

令和2年度入学者選抜試験問題

理学部 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8ページまでです。
- 3 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が付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 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。
- 5 **理学部受験者は第1問、第2問、第3問、第4問の4問を解答してください。**
医学部受験者は第1問、第2問、第3問の3問を解答してください。
- 6 解答用紙の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。
- 7 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。
- 8 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 図のように鉛直面内に半径 r の半円形のレールが水平な床の上に固定されている。このレールの最下点 A に向かって質量 m の小球を速さ v_0 ですべらせ、レール上の最高点 B までレール上を運動させる。点 A から点 B までの小球の運動について以下の問いに答えよ。小球の床からの高さを h とし、重力加速度の大きさを g とする。小球と床およびレールとの摩擦はないものとする。

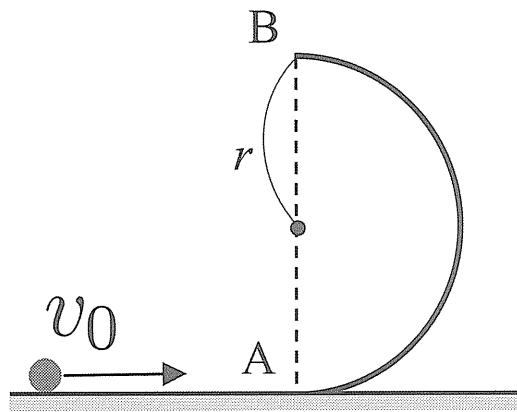
問1 小球の速さを h の関数として求めよ。

問2 小球にはたらく遠心力の大きさを h の関数として求めよ。

問3 小球にはたらく重力のレールに垂直な方向の成分を h の関数として求めよ。ただし、半円の中心に向かう向きを正とする。

問4 小球がレールから受ける垂直抗力の大きさを h の関数として求めよ。

問5 小球が最高点 B に達するためには v_0 がある大きさ v_{\min} 以上であることが必要である。 v_{\min} を求めよ。



第2問 内部抵抗を無視できる起電力が E の電池，抵抗値がそれぞれ R_1, R_2, R_3 の電気抵抗，電気容量が C のコンデンサーを図1のように配線した。スイッチ S は開いたまま十分に時間が経過したとする。ジュール熱による抵抗値の変化は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

問1 点 A を流れる電流の大きさを求めよ。

問2 コンデンサーに蓄えられている電荷を求めよ。

次に，スイッチ S を閉じ十分に時間が経過した。

問3 点 A を流れる電流の大きさを求めよ。

問4 コンデンサーに蓄えられている電荷を求めよ。

図2のように，コンデンサーを電気抵抗値が R のニクロム線と交換し，スイッチ S の代わりに検流計を取り付けた。検流計を流れる電流は0であった。

問5 R を求めよ。

問6 ニクロム線だけを炎で加熱した。このとき検流計に流れる電流として正しいものを以下の3つから選び，その理由を書け。

- (a) 下から上に流れる。
- (b) 流れない。
- (c) 上から下に流れる。

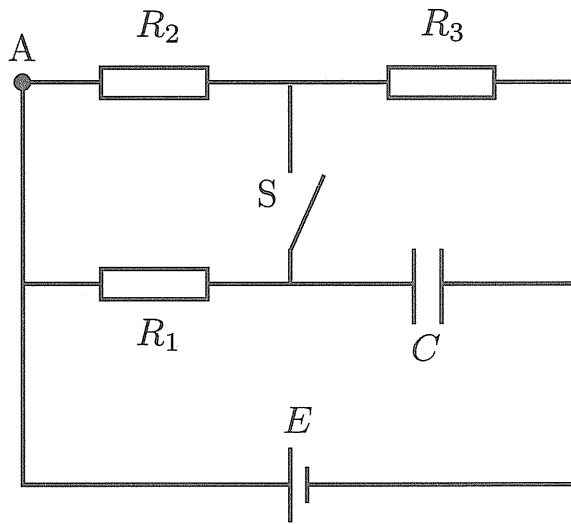


図1

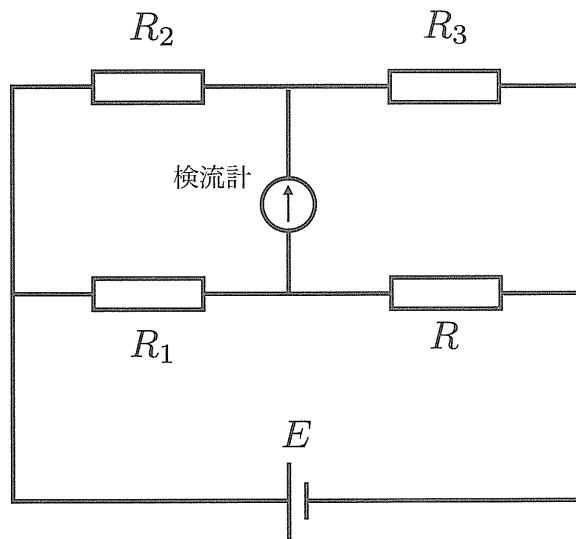


図2

第3問 ピストンがついた円筒容器内に単原子分子からなる理想気体 1 mol を密封した。気体は容器の壁を通して容器外部と熱のやり取りができる。図に示したように、気体の圧力 p と体積 V を圧力 $5p_0$ [Pa] と体積 V_0 [m³] の状態 A から圧力 p_0 [Pa] と体積 $5V_0$ [m³] の状態 B へと直線 AB に沿ってゆっくりと変化させた。気体定数を R [J/(mol · K)] として以下の問いに答えよ。

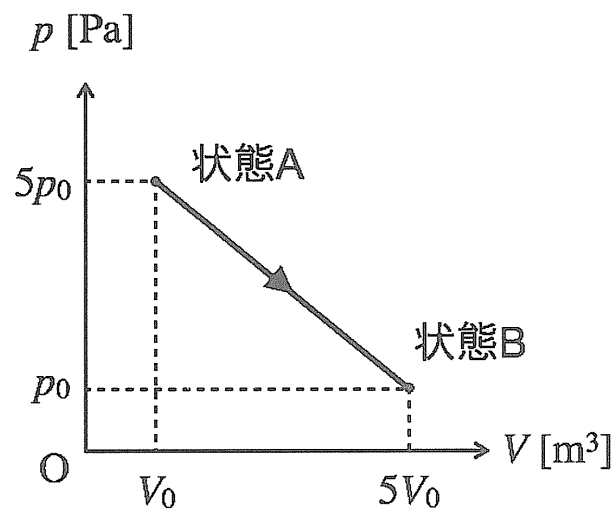
問1 状態 A から状態 B へと変化したとき、気体がした仕事 W [J] を求めよ。

問2 状態 A と状態 B における気体の絶対温度 T_A [K] と T_B [K] を求めよ。

問3 状態 A から状態 B へと変化する過程において、気体の絶対温度 T [K] を体積 V [m³] の関数として式で表せ。

問4 状態 A から状態 B へと変化する過程において、気体の内部エネルギー U [J] を体積 V [m³] の関数としてグラフを描け。

問5 状態 A から状態 B へと変化したとき、気体が吸収した熱量 Q [J] を求めよ。



第4問 図のように x 軸方向正の向きに X 線を入射し原点 O に静止している電子によって散乱させる。この散乱を光子 1 個と電子 1 個の xy 平面内の衝突と考える。入射 X 線のエネルギーを E 、運動量の大きさを P 、衝突後の X 線のエネルギーを E' 、運動量の大きさを P' 、また衝突後の電子のエネルギーを E_e 、運動量の大きさを P_e とする。X 線の散乱角を θ 、電子の散乱角を ϕ として以下の問いに答えよ。

問1 E 、 E' 、 E_e を用いてエネルギー保存則を表せ。

問2 P 、 P' 、 P_e 、 θ 、 ϕ を用いて x 軸方向と y 軸方向の運動量保存則をそれぞれ表せ。

問3 電子の質量を m とする。 E_e を P_e と m を用いて表せ。

以下では $\theta = \frac{\pi}{2}$ とする。

問4 衝突によって失われた X 線のエネルギー $E - E'$ を P 、 P' 、 m を用いて表せ。

問5 入射 X 線の波長を λ とするとき、 E および P を波長 λ 、光速 c 、プランク定数 h を用いて表せ。

問6 衝突後の X 線の波長を λ' とすると

$$\lambda' - \lambda = A \left(\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \right)$$

と表すことができる。 A を m 、 h 、 c を用いて表せ。

問7 原点に置かれた電子を陽子に換えて同じように X 線を散乱させる場合（入射 X 線のエネルギーは変えず E のままとする）、 $\theta = \frac{\pi}{2}$ の方向に散乱される X 線が衝突で失うエネルギーは、電子の場合と比較して大きくなるか小さくなるか理由を添えて答えよ。ただし、衝突前の X 線の波長 λ と衝突後の波長 λ' について近似式 $\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} \cong 2$ が成り立つものとする。

