

平成 27 年度 入試
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(物質科学科)	<input type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> 2, <input type="checkbox"/> 3, <input type="checkbox"/> 4 問 1, 問 2
総合理工学部(物質科学科を除く) 生物資源科学部	<input type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> 2, <input type="checkbox"/> 3, <input type="checkbox"/> 4 問 1

注 意

- 志望学部・学科により、問題、解答用紙が異なるので、解答前に確認してください。
- 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 問題紙は 8 ページ、解答用紙は総合理工学部物質科学科受験生は 7 枚、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 6 枚です。指示があってから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
- 総合理工学部物質科学科受験生は 1, 2, 3, 4 問 1, 問 2 の問題を、総合理工学部(物質科学科を除く)受験生、生物資源科学部受験生は 1, 2, 3, 4 問 1 の問題を解答してください。
- 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。
- 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
- 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

1

地上で重力が働くものとして、次の問いに答えよ。

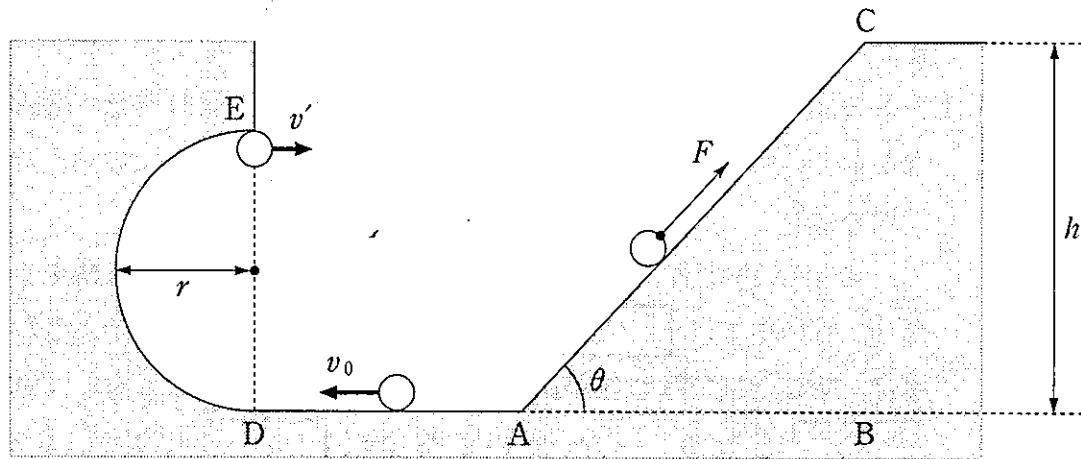
問 1 次の(1)~(5)の場合の仕事は 正、負、0 のいずれであるか答えよ。

- (1) 荷物を手で支えて静止させている。このときに、支える力がした仕事。
- (2) 荷物を静かに下ろしたときに、荷物をもつ力がした仕事。
- (3) 荷物を静かにもち上げたときに、荷物をもつ力がした仕事。
- (4) 水平に走行している電車に働く重力がした仕事。
- (5) 走っていた電車が停車したときに、電車に働く摩擦力がした仕事。

問 2 図のように、斜面ACと半円筒の内面DEが水平面ADとつながっている。小物体の質量を $m[\text{kg}]$ 、斜面頂上までの高さを $h[\text{m}]$ 、半円筒の半径を $r[\text{m}]$ とし、次の問いに答えよ。ただし、重力加速度を $g[\text{m/s}^2]$ とし、摩擦、空気抵抗および紙面奥行き方向への運動はないものとする。

- (1) 小物体を斜面ACに沿って引き上げるのに必要な力の大きさ $F[\text{N}]$ を求めよ。
- (2) 小物体を斜面ACに沿ってAからCまで引き上げる仕事 $W[\text{J}]$ を求めよ。
- (3) 斜面を使わず、小物体を鉛直上方へBからCまでもち上げる仕事 $W'[\text{J}]$ を求めよ。
- (4) 水平面ADから、半円筒の内面に向かって小物体を水平方向に速さ $v_0[\text{m/s}]$ ですべらせた。その後、小物体は半円筒の内面に接しながらすべり最高点Eに達した。この最高点Eにおける小物体の速さ $v'[\text{m/s}]$ を求めよ。
- (5) 小物体が最高点Eに達したとき、小物体が受ける垂直抗力の大きさ $N'[\text{N}]$ を求めよ。
- (6) 小物体が半円筒の内面に接しながらすべり最高点Eに達するためには、 v_0 がある大きさ $v_m[\text{m/s}]$ 以上必要である。 v_m を求めよ。

(7) 静止した小物体が C から転がらずになめらかにすべり、水平面 AD を通って半円筒の内面に接しながらすべり最高点 E に達するには、半円筒の半径 r と斜面頂上までの高さ h の間にどのような関係が成り立つ必要があるか求めよ。ただし、小物体は斜面 AC の C から水平面 AD になめらかに達するものとする。



【共通問題】 この問題はすべての受験生が解答すること。

2

図1のように一端がピストンにより閉じているガラス管の開口端O付近に音源を設置した。次の問い合わせに答えよ。

問 1 音源から周波数 f_0 [Hz]の音を出し続けた。ピストンをOからゆっくり移動させていくとOから l_0 [m]の距離の点P₁において音が大きくなつた。また、さらにピストンを移動していくとP₁から l_1 [m]だけ離れた点P₂で音が大きくなつた。

- (1) 下の文章はこの実験に関する記述である。下から正しい語句を選択し、(A)から(E)の空欄を埋めよ。また、(ア)から(エ)の空欄を適当な数字または記号で埋めよ。

P₁およびP₂で音が大きくなるのは管の中の空気が固有振動するためであり、管の中では(A)の定常波が生じている。図1のような閉管の場合、閉じた端では空気が振動できないので(B)反射し、定常波の(C)となる。一方、開いた端では(D)反射し、定常波の(E)となる。ピストンをさらにP₂から右へ移動させていくとP₂より(ア)[m]だけ離れたP₃において音が大きくなると考えられる。ピストンがP₁のときの振動では節の数は(イ)つであり、P₂のときの振動では節の数は(ウ)つ、P₃のときでは節の数は(エ)つになる。

(A)から(E)の選択肢：横波、縦波、固定端、自由端、腹、節

- (2) 音源の周波数 f_0 を、音速 v [m/s]、P₁P₂間の距離 l_1 を用いて式で表せ。
- (3) 定常波は開口端よりも少し外側から生じている。この位置と管の端までの距離を開口端補正と呼ぶ。開口端補正 Δl [m]を、OP₁間の距離 l_0 とP₁P₂間の距離 l_1 を用いて式で表せ。

問 2 ピストンをP₁に固定し、音源の周波数を f_0 からゆっくり増加させたところ、周波数が f_1 [Hz]のときにはじめて固有振動が起こり、音が大きくなつた。さらに周波数を上げていくと、いくつかの特定の周波数で固有振動が起つた。 n 番目に固有振動が起こる周波数を f_n [Hz]とする。また、開口端補正 Δl は音源の周波数によらず一定であるものとする。

- (1) f_1 を開口端補正 Δl , OP_1 間の距離 l_0 および音速 v を用いて式で表せ。
- (2) f_n を $n (= 0, 1, 2, 3, \dots)$, Δl , l_0 および v を用いて式で表せ。
- (3) 周波数が f_n のとき, O からはじめの節までの距離を x_n ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$) [m] とする。 x_n を n , Δl , l_0 を用いて式で表せ。
- (4) x_n の変化の様子を見るために、図 2 のように、横軸を n , 縦軸を x_n に $2n + 1$ をかけて l_0 で割った値としたグラフを描く。図 2 では、適当な大きさの Δl を想定して、 $n = 0$ および $n = 1$ のときの点が描かれている。グラフの点から Δl の大きさを求めよ。
- (5) 解答用紙に図 2 のグラフがある。これに $n = 2, 3, 4$ のときの点を描け。

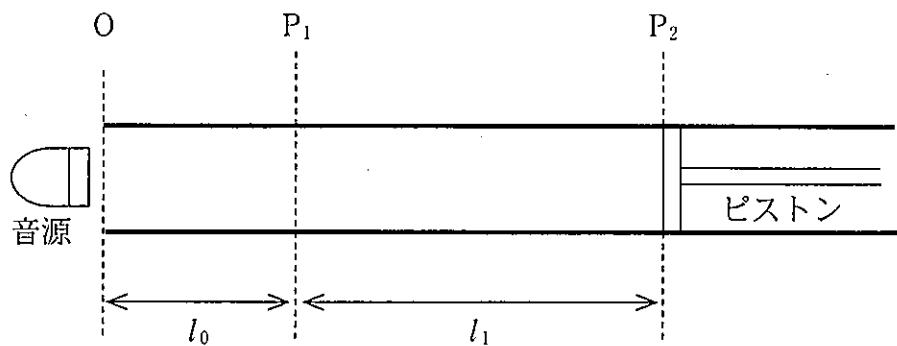


図 1

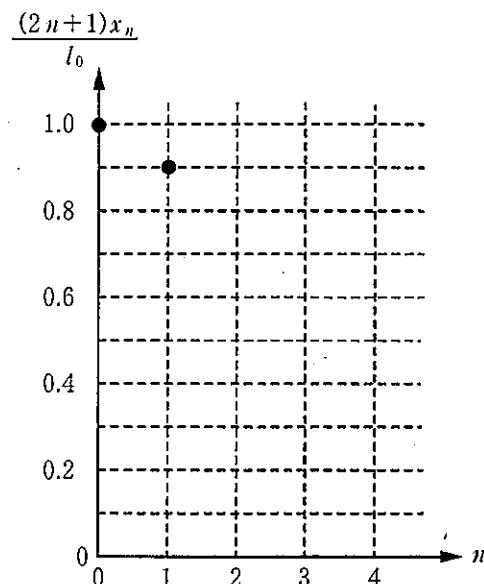


図 2

【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 の理想気体を考える。以下、気体が圧力 P [Pa] および体積 V [m³] の状態のときに、これを (P, V) と表す。

はじめに、気体は状態 A (P_1, V_1) かつ温度 T_1 [K] にあった。体積一定のままで気体に外部から熱量 Q_1 [J] を与えて状態 B (P_2, V_1) にした。次に気体の温度を一定に保って熱量 Q_2 [J] を与え状態 C (P_3, V_2) にした。次に気体を断熱膨張させて状態 D (P_1, V_3) とした。さらに気体の圧力を一定にして熱量 Q_3 [J] を放出させ状態 A に戻した。ただし、 Q_1, Q_2, Q_3 は正の値をもつ。次の問い合わせに答えよ。

問 1 縦軸を圧力 P 、横軸を体積 V としたグラフを考え、次の問い合わせに答えよ。

- (1) 状態 A → B → C → D → A のサイクルを考えることによって、 P_1, P_2, P_3 および V_1, V_2, V_3 の大小関係を、それぞれ不等号を用いて答えよ。
- (2) 状態 B での温度 T_2 [K] および状態 D での温度 T_3 [K] を与えられた記号を用いて表せ。

問 2 状態 A → B および B → C の各過程において気体が外部にした仕事および内部エネルギーの変化をそれぞれ求めよ。

問 3 状態 C → D および D → A の各過程において気体が外部にした仕事および内部エネルギーの変化をそれぞれ求めよ。ただし、気体定数を R [J/(mol·K)]、温度を T [K] とすると、1 mol の理想気体の内部エネルギー U [J] は $U = \frac{3}{2}RT$ と表せる。

問 4 状態 A → B → C → D → A のサイクルを熱機関とみなす。次の問い合わせに答えよ。

- (1) 気体が外部にした仕事の総和を Q_1, Q_2, Q_3 を用いて表せ。
- (2) この熱機関の熱効率を求めよ。

4

次の問い合わせよ。

【共通問題】 問1はすべての受験生が解答すること。

問1 図1のように、真空中に磁束密度 B (Wb/m^2) の一様な鉛直上向き(紙面の裏から表向き)の磁場がある。装置Xは、電荷 $-e$ (C)、質量 m (kg) をもつ電子を、水平方向に速さを指定してSあるいはTからそれぞれ矢印の方向へ発射することができる。Xによる磁場、重力の影響は無視できるとする。

- (1) 装置Xから発射された電子が、図1の点Oを中心とする水平面内の半径の長さが l [m] の円軌道をまわる運動をするためには、電子をSかTのどちらから発射すべきか答えよ。
- (2) 電子が半径 l の一定の速さで円軌道をまわる運動(以下、等速円運動とよぶ)をするとき、Xから発射される電子の速さ u [m/s] を求めよ。
- (3) 電子が(2)と同じ円軌道を半周するのに要する時間 T [s] を求めよ。
- (4) (ア) 電子が半径 $\frac{l}{2}$ の等速円運動をするようにXから発射する電子の速さを変えた。このとき、電子が円軌道を半周するのに要する時間 T' [s] を求めよ。
(イ) 次に、電子が半径 $2l$ の等速円運動をするようにXから発射する電子の速さを変えた。このとき、電子が円軌道を半周するのに要する時間 T'' [s] を求めよ。

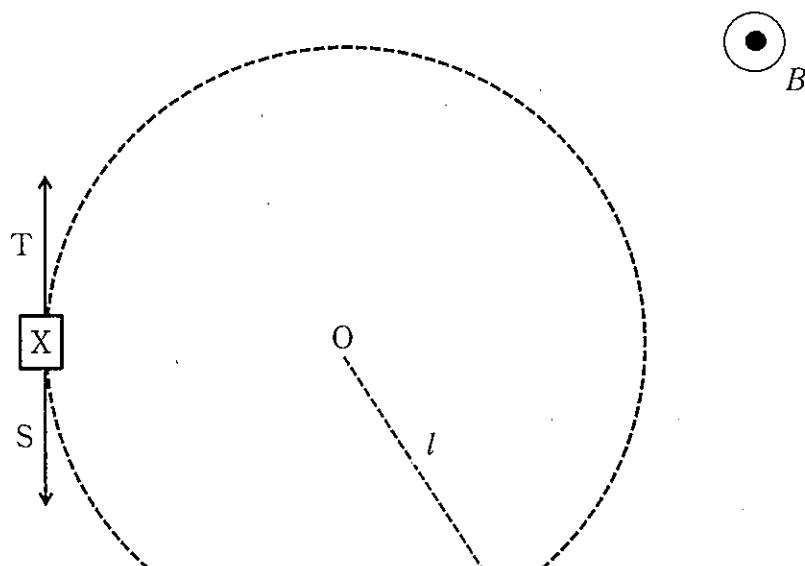


図1

【選択問題】 問 2 は総合理工学部物質科学科受験生が解答すること。

問 2 次に、同じ磁場中に、図 2 のように半径 l [m] の半円形の導線 GF と辺の長さ l で一边が欠けた正方形の導線 OHDG を組み合わせた回路を水平面内に置く。金属棒 OP は P で導線に抵抗ゼロで常に接していて、円形導線の中心 O を支点として、P が図中の矢印の向きに一定の速さ v [m/s] で G から F まで回転する。H と D の間には、電流計 A と大きさが R [Ω] の抵抗が設置されていて、閉回路 GPOHD ができている。金属棒、導線の抵抗、電流計の内部抵抗、回路に流れる電流が作る磁場や電子に働く遠心力はすべて無視できるとする。 $\angle POG$ を θ とする。

- (1) 金属棒が微小な時間 Δt [s] の間に、図に示すように微小な角度 $\Delta\theta$ だけ回転したとする。 $(\Delta\theta \text{ と } \Delta t \text{ の間には, } l\Delta\theta = v\Delta t \text{ の関係が成り立つ})$ このときの GPOHD の囲む面積の変化分 ΔS [m^2], 閉回路 GPOHD を貫く磁束の変化分 $\Delta\Phi$ [Wb], 閉回路 GPOHD に生じる起電力の大きさ V [V] を、それぞれ B , v , l , Δt を用いて表せ。
- (2) 電流計 A に流れる電流の大きさを求めよ。また、電流の向きは、H から D の向きか、D から H の向きのどちらかを答えよ。
- (3) 次に、この物理現象を、金属棒内部の自由電子に注目して考察しよう。この電子は、金属棒とともに磁場中を動くので、電子にはローレンツ力が働く。O から距離 r [m] 離れた金属棒中の点 Y の自由電子に働くローレンツ力の大きさを求め、その向き(P から O の向きか, O から P の向きのどちらか)を答えよ。 $(P \text{ が } v \text{ の速さで動くとき } Y \text{ の速さは } \frac{rv}{l} \text{ で与えられる})$ また、この力が金属棒中に電場 E [N/C] が生じたことにより働いたと考えたとき、Y に生じる電場 E の大きさと r の関係を $0 \leq r \leq l$ の範囲でグラフに描け。
- (4) Y に電場 E が生じているとすると、 r から $r + \Delta r$ の微小な長さ Δr には、起電力 $\Delta V = E\Delta r$ が生じる。このことは、OP 間の起電力 V_{OP} [V] が、(3)で求めたグラフの電場 E の線とグラフの横軸($E = 0$)の直線と $r = l$ の直線が囲む面積であることを示している。 V_{OP} を求め、問 2(1)の結果と比較せよ。

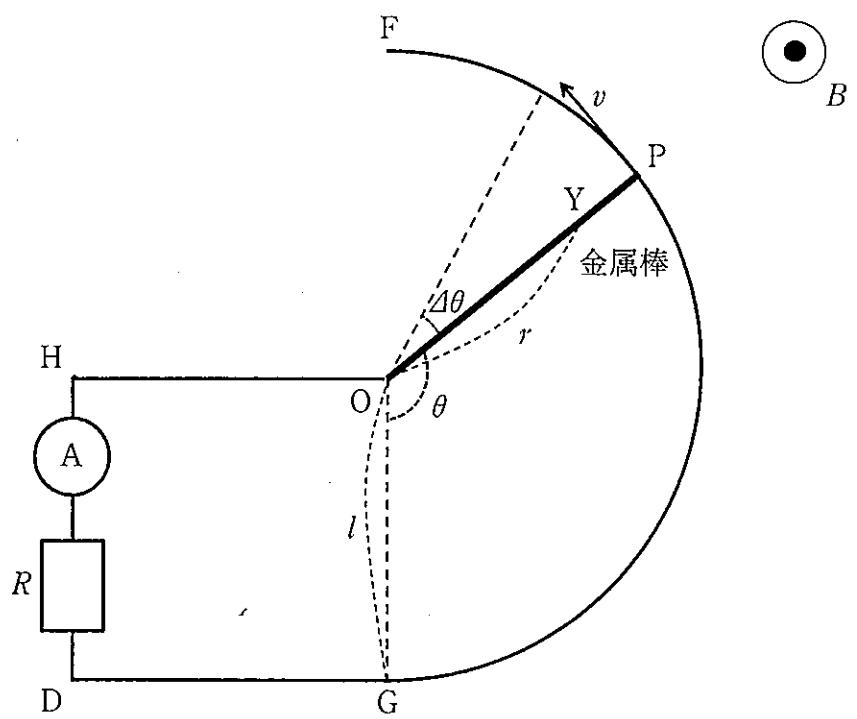


図 2