

前期日程

令和7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。

令和7年度入学試験 問題訂正

○前期日程

○科目名 物理

訂正箇所	5 ページ 3 上から5行目
誤	…荷電粒子は xy 平面上を運動した。
正	…荷電粒子は xy 平面上を運動した。 <u>ただし、各領域にかけられた磁場と電場から受ける力以外の影響は無視できるとする。</u>

1

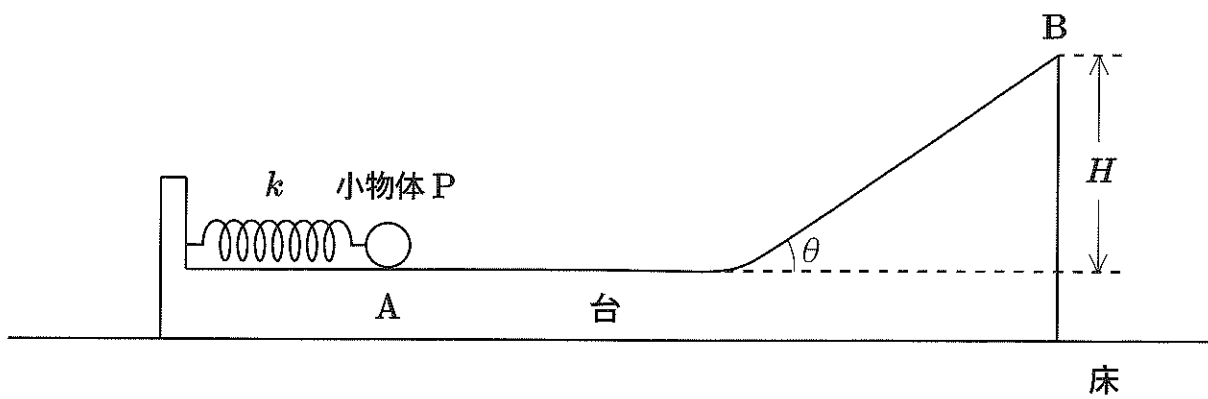
図のように、水平な床の上に質量 M の台がある。台の上面は、水平面と、水平と θ の角度をなす斜面とからなる。水平面と斜面はなめらかにつながっている。台上の左端には、ばね定数 k の軽いばねが固定されていて、その右側には質量 m の小物体 P が接触している。 P が台上の点 A にあるとき、ばねは自然長である。台上の最高点 B の水平面からの高さは H である。空気抵抗および床と台、台と小物体の間の摩擦は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ。

まず、台を床に固定した。小物体 P を点 A から左に距離 a だけ移動させて、 P を静かにはなすと、 P は台上を右に動きはじめ、点 A を通過した瞬間にばねからはなれた。

- (1) 点 A を通過した瞬間の P の速さを求めよ。
- (2) P が点 B を通過した。通過した瞬間の P の速さを求めよ。
- (3) P は点 B を通過したあと、放物運動をした。点 B から放物運動の最高点までの高さを求めよ。
- (4) P が放物運動の最高点に到達したときの、点 B から水平方向への移動距離を求めよ。

次に、台が床上を自由に動く場合を考える。小物体 P を点 A から左に距離 a だけ移動させて、 P と台を同時に静かにはなすと、 P は台上を右に動きはじめ、点 A を通過した瞬間にばねからはなれた。

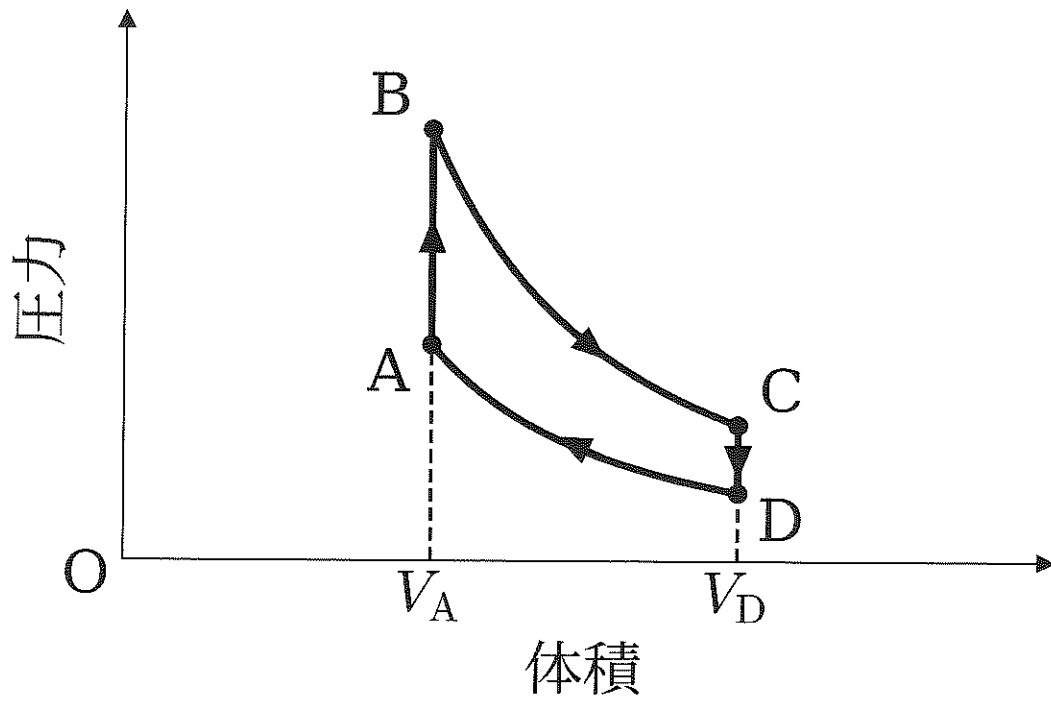
- (5) 点 A を通過した瞬間の、床に対する P の速さを求めよ。
- (6) P が点 B を通過した。通過した瞬間の床に対する P の水平方向の速度を v_x 、鉛直方向の速度を v_y 、台の水平方向の速度を V_x とする。 v_x 、 v_y 、 V_x と $\tan \theta$ の関係を求めよ。ただし、水平方向右向きおよび鉛直方向上向きを正の向きとする。
- (7) 床に静止している人から見て、 P は点 B で水平面から上向きに角度 α で飛び出した。 $\tan \alpha$ を m 、 M および θ を用いて表せ。



2

なめらかに動くピストンとシリンダーからなる容器に、物質質量 n の単原子分子理想気体を封入した熱機関を用いて、図のように気体の体積と圧力を変化させた。状態 A から状態 B への変化、および状態 C から状態 D への変化は定積変化である。また、状態 B から状態 C への変化、状態 D から状態 A への変化は断熱変化である。状態 A における気体の温度は T_A 、体積は V_A 、状態 D における気体の体積は V_D であった。また、状態 B における気体の圧力は状態 A における圧力の 2 倍であった。気体定数は R とする。また、断熱変化においてはポアソンの法則が成り立つため、気体の温度 T と体積 V の間に、 $TV^{\gamma-1} = \text{一定}$ ($\gamma > 1$, γ は定数で比熱比とよばれる) の関係が成り立つ。次の問いに答えよ。

- (1) 状態 B における気体の温度を求めよ。
- (2) 状態 A から状態 B への変化において気体が吸収した熱量を求めよ。
- (3) 状態 C における気体の温度を求めよ。
- (4) 状態 B から状態 C への変化において気体が外部にした仕事を求めよ。
- (5) 状態 D における気体の温度を求めよ。
- (6) 1 回のサイクルで気体が外部にした仕事を求めよ。
- (7) この熱機関の熱効率を求めよ。



3

図1のように、紙面の右向きに x 軸を、上向きに y 軸をとる。 $x < -L$ および $x > L$ の領域には、紙面に垂直に表から裏に向かう向きに、磁束密度 B の一様な磁場がかけられている。また、 $-L \leq x \leq L$ の領域には、 x 軸の正の向きに、大きさ E の一様な電場がかけられている。質量 m 、電気量 $q(> 0)$ をもつ荷電粒子を、原点 O に静かに置いたところ、荷電粒子は xy 平面上を運動した。

- (1) 荷電粒子が $-L \leq x \leq L$ の領域で、電場から受ける力の大きさを求めよ。
- (2) 荷電粒子が最初に $x = L$ に達するときの、荷電粒子の速さを求めよ。
- (3) 荷電粒子が $x > L$ の領域で、磁場から受ける力の大きさを求めよ。
- (4) 荷電粒子が2回目に $x = L$ に達するときの y 座標を求めよ。
- (5) 荷電粒子が(2)の位置から(4)の位置まで運動する時間について、正しい説明を次の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。
 - (ア) この時間は E と B に反比例する。
 - (イ) この時間は E に比例し、 B に反比例する。
 - (ウ) この時間は E に反比例し、 B に比例する。
 - (エ) この時間は E には関係なく、 B に反比例する。
- (6) 荷電粒子が運動開始後に最初に停止する位置の、 xy 平面上の座標を求めよ。

ふたたび荷電粒子を原点 O に静かに置いた。そして、荷電粒子が領域 $-L \leq x \leq L$ に再突入するたびに、電場の向きを反転する操作を行った。

- (7) 荷電粒子の運動開始から、電場を3回反転した後に、荷電粒子が領域 $-L \leq x \leq L$ を出るまでの、荷電粒子の軌跡の概略図を、図2の(ア)~(ウ)から選び、記号で答えよ。
- (8) 電場を3回反転した後に、荷電粒子が領域 $-L \leq x \leq L$ を出るときの、荷電粒子の速さを求めよ。

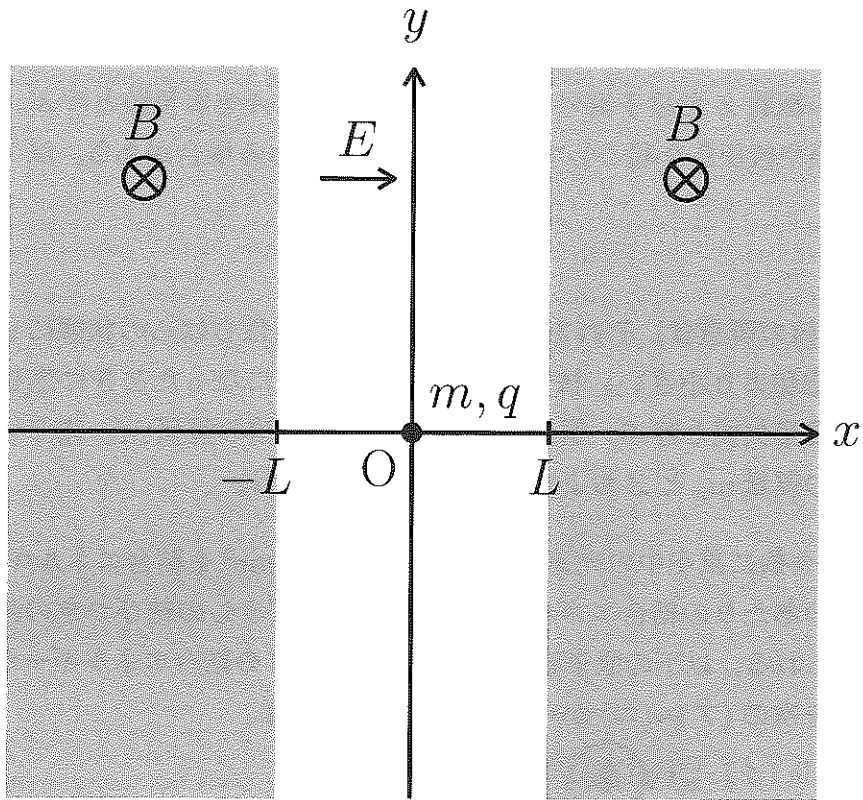
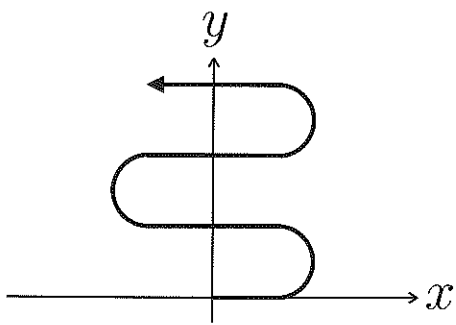
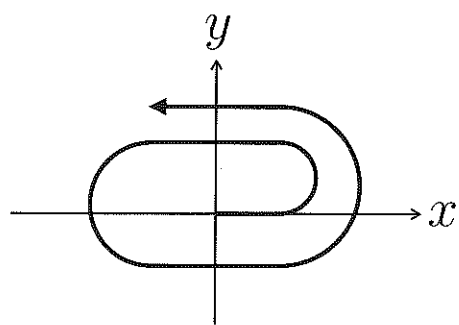


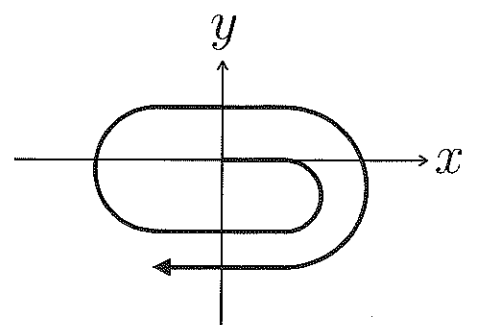
図 1



(ア)



(イ)



(ウ)

図 2

4

原子核は陽子と中性子で構成されている。陽子と中性子を総称して核子と呼ぶ。陽子の総数 Z を原子番号とよび、核子の総数 A を質量数と呼ぶ。原子核は放射性崩壊や核反応を起こして、他の原子核に変わる場合がある。以下の問いに答えよ。

(1) 原子核の質量は、それを構成している核子をばらばらの状態にしたときの質量の総和より小さい。核子が結合して原子核になったときに生じる質量の減少を質量欠損と呼ぶ。質量欠損 Δm を、原子核の質量 M 、陽子の質量 m_p 、中性子の質量 m_n と Z および A を用いて書き表せ。

(2) 質量欠損に真空中の光速 c の二乗をかけた Δmc^2 を結合エネルギーと呼び、核子1つあたりの結合エネルギー $\frac{\Delta mc^2}{A}$ は核子どうしの結びつきの強さを表すと考えられる。以下の原子核で、核子1つあたりの結合エネルギーが最も大きいものを次の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア) ${}^4_2\text{He}$ (イ) ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ (ウ) ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ (エ) ${}^{235}_{92}\text{U}$

(3) 不安定な原子核は放射線を放出して、別の原子核に変化する場合があり、これを放射性崩壊と呼ぶ。図のように、そのような放射線に磁束密度 B の一様な磁場をかけたところ、放射線の進行方向が変化した。放射線は紙面上を矢印にそって進んでおり、磁場は紙面に垂直に裏から表にかけている。この放射線の名前として適切なものを次の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア) α 線 (イ) β 線 (ウ) γ 線 (エ) X線

(4) 放射性崩壊は放出される放射線の名前で区別される。不安定な原子核が放射性崩壊を繰り返す場合がある。ラドン ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ が α 崩壊と β 崩壊を繰り返して鉛 ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ になるまでに α 崩壊は何回起こっているか。

(5) (4)の崩壊で β 崩壊は何回起こっているか。

(6) トリウム ${}^{232}_{90}\text{Th}$ が α 崩壊と β 崩壊を繰り返して、別の原子核になった。この原子核の名前として適切なものを次の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。

(ア) ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ (イ) ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ (ウ) ${}^{210}_{82}\text{Pb}$ (エ) ${}^{214}_{82}\text{Pb}$

B

