山形大学

平成27年度入学者選抜試験問題

理学部物理学科
医学部医学科

理　　科

(物　　理)

前　期　日　程

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　この問題冊子の本文は1ページから6ページまでです。

3　問題は，第1問から第3問までの3問です。

4　問題の解答を，それぞれ対応した番号の解答用紙に書きなさい。

5　試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

6　監督者の指示にしたがって，解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。**大学受験番号**が正しく記入されていない場合は，採点されないことがあります。

7　**解答用紙に印刷されている注意事項**をよく読み，指示にしたがって解答してください。

8　問題を解く際の計算があれば，途中計算も解答用紙に書いてください。

9　試験終了後，問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

第1問　図に示すように，水平な床に沿って x 軸，鉛直上方に y 軸を設定する。床面の $x < L$ と $2L < x < 3L$ の部分はなめらかであり，$L \leqq x \leqq 2L$ の部分はあらく摩擦がある。$x = 3L$ には x 軸に垂直な壁が固定されている。また，長さ H の伸び縮みしない軽い糸の上端を点 $\mathrm{P}(0, H)$ に固定し，下端に質量 M の小球Aをつける。

はじめ，図のように糸がたるまないように小球Aを xy 平面内に支えておく。ここで，糸と y 軸との角度 θ は $0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}$ とする。また，質量 m の小球Bを原点Oに静止させておく。

小球Aと小球B，小球Bと壁との衝突について，以下の問いに答えよ。ただし，小球Aと小球Bの衝突は完全弾性衝突であり，小球Bと壁との衝突は反発係数（はねかえり係数）e （$0 < e < 1$）の非弾性衝突である。重力加速度の大きさを g，小球Bと床のあらい部分との動摩擦係数を μ' とする。また，空気抵抗および小球の回転や大きさは無視できるものとする。

(1) 支えていた小球Aを静かに離すと，小球Aと小球Bが衝突した（衝突Ⅰとする）。衝突Ⅰ直前の小球Aの速さ V_0 を g，H，θ を用いて表せ。

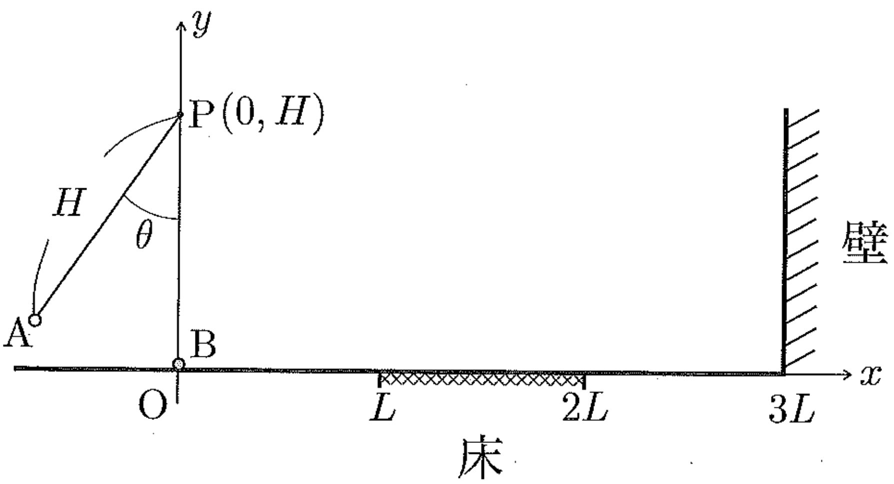
(2) 衝突Ⅰ直後の小球Aの速度を V_1，小球Bの速度を v_1 とする。衝突Ⅰでの運動量保存則を m，M，V_0，V_1，v_1 を用いて表せ。

(3) V_1 と v_1 を m，M，V_0 を用いて表せ。

(4) 衝突Ⅰの後，しばらくすると小球Bが壁と衝突した（衝突Ⅱとする）。衝突Ⅱ直前の小球Bの速度 v_2 を v_1，μ'，g，L を用いて表せ。

(5) 衝突Ⅱ直後の小球Bの速度 v_3 を e，v_2 を用いて表せ。

(6) $M = m$ の場合について考える。衝突Ⅱの後，小球Bが再び小球Aと衝突するために H，L，θ，μ'，e が満たす条件式を求めよ。


y
P(0, H)
H
θ
A
B
壁
x
O
L
2L
3L
床

第2問 以下の文章の $\boxed{\text{ア}}$ から $\boxed{\text{ス}}$ に適した式または数値を記せ。ただし，$\boxed{\text{ウ}}$，$\boxed{\text{サ}}$ および $\boxed{\text{シ}}$ については適切なものを選べ。解答用紙には導出の過程も記述せよ。また必要なら，次の公式

$$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta$$

と，x が十分に小さいときに成り立つ次の近似式を用いてよい。

$$\sin kx \fallingdotseq kx,\quad \cos kx \fallingdotseq 1 \qquad (k\text{ は定数})$$

(1) 図1のように磁束密度が B の一様な磁場（磁界）中に置いた長方形のコイルABCD（BCの長さが $2a$，ABの長さが b）を一定の角速度 ω で回転させる。時刻 $t=0$ ではコイルの面と磁場は直交しており，辺CDが上になっていた。時刻 t においてコイルは図1に示した位置にあったとする。このとき辺ABが磁場を垂直に横切る速さは $\boxed{\text{ア}}$ であるので，辺ABに発生する起電力は $\boxed{\text{イ}}$ であり，その向きは $\boxed{\text{ウ：A}\rightarrow\text{B，B}\rightarrow\text{A}}$ である。したがって，コイル全体の起電力は $\boxed{\text{エ}}$ となり，コイルの面積に比例することがわかる。この起電力と面積の間の関係式はコイルが円形の場合にも成り立つ。いま，長方形コイルを半径 a の円形コイルに入れ替えた。この円形コイルを角速度 ω で回転させたとき，起電力の最大値は $\boxed{\text{オ}}$ になる。強力なネオジム磁石を用いて $B=1.4\ \mathrm{T}$ としたとき，東日本地域に提供されている周波数50 Hzの交流電圧（電圧の最大値が $1.4\times10^2\ \mathrm{V}$）をつくるためには，円形コイルの半径を $\boxed{\text{カ}}$ mにする必要がある。

(2) 図2のように起電力が $V=V_0\sin\omega t$ の交流電源と電気容量が C のコンデンサーからなる回路を流れる電流を考えよう。時刻 t においてコンデンサーにたくわえられている電荷は $\boxed{\text{キ}}$ である。同様に時刻 $t+\Delta t$ においてコンデンサーにたくわえられている電荷は $\boxed{\text{ク}}$ である。この電荷の差は時刻 t から $t+\Delta t$ の間に流れた電流によって運ばれたと考えることができる。したがって，この時間 Δt の間に流れた平均の電流は $\boxed{\text{ケ}}$ と表される。この値は，Δt を十分に小さくとれば時刻 t における電流とみなすことができ，$\boxed{\text{コ}}$ と求まる。この結果から，電流の位相は電圧の位相に対して $\boxed{\text{サ：}\dfrac{\pi}{2},\ \dfrac{\pi}{4}}$ だけ $\boxed{\text{シ：進んで，遅れて}}$ いることがわかる。また，電源電圧の最大値 V_0 と電流の最大値 I_0 には，オームの法則に類似した $V_0=ZI_0$ という関係があることがわかる。Z はリアクタンスと呼ばれ，このコンデンサーのリアクタンスは $\boxed{\text{ス}}$ と求まる。

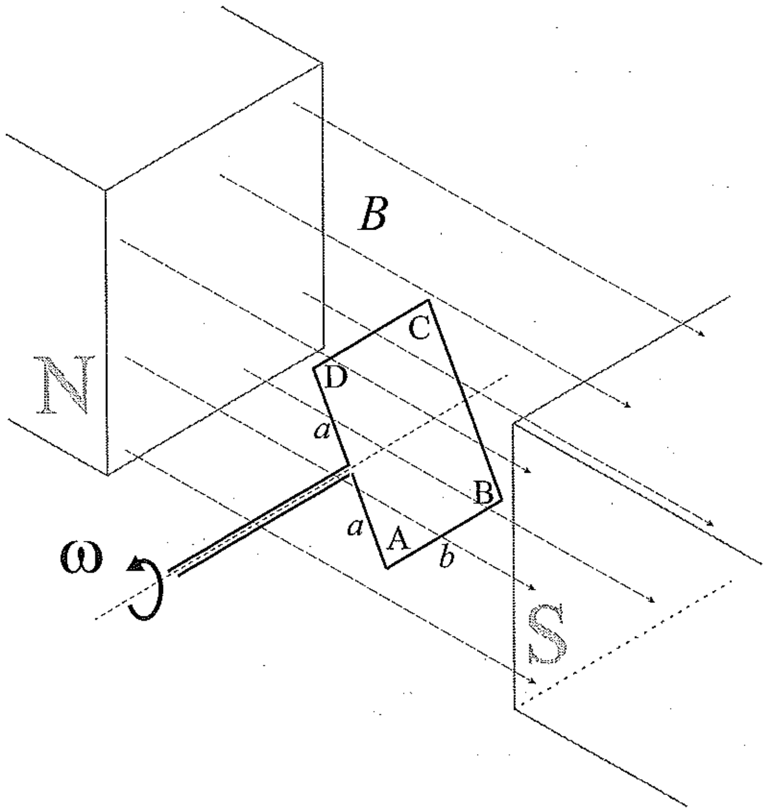


図1

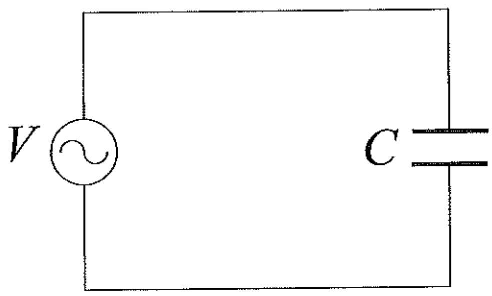


図2

第3問 図1のように，シリンダー内に密閉された単原子分子からなる理想気体がある。シリンダーは鉛直に固定されており，ふたは上下に動くことができる。シリンダーとふたは断熱材でできていて，シリンダー内にはヒーターが設置されている。はじめ，シリンダー内の気体の体積はV，絶対温度はTであり，圧力は外部圧力pと一致している（この状態をAとする）。シリンダーの断面積をS，重力加速度の大きさをgとし，ふたの質量および，ふたとシリンダーの摩擦は無視できるとする。以下の問いに答えよ。ただし，必要なら，単原子分子からなる理想気体の断熱変化では，(圧力) × (体積)$^{\frac{5}{3}}$が一定であることを使ってよい。また，最終的な答えに使ってよい文字は，T，p，V，S，およびgに限る。

(1) ヒーターを作動させることなくシリンダーのふたの上にゆっくりと液体を注入する。図2のように，気体の体積が状態Aの$\dfrac{1}{8}$になったところで液体の注入をやめた（この状態をBとする）。このときの気体の絶対温度と，注入した液体の質量を求めよ。

(2) 状態Bから，ヒーターを作動させ，気体の温度をゆっくりと変化させる。図3のように，気体が元の体積Vまで膨張したところでヒーターを止めた。このときの気体の絶対温度と，気体が外部にした仕事およびヒーターから吸収した熱量を求めよ。

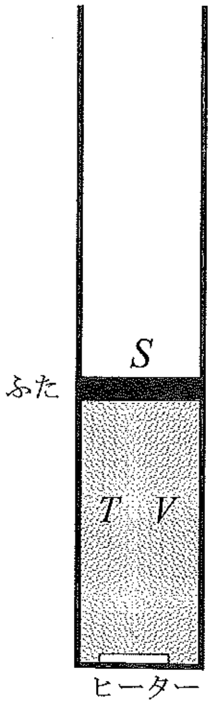


図 1

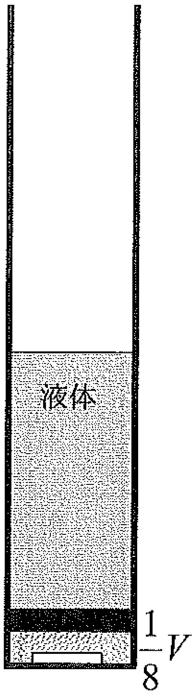


図 2

図 3