2024年度（一般選抜入試I期 準拠）　TMPS医学館 そっくり類題演習　問題冊子（全2ページ）

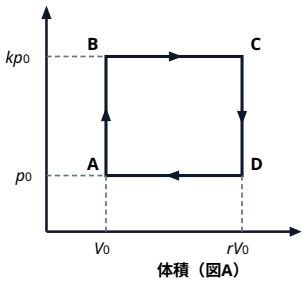
物　　理

昭和医科大学（旧・昭和大学）医学部 対策 ／ 試験時間：2科目140分（物理目安 60分） ／ 配点：100点

【注意事項】 1. 本冊子は昭和医科大学医学部（2024年度・一般I期）物理の出題構成・図表・論述形式を再現したオリジナル予想問題です。 2. 解答・導出過程・採点基準は、TMPS物理道場のWeb解説ページ内の「そっくり類題セットの解答・解説を開く」にて確認してください。

1　熱力学に関する以下の問い [A], [B] に答えなさい。（配点：25点）

A　なめらかなピストンを備えたシリンダーに 1〔mol〕の単原子分子の理想気体を入れ、右の図Aのように気体の状態を A(p_0, V_0) → B(kp_0, V_0) → C(kp_0, rV_0) → D(p_0, rV_0) → A(p_0, V_0) の順に変化させた（ただし $k>1$, $r>1$）。以下の問いに答えなさい。



体積（図A）

(1) A→B, B→C, C→D, D→A の各状態変化での気体がする仕事、内部エネルギーの変化、気体が吸収した熱量を、p_0, V_0, k, r を用いて表しなさい。

(2) この 1サイクルで気体が外部にする正味の仕事 W_{net}、および気体に加えられる熱量 Q_{in} を求めなさい。

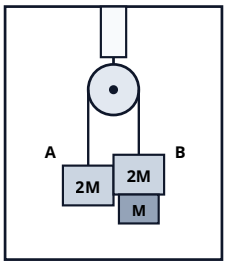
(3) このサイクルを熱機関とみなし、熱効率 e を k, r を用いて表しなさい。

(4) 圧力比を $k=3$ に固定し、体積比 r ($r>1$) の大きさを自由に変えることができるとする。このサイクルの熱効率の上限値を求めなさい。

B　断熱されたシリンダー内の気体をピストンで急激に圧縮すると気体の温度が上昇し、逆に急激に膨張させると温度が下がる（断熱膨張による冷却）。この理由を気体分子運動論および熱力学第一法則の観点から 200字以内で説明しなさい。

2　エレベーター内の滑車とばねばかりに関する以下の問いに答えなさい。（配点：25点）

右図のように、静止したエレベーターの天井からばねばかりをつり下げた。ばねばかりに滑車をつり下げ、滑車にかけた糸の A側に質量 $2M$〔kg〕のおもりをつけ、B側に質量 $2M$〔kg〕と M〔kg〕（合計 $3M$〔kg〕）のおもりをつけた。滑車や糸の質量、空気の影響は無視でき、滑車と糸の間の摩擦はないものとし、重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。



(1) A側のおもりの加速度の大きさ〔m/s^2〕はいくらか。

(2) ばねばかりの値〔kg〕はいくらか。

(3) エレベーターが**下向き**に a_0〔m/s^2〕（ただし $a_0<g$）の加速度で動くとき、エレベーターに乗った人から見た A側の加速度の大きさ〔m/s^2〕はいくらか。

3 核融合反応に関する以下の問いに答えなさい。（配点：25点）

運動エネルギーの和が 0.40 MeV で全運動量が 0 となるように重水素原子核 ${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ と三重水素原子核 ${}^{3}_{1}\mathrm{H}$ が正面衝突して、ヘリウム4原子核 ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ と中性子 ${}^{1}_{0}\mathrm{n}$ が生成される。これは核融合反応と呼ばれ、以下の反応式で表される。

$$ {}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} $$

重水素原子核、三重水素原子核、ヘリウム4原子核、中性子の質量は、統一原子質量単位 u で表すと、それぞれ 2.0136 u, 3.0155 u, 4.0015 u, 1.0087 u である。ただし、$1\ \mathrm{u} = 1.7 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$, $1\ \mathrm{MeV} = 1.6 \times 10^{-13}\ \mathrm{J}$, 光速 $c = 3.0 \times 10^{8}\ \mathrm{m/s}$ とする（数値は有効数字2桁で答えよ）。

(1) この反応で発生するエネルギー〔MeV〕を求めなさい。以下、このエネルギーはすべて運動エネルギーになるものとする。

(2) 衝突後のヘリウム4原子核の速さ V と中性子の速さ v の比の値 V/v を求めなさい。

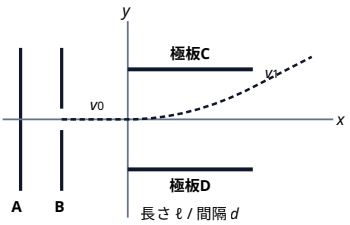
(3) この反応で発生したヘリウム4原子核の運動エネルギー〔MeV〕を求めなさい。

(4) この反応で発生した中性子の運動エネルギー〔MeV〕を求めなさい。

(5) この反応は、重水素原子核と三重水素原子核（ともに電気量 $+e$、半径 r_0 の球とみなす）が互いに接触するくらいに近づかなければ起こらない。無限遠から全運動量が 0 となるように正面衝突させて両原子核を接触させるために必要な、**2個の原子核の初めの運動エネルギーの合計 $K_{\text{合計}}$** を r_0, クーロン定数 k_0, 電気素量 e を用いて表しなさい。

4 荷電粒子の電場および磁場による偏向に関する以下の問いに答えなさい。（配点：25点）

真空の空間に右図のように座標軸をとり、z 軸方向は紙面に垂直で裏から表に向かう方向を正方向とする。質量 m、正の電荷 $+q$ $(q > 0)$ をもつ陽イオンが、極板Aを初速 0 で出発し、加速用電場（極板AB間）で加速されて極板Bの穴を速さ v_0 で通過して x 軸上を偏向用電場（間隔 d、長さ ℓ の平行極板CD）に向かう。極板CDは x 軸から上下に $d/2$ 離れた場所に xz 面と平行に置かれている。



まず磁場をかけずに、極板Dが極板Cより電位が V_1 $(V_1 > 0)$ だけ高くなるように電圧をかけたとき、陽イオンは $+y$ 方向へ偏向し、極板CDを速さ v_1、x 軸となす角 θ で通過した。

(1) 平行極板CD間において、陽イオンが電場から受ける力の大きさ F を求めなさい。

(2) 平行極板CD間における、陽イオンの y 軸方向の加速度 a を求めなさい。

(3) 中心線（x 軸）からの距離を y_1、極板CDの左端からの距離を x_1 として、陽イオンが極板CDの電場の作用を受けている間に描く軌道の式を求めなさい。

(4) 平行極板CD間を通過する間の y 軸方向の変位 y_2 を求めなさい。

(5) 陽イオンが平行極板CDに触れることなく偏向用電場を通過するために必要な V_1 の条件を求めなさい。

(6) 平行極板CDを通過したあとの陽イオンの速さ v_1 を求めなさい。

次に、平行極板CD間に磁束密度の大きさ B_1 の偏向用磁場を z 軸の負の方向（表から裏向き）にかける。極板CD間の電位差を V_2（極板Cが高電位、$V_2 > 0$）としたところ、陽イオンは極板CD間で曲がることなく直進した。

(7) 加速用電場を通過した直後の陽イオンの速さ v_0 を m, d, B_1, V_2, ℓ のうち、適切なものを用いて表しなさい。

(8) 加速用電場の極板AB間電圧を V_0 $(V_0 > 0)$ とする。このとき、極板CD間の電位差 V_2 を m, d, q, V_0, B_1, ℓ のうち、適切なものを用いて表しなさい。