愛媛大学

物理

問題

2014年度入試

【学部】 教育学部、理学部、医学部、工学部、農学部

【入試名】 前期日程

【試験日】 2月25日

【問題解答前の確認事項】

〔注意〕 医は1，4のみ，他は1～4を解答する。

1 以下の設問に答えよ。

図１に示すように，水平な床の上に滑らかに動く質量 $3m$ の台車が置かれている。台車には水平に対して角度 θ をなす斜面Ａ，水平面Ｂ，斜面Ｃがあり，台車の片方の側面は，鉛直な壁に接している。斜面Ａの上で，水平面Ｂからの高さが h の地点から，質量 m の小球を静かに放した。小球は常に台車と接して運動し，小球や台車にはたらく空気抵抗や摩擦力は無視できるものとする。重力加速度の大きさを g とする。

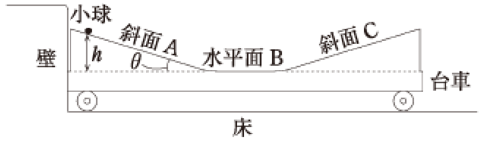

図１

問１　小球が斜面Ａを下っている。

(1)　小球の加速度の大きさはいくらか。

(2)　壁が台車を押す力の大きさはいくらか。

問２　小球が斜面Ａを下り終えた。

(1)　小球が斜面Ａを下り終えるまでに，斜面Ａから受ける垂直抗力が小球にする仕事はいくらか。

(2)　斜面Ａを下り終えた時の小球の速さはいくらか。

(3)　小球が斜面Ａを下り終えるまでに要した時間はいくらか。

問３　小球は水平面Ｂを通過し，斜面Ｃを上りだすと，台車が動きだした。その後，小球は台車に対して一瞬静止した。

(1)　小球が一瞬静止した時点での床に対する台車の速さはいくらか。

(2)　小球が一瞬静止した位置は水平面Ｂよりいくら高いか。

(3)　この間に，小球が台車を押す力のした仕事はいくらか。

問４　小球は斜面Ｃを下り終え，再び水平面Ｂ上を運動している。

(1)　床に対する台車の速さはいくらか。

(2)　床に対する小球の速さはいくらか。

2 問1と問2の空欄［(ア)］から［(ケ)］に入る適切な式を答えよ。［(コ)］には，「する」か「しない」のどちらかを答えよ。

問1　図1のように，電圧 V〔V〕の電池 E_1 と E_2，電気容量 C〔F〕のコンデンサー C_1 と C_2，およびスイッチ S_1 と S_2 を接続する。はじめ，スイッチは開いた状態であり，コンデンサーは電荷を蓄えていないものとして，次の操作(1)から(3)を順に行う。

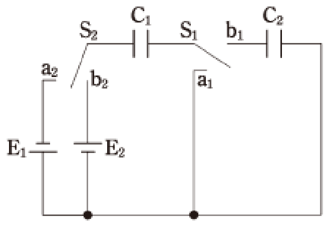

図1

操作(1)　スイッチ S_1 を a_1，スイッチ S_2 を a_2 に順に接続した。コンデンサー C_1 の右側の極板に蓄えられる電荷は，

$Q=$［(ア)］〔C〕

である。

操作(2)　スイッチ S_1 を b_1，スイッチ S_2 を b_2 に順に接続した。このとき，コンデンサー C_1 の右側の極板および C_2 の左側の極板に蓄えられている電荷をそれぞれ Q_1，Q_2 とすると，$Q=Q_1+Q_2$ である。一方，キルヒホッフの第2法則より，V を Q_1，Q_2，C で表すと，

$V=$［(イ)］〔V〕

である。よって Q_1，Q_2 を C，V を用いて表すと，

$Q_1=$［(ウ)］〔C〕，$Q_2=$［(エ)］〔C〕

である。

操作(3)　スイッチ S_1 を a_1，スイッチ S_2 を a_2 に順に接続したあと，スイッチ S_1 を b_1，スイッチ S_2 を b_2 に順に接続した。コンデンサー C_1 の右側の極板に蓄えられている電荷を，C，V を用いて表すと，［(オ)］〔C〕であり，コンデンサー C_2 の左側の極板に蓄えられている電荷を C，V を用いて表すと，［(カ)］〔C〕である。このとき，コンデンサー C_2 の極板間の電圧を，V を用いて表すと，［(キ)］〔V〕となっている。

問2　図2に示すように，真空中に，十分長い導線を軸として自由に回転できる磁気を帯びないプラスチック製の円板がある。一辺 a〔m〕の正方形 ABCD の回路が，円板上に固定されている。辺 AB および辺 CD は軸と平行で，軸から辺 AB および辺 CD への距離は b〔m〕である。回路 ABCD に図の向きで電流 I_1〔A〕が流れている。円板の軸に電流 I_2〔A〕を上向きに流したとき，円板は回転するかどうかを考える。ただし，真空の透磁率を μ_0〔N/A^2〕とする。

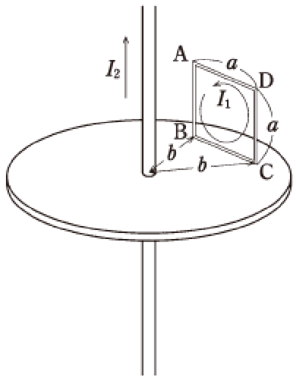

図2

(1)　電流 I_2 によって，辺 AB 上に発生する磁場の強さは，［(ク)］〔A/m〕である。

(2)　辺 AB が，電流 I_2 から受ける力の大きさは，［(ケ)］〔N〕である。

(3)　円板は回転［(コ)］。

3 以下の設問に答えよ。

問１　以下の文章中の $\boxed{(ア)}$ から $\boxed{(キ)}$ に入る適切な数値，または語句を答えよ。数値を記入する場合は，四捨五入して小数点第一位まで示せ。

時刻 $t=0\,\mathrm{s}$ で，位置 x〔m〕における変位 y〔m〕が図１のように表されるパルス波が，形を変えることなく x 軸の正の向きに一定速度で移動し，その後，$x=20.0\,\mathrm{m}$ の位置で反射し，x 軸の負の向きに戻った。この間，$x=8.0\,\mathrm{m}$ の位置に固定された計測器で，その位置の波の高さを測定したところ，図２に示すような時刻と変位との関係を示すグラフが得られた。計測による波形の乱れはないものとする。

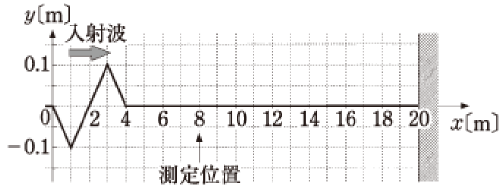

図１

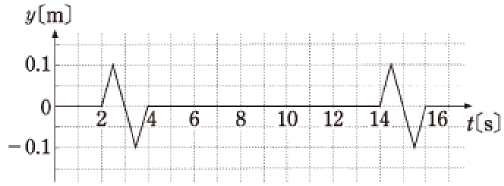

図２

(1)　このときのパルス波の移動速度は $\boxed{(ア)}$ m/s である。

(2)　パルス波は，$x=20.0\,\mathrm{m}$ の位置で $\boxed{(イ)}$ 端反射をしている。

(3)　入射波と反射波との干渉により，パルス波が x 軸上から一瞬消えてしまう時刻は，$t=\boxed{(ウ)}$ s である。

(4)　$x=8.0\,\mathrm{m}$ の位置に固定されていた計測器を，時刻 $t=0\,\mathrm{s}$ からパルス波の速度の半分で x 軸の正の向きに動かした。このとき測定した変位の時間変化を図３に示す。図中の矢印で示された時刻は，それぞれ，

$t_1=\boxed{(エ)}$ s，$t_2=\boxed{(オ)}$ s

$t_3=\boxed{(カ)}$ s，$t_4=\boxed{(キ)}$ s

である。

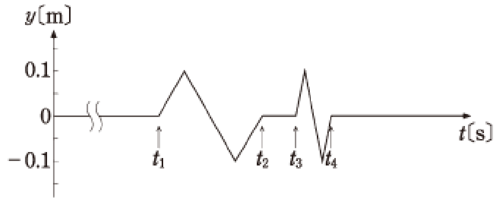

図３

問２　厚さ d，屈折率 $n(n>1)$ の薄膜が空気中にあるとし，図４のように入射角 θ で波長 λ の可視光線が入射する。以下の問いに答えよ。ただし，空気の屈折率は１とする。

(1)　距離 $\overline{\mathrm{BC}}$ を，薄膜の厚さ d，屈折率 n，屈折角 ϕ を用いて表せ。

(2)　薄膜の中を通り A → D → C → P という経路をとる光と，C で反射され B → C → P という経路をとる光に対する光路差 $L=n(\overline{\mathrm{AD}}+\overline{\mathrm{DC}})-\overline{\mathrm{BC}}$ を，d，n，ϕ を用いて表せ。

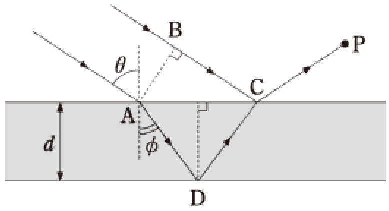

図４

(3)　上記の光路差 L が波長 λ の $\left(\text{整数}+\dfrac{1}{2}\right)$ 倍であれば光は強め合うことが知られている。今，入射角 $\theta=45^\circ$ のときに，反射光が強め合うのが肉眼で観測された。薄膜の厚さ $d=\dfrac{\sqrt{6}}{2}\times10^{-7}\,\mathrm{m}$，屈折率 $n=\sqrt{2}$ として以下の問いに答えよ。

(i)　屈折角 ϕ の値はいくらか。

(ii)　光の波長 λ の値はいくらか。ただし，可視光線の波長領域を，$3.5\times10^{-7}\,\mathrm{m}$ から $7.0\times10^{-7}\,\mathrm{m}$ とする。

4 以下の文章中の $\boxed{\text{(ア)}}$ から $\boxed{\text{(コ)}}$ に入る適切な式，または語句を答えよ。

図 1 のように可動壁で仕切られた容器内に，絶対温度 T，体積 V の理想気体がある。圧力を外圧 p に保ったまま，この気体に熱量 Q を与えて加熱した。それ以外の外部との熱のやり取りはないと仮定する。また，この気体の内部エネルギーは CT で与えられるものとする。ただし，C は定数である。さらに一定圧力の下でのこの気体の熱容量を C_0 とし，一定値であるとする。加熱後は図 2 のように気体の絶対温度，体積はそれぞれ $T+\Delta T$，$V+\Delta V$ となった。ここで熱容量の定義より Q，C_0，ΔT の間には，$\boxed{\text{(ア)}}$ の関係がある。また，熱力学第 1 法則から Q，p，C，ΔT，ΔV の間には，$\boxed{\text{(イ)}}$ という関係式が導かれる。一方，理想気体が定圧変化を受ける際，絶対温度と体積の比が一定になるという $\boxed{\text{(ウ)}}$ の法則より，V，ΔV，T，ΔT の間には $\boxed{\text{(エ)}}$ が成立する。3 つの式 $\boxed{\text{(ア)}}$，$\boxed{\text{(イ)}}$，$\boxed{\text{(エ)}}$ から Q，ΔV，ΔT を消去することによって次の関係式が導かれる。

$$C_0-C=\boxed{\text{(オ)}}$$

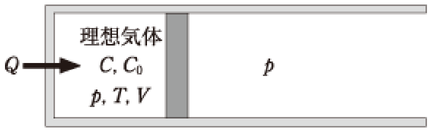

図 1

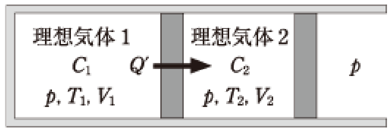

図 3

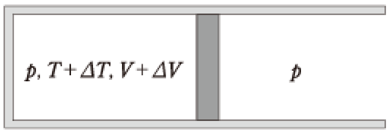

図 2

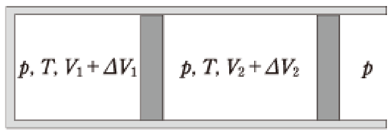

図 4

次に 2 種類の理想気体 1，2 を考える。それらの一定圧力の下での熱容量をそれぞれ C_1，C_2 とする。図 3 のように 2 つの可動壁で仕切られた容器内にこれらの理想気体があり，いずれも圧力は一定値 p に保たれている。はじめ，気体 1，2 の体積，絶対温度はそれぞれ V_1，T_1，および V_2，T_2 であり，気体 1 の方が高温 ($T_1>T_2$) であった。気体 1，2 を仕切る可動壁のみが熱を通し，それ以外の熱のやり取りはない。このとき気体 1 から気体 2 へ Q' の熱量が移動して熱平衡状態に達した。結果として図 4 のように絶対温度は両気体とも T となり，体積は，それぞれ $V_1+\Delta V_1$，$V_2+\Delta V_2$ となった。このとき 2 つの気体に対し $\boxed{\text{(ア)}}$ と同様の関係式が成立するので，T と Q' について解くと

$$T=\boxed{\text{(カ)}},\quad Q'=\boxed{\text{(キ)}}$$

を得る。また $\boxed{\text{(エ)}}$ と同様の関係式より，C_1，C_2，V_1，V_2，T_1，T_2 を用いて

$$\Delta V_1=\boxed{\text{(ク)}},\quad \Delta V_2=\boxed{\text{(ケ)}}$$

を得る。これより図 4 のように，$\Delta V_1+\Delta V_2>0$ となる条件は，次の式

$$\boxed{\text{(コ)}}$$

で与えられる。