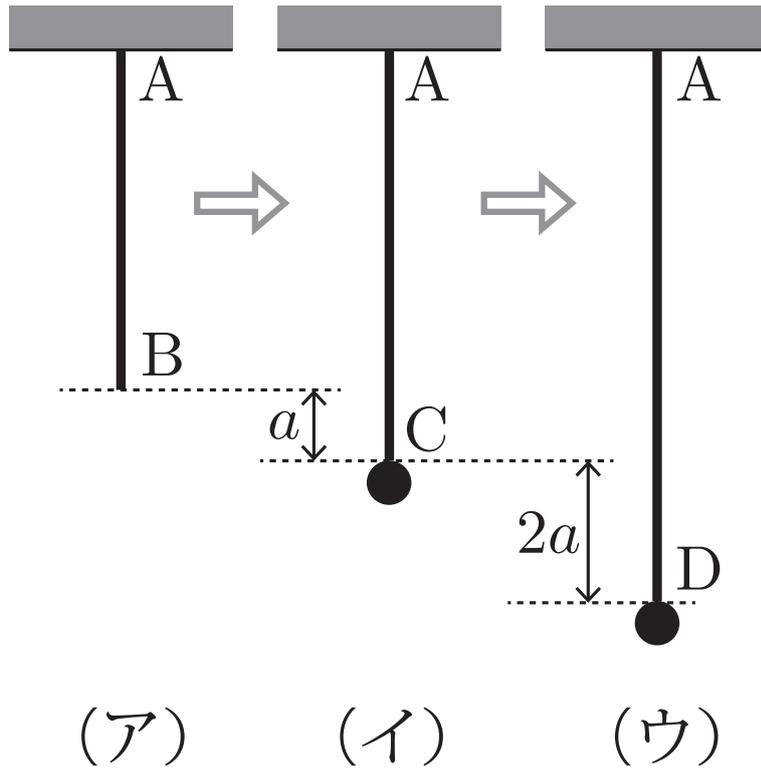
ゴムひもにつるされたおもりの運動を考える。以下では、ゴムひもは伸びたときだけばねと同様にフックの法則に従って力を及ぼし、それ以外のときには力を及ぼさないものとする。

図の (ア) のように、ゴムひもの端を天井の A 点に固定し、ゴムひもを自然の長さで、鉛直下向きにまっすぐにした。このとき、ゴムひもの下端の位置を B 点とする。(イ) のように、質量 m のおもりをつるすと、ゴムひもは a だけ伸びて C 点でつりあった。次に (ウ) のように、おもりを鉛直方向に引っ張って、 $2a$ だけ伸びた D 点でおもりを静かに放した。空気抵抗やゴムひもの質量は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として以下の問いに答えよ。

- (1) ゴムひもの、フックの法則における比例定数 (ばね定数) を求めよ。
- (2) おもりが D 点にあるときのゴムひもの弾性エネルギーを求めよ。
- (3) B 点でのおもりの速さを求めよ。

おもりは A 点と B 点の間にある E 点に達した後、下降をはじめた。

- (4) おもりが E 点にあるときの、D 点を基準にした重力による位置エネルギーを求めよ。
- (5) BE 間の距離を求めよ。
- (6) おもりが以下の各区間を移動するのに要する時間を求めよ。
 - (i) D 点から C 点まで
 - (ii) C 点から B 点まで
 - (iii) B 点から E 点まで
- (7) おもりの速さの最大値を求めよ。

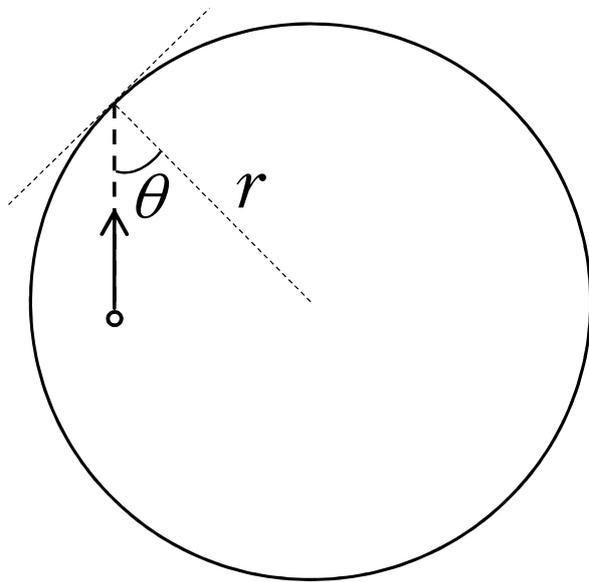


2

内径 $2r$ (半径 r) の球形の断熱容器の中で、 N 個の気体分子が熱運動をしている。気体の絶対温度は T 、気体分子の質量は m である。分子同士の衝突は無視できるものとして、次の文中の にあてはまる数式を答えよ。

図のように、速さ v の気体分子が入射角 θ で容器の壁面に弾性衝突したとする。このとき、容器の中心から外側に向かう向きを正として、衝突による分子の運動量変化は (1) であり、分子が壁に与える力積は (2) となる。この分子が壁に衝突してから、次に壁に衝突するまでの時間は (3) である。したがって、分子は時間 t の間に (4) 回、壁に衝突する。その間に壁面が受ける力積の和は (5) であるから、 N 個の気体分子の速さがすべて v であるとする、壁が N 個の気体分子全体から受ける平均の力は (6) となる。球の表面積は $4\pi r^2$ であるから、気体の圧力は (7) と求まる。また、球の体積を V 、分子 1 個の運動エネルギーを E とすると、気体の圧力は (8) と書き換えることができる。

アボガドロ定数を N_A とすると、容器に入っている気体の物質量は (9) である。気体定数を R として、気体が理想気体の状態方程式に従うとすると、分子 1 個の運動エネルギー E は、 (10) と求まる。



3

図のように、2本の長い金属レールが間隔 l だけ離れて平行に置かれ、起電力 E の電池と電気抵抗 R の抵抗に接続されている。磁束密度 B の一様な磁場が、紙面に垂直に裏から表の向きにかけられている。導体棒がレールに垂直に置かれ、垂直を保ってレール上を移動する。その速度を v とし、図の矢印の向きに移動するときを $v > 0$ とする。導体棒とレールの摩擦、空気抵抗、 R 以外の電気抵抗、ならびに回路を流れる電流が作る磁場は無視できるものとする。以下の問いには、 E 、 R 、 B 、 l 、 v の中から必要なものを用いて答えよ。

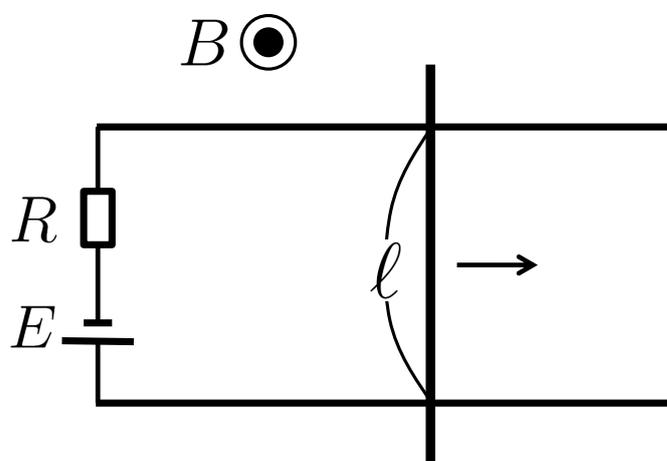
- (1) 回路に生じる誘導起電力を求めよ。ただし、紙面を上から見て左回り（反時計回り）の誘導起電力を正とせよ。
- (2) 回路を流れる電流を求めよ。ただし、電流の向きは紙面を上から見て左回りを正とせよ。
- (3) 導体棒を流れる電流が磁場から受ける力を求めよ。ただし、力の向きは図の矢印の向きを正とせよ。

導体棒に (3) で求めた力のみが働いているとき、次の2つの問いに答えよ。

- (4) 導体棒がある速度で移動しているとき速度は変化しない。その速度を求めよ。
- (5) 導体棒が (4) で求めた速度より大きな速度で移動しているとき、導体棒の加速度は正か負か。

次に、(3) で求めた力以外の外力が導体棒に働き、導体棒の速度 v が一定となる場合を考える。このとき次の3つの問いに答えよ。

- (6) この外力が導体棒にする仕事の仕事率を求めよ。
- (7) 抵抗で単位時間あたりに発生するジュール熱を求めよ。
- (8) 電池が回路に単位時間あたりに供給するエネルギーを求めよ。



4

粒子の比電荷（電気量の大きさと質量との比）について、以下の問いに答えよ。ただし、重力の影響は無視する。

- (1) 次の文中の のうち、(i), (iii) は 2つの選択肢のうちから正しいものを選び、アまたはイの記号で答えよ。(ii), (iv), (v) はあてはまる数式を答えよ。

図のように、真空中に置かれた平行な極板を帯電させ、下向きに大きさ E の一様な電場を作った。2つの極板の間に、質量 m 、電気量の大きさ q の粒子を、速さ v で極板に平行に入射させた。粒子は図のように進行方向を変え、極板にぶつかることなく極板間を通過し、その間に、極板に平行な方向に距離 l 、垂直な方向に距離 y だけ移動した。この粒子の電気量の符号は (i) ア. 正 イ. 負 であり、 y を q , l , E , m , v を用いて表すと (ii) となる。

さらに、極板間に紙面に垂直に一様な磁場をかけて同じ実験を行った。粒子が極板間を直進するとき、磁場の向きは紙面の (iii) ア. 表から裏 イ. 裏から表 の向きであり、磁場の磁束密度の大きさを B とすれば、入射したときの粒子の速さ v は E と B を用いて (iv) と求まる。粒子の比電荷 $\frac{q}{m}$ を y , l , E , B を用いて表すと (v) となる。

- (2) 3種類の粒子の比電荷 $\frac{q}{m}$ を測定したところ、表のような測定値を得た。これらの粒子は以下の (a)~(c) の粒子のどれかに該当する。粒子3に該当するものを選び記号で答えよ。ただし、原子核およびイオンの質量は原子核の質量数に比例するとみなす。

- (a) 陽子（水素 ${}^1_1\text{H}$ の原子核）
 (b) α 粒子（ヘリウム ${}^4_2\text{He}$ の原子核）
 (c) リチウム ${}^7_3\text{Li}$ の1価の陽イオン

	粒子1	粒子2	粒子3
比電荷	$1.4 \times 10^7 \text{ C/kg}$	$4.8 \times 10^7 \text{ C/kg}$	$9.6 \times 10^7 \text{ C/kg}$

