

平成 31 年度入学者選抜試験
個別学力試験問題(前期日程)

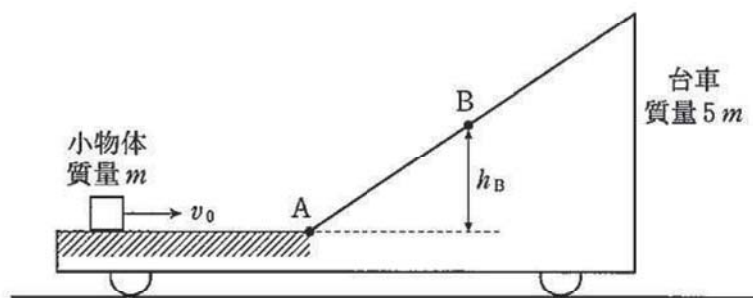
物 理

学部・学科	問 題
総合理工学部 (物理・材料工学科)	1, 2, 3, 4
総合理工学部 (物理・材料工学科を除く) 生物資源科学部	1 問 1, 2, 3, 4 問 1～問 3

注 意

1. 志望学部・学科により、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
2. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
3. 問題紙は 9 ページです。解答用紙は総合理工学部 物理・材料工学科受験生は 5 枚、総合理工学部(物理・材料工学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 4 枚です。指示があつてから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
4. 総合理工学部 物理・材料工学科受験生は、1, 2, 3, 4 の問題を、総合理工学部(物理・材料工学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は、1 問 1, 2, 3, 4 問 1～問 3 の問題を解答してください。
5. 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

- 1 下図のように、質量 m の小物体が置かれた質量 $5m$ の台車が、摩擦のない水平な床に静止している。台車の上面は、摩擦のある水平面と摩擦のない斜面からなり、水平面と斜面は A 点でなめらかにつながっている。重力加速度の大きさを g とし、台車の水平面と小物体との間の動摩擦係数を μ とする。水平方向右向きを正として、以下の問いに答えよ。なお、小物体の大きさは無視でき、観測者は床の上に静止しているものとする。



【共通問題】 問 1 はすべての受験生が解答すること。

問 1 はじめに、台車を動かないように手で押さえ、時刻 $t = 0$ で小物体を水平方向右向きに初速 v_0 で運動させたところ、小物体は時刻 $t = t_A$ において速さ $\frac{v_0}{2}$ で A 点を通過し、その後、最高点 B に達した。

- (1) 小物体が台車の水平面を運動しているときの、小物体に働くすべての力を解答用紙の図に矢印で描き、その大きさも図中に示せ。
- (2) 小物体が台車の水平面を運動しているときの、小物体の水平方向の加速度 a_1 を求めよ。
- (3) 小物体が A 点を通過する時刻 t_A を求めよ。
- (4) 時刻 $t = 0$ における小物体の位置から A 点までの距離 s_A を求めよ。
- (5) 小物体が A 点を通過するまでに摩擦によって失ったエネルギーが、 $\frac{3mv_0^2}{8}$ となることを示せ。
- (6) 最高点 B の高さ h_B を求めよ。

【選択問題】 問2は総合理工学部 物理・マテリアル工学科の受験生が解答すること。

問2 次に、問1の時刻 $t=0$ の状態にもどし、今度は台車から手をはなして、小物体を水平方向右向きに初速 v_0 で運動させたところ、台車も右向きに運動し始めた。

- (1) 最高点 B の高さ h_B は、台車を手で押さえていた場合と比べてどうなるか、理由も含めて答えよ。
- (2) 小物体が台車の水平面を運動しているときの、台車の水平方向の加速度 a_2 を求めよ。
- (3) 小物体が最高点 B に達した瞬間の、台車の水平方向の速度 v_B を求めよ。
- (4) 小物体と台車を合わせた系全体が摩擦によって失うエネルギーは、台車が静止していても、台車が運動していても変わらない。このエネルギーが運動中の力学的エネルギーの変化量に等しいことを利用して、最高点 B の高さ h_B を求めよ。

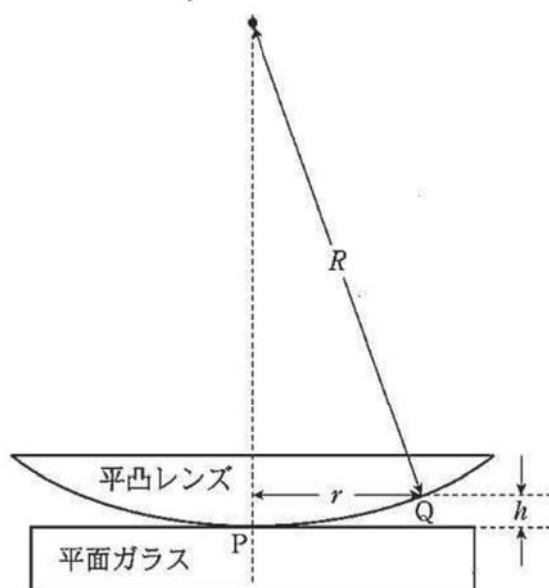
【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

2 次の文章を読んで以下の問いに答えよ。

空気中で、図のように片側が平面で他面が大きな半径 R の球面からなる平凸レンズを、球面側を下にして平面ガラス上に置く。平凸レンズは中心位置 P 点で平面ガラスに接しており、平凸レンズの平面は平面ガラスの上面と平行になっている。単色光を平面ガラスに垂直上方からあてると、同心円状の明暗の縞模様が観察できる。この同心円状の縞模様を (A) という。この現象は平凸レンズの下面で上方に反射された反射光と、平凸レンズを通り抜けて平面ガラスの上面で反射された反射光が (B) して起きる現象である。このとき、平凸レンズの下面での反射は (ア) 反射となり、光の位相は (イ)。それに対して、平面ガラスの上面での反射は (ウ) 反射となり、光の位相は (エ)。

- (1) 上記文章の空欄(A)および(B)に当てはまる適当な語句を解答欄に記入せよ。
- (2) 上記文章の空欄(ア)から(エ)に当てはまる適当な語句を、以下の a ~ d からそれぞれ一つ選んで答えよ。
a. 自由端 b. 固定端 c. ずれる d. ずれない
- (3) 図のように点 P を通る平凸レンズの中心線(図中の破線)から距離 r 離れた点 Q での平面ガラスから平凸レンズまでの空気層の厚さを h とする。点 Q で反射された光と下方の平面ガラス上面で反射された光の光路差が $\frac{r^2}{R}$ と近似できることを示せ。ただし、 h は R に比べ十分に小さいものとする。また、空気の屈折率は 1.0 とする。
- (4) (2)の内容を考慮して、同心円状の縞模様が暗くなる条件を光の波長 λ , R , r および整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。
- (5) 平面ガラスと平凸レンズの間の空間にだけ、屈折率 n の液体を完全に満たした。このときの光路差を n , R と r を用いて表せ。ただし、 n は平面ガラスと平凸レンズの屈折率よりも小さいものとする。

- (6) レンズの中心から数えて15番目の暗い同心円状の縞模様(暗環)の半径が液体を満たす前は4.8 mmであった。液体を満たしたところ、この暗環の半径は4.0 mmになった。液体の屈折率 n を有効数字2桁まで求めよ。ただし、暗環の幅は無視できるものとする。



【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

3 ピストンでシリンダーに封入された1 molの単原子分子理想気体を考える。このときの理想気体の体積は V_0 [m^3]となり、圧力と温度は外部の気体の圧力 p_0 [Pa]と温度 T_0 [K]に等しいとする。この状態を初期状態として以下の過程A, B, Cをこの順番で行った。この一連の過程に関して以下の問いに答えよ。なお、ピストンとシリンダーの熱容量は無視できるものとし、ピストンとシリンダー間の摩擦も無視できるものとする。また、理想気体の気体定数、定積モル比熱と定圧モル比熱はそれぞれ R [J/(mol·K)], C_v [J/(mol·K)], C_p [J/(mol·K)]とする。

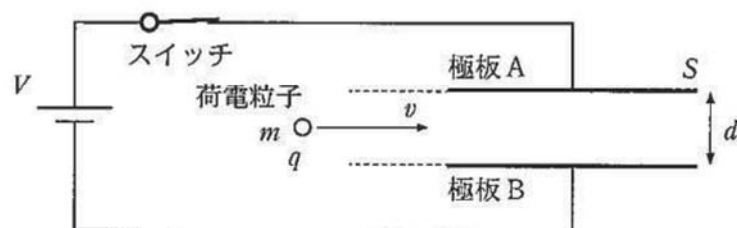
過程A 理想気体の温度が変化しないように体積が V_0 の半分となるまで十分時間をかけてピストンを押し込んだ。この過程により理想気体の圧力は p_1 [Pa]となった。

過程B 理想気体の体積が V_0 になるまで急激にピストンを引き出した。この過程による理想気体と外部の気体との間に熱量の移動はないものとする。この過程により理想気体の温度と圧力はそれぞれ T_2 [K]と p_2 [Pa]となった。

過程C ピストンを固定したまま理想気体の温度が外部の温度と等しくなるまで待った。この過程により理想気体の温度と圧力は初期状態に戻った。

- (1) 過程 A から C における理想気体の体積 $V(\text{m}^3)$ と圧力 $p(\text{Pa})$ の変化を解答用紙の p - V グラフに描け。また、グラフ中に各過程に対応する記号 A, B, C を記入せよ。
- (2) T_0 と T_2 の大小関係を示し、理由を述べよ。
- (3) 理想気体の圧力 $p_1(\text{Pa})$ を R, C_v, C_p, V_0 と p_0 のうち必要なものを用いて示せ。
- (4) 過程 A において理想気体に対して $W_1(\text{J})$ の仕事が行われた。この過程において外部から理想気体へ移動した熱量 $Q_1(\text{J})$ 、および理想気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_1(\text{J})$ を R, C_v, C_p, W_1, V_0 と p_0 のうち必要なものを用いて示せ。
- (5) 過程 B において理想気体が外部へ行った仕事 $W_2(\text{J})$ 、外部から理想気体へ移動した熱量 $Q_2(\text{J})$ 、および理想気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_2(\text{J})$ を $R, C_v, C_p, W_1, T_0, T_2, V_0$ と p_0 のうち必要なものを用いて示せ。
- (6) 過程 C において理想気体が外部へ行った仕事 $W_3(\text{J})$ 、外部から理想気体へ移動した熱量 $Q_3(\text{J})$ 、および理想気体の内部エネルギーの変化量 $\Delta U_3(\text{J})$ を $R, C_v, C_p, W_1, T_0, T_2, V_0$ と p_0 のうち必要なものを用いて示せ。

- 4 下図に示すように、真空中に置かれた極板間距離 d (m)、面積 S (m^2)の平行極板 A, B に電圧 V (V)を加え、極板 AB 間に一様な電場をかけた。真空の誘電率を ϵ_0 ($\text{C}/(\text{V} \cdot \text{m})$)とし、極板の端の影響は無視できるものとする。また問 2 以降では、重力や地磁気の影響、荷電粒子の大きさ、荷電粒子が極板間に入ることによって起こる電場の変化も無視できるものとする。



【共通問題】 問 1, 問 2, 問 3 はすべての受験生が解答すること。

問 1 上図のように、平行に置かれた極板 A, B は平行板コンデンサーとみなせる。以下の問いに答えよ。

- (1) 平行板コンデンサーの電気容量 C (F)として適当なものを、以下のア～カから一つ選んで答えよ。

ア. $\epsilon_0 d S$	イ. $\frac{\epsilon_0 S}{d}$	ウ. $\frac{\epsilon_0 d}{S}$
エ. $\frac{d S}{\epsilon_0}$	オ. $\frac{\epsilon_0}{d S}$	カ. $\frac{S}{\epsilon_0 d}$

- (2) 極板 AB 間の電場の強さとして適当なものを、以下のア～カから一つ選んで答えよ。

ア. $V d$	イ. $\frac{d}{V}$	ウ. $\frac{V}{d}$
エ. $\frac{V}{S}$	オ. $\frac{V d}{S}$	カ. $\frac{V S}{d}$

問 2 次に前ページの図に示すように極板間距離を二等分する位置に左から極板と平行に速さ v (m/s) で、質量 m (kg)、電荷 q (C) (ただし $q > 0$) の荷電粒子を入射させた。以下の問いに答えよ。

- (1) 入射直後、極板 AB 間の電場から荷電粒子が受ける静電気力 \vec{F}_E を解答用紙の図に矢印で描き、その力の大きさ F_E (N) を求めよ。
- (2) 入射後の荷電粒子の軌跡の概形を解答用紙の図に実線で描け。また軌跡がそのようになる理由を極板と平行方向および垂直方向の速度と加速度に注目して説明せよ。
- (3) 入射後の荷電粒子の運動エネルギーの変化として適当なものを、以下のア～ウから一つ選んで答えよ。
ア. 増加する イ. 減少する ウ. 変わらない

問 3 問 2 と同様の電場をかけた状態で、さらに極板 AB 間に磁束密度の大きさ B (T) の一様な磁場をかけると、極板 AB 間に入射した荷電粒子を直線運動させることが可能である。以下の問いに答えよ。

- (1) 荷電粒子を直線運動させるためにかける磁場の向きとして適当なものを、以下のア～カから一つ選んで答えよ。
ア. 紙面に平行で右から左 イ. 紙面に平行で左から右
ウ. 紙面に平行で上から下 エ. 紙面に平行で下から上
オ. 紙面に垂直で手前から奥 カ. 紙面に垂直で奥から手前
- (2) この磁場から荷電粒子が受けるローレンツ力 \vec{F}_B の大きさ F_B (N) を求めよ。
- (3) 荷電粒子を直線運動させるのに必要な磁束密度の大きさ B を求めよ。

【選択問題】 問4は総合理工学部 物理・材料工学科の受験生が解答すること。

次にスイッチを切り極板AB間に加えられていた電圧 V をゼロにし、十分に時間をおいて電場を取り除いた後、極板AB間に問3と同じ方向で、同じ磁束密度の大きさ B の一様な磁場のみをかけた。

問4 極板間距離を二等分する位置に左から極板と平行に速さ v で、質量 m 、電荷 q の荷電粒子を再び入射させた。以下の問いに答えよ。

- (1) 荷電粒子は問2の電場のみが加えられていたときとは異なる運動をした。入射後の荷電粒子の軌跡の概形を解答用紙の図に実線で描け。また軌跡がそのようになる理由を、ローレンツ力 \vec{F}_B の向きや大きさが問2の静電気力 \vec{F}_E と比べてどのように違うかに注目して説明せよ。
- (2) 入射後の荷電粒子の運動エネルギーの変化として適当なものを、以下のア～ウから一つ選んで答えよ。
ア. 増加する イ. 減少する ウ. 変わらない