物　　　　　理 (120分)

(令和５年度　後期日程)

注　意　事　項

1．試験開始の合図があるまで，この問題冊子を開いてはいけません。
2．この冊子は全部で８ページから成っています。表紙を開くと白紙があります。さらに，その白紙を開いた左のページから１ページ目の問題がはじまります。印刷が不鮮明な場合，又はページの脱落に気付いたときは，申し出てください。
3．解答用紙は２枚です。
4．解答は必ず解答用紙の指定された欄に記入してください。
5．解答用紙には必ず受験番号，氏名を記入してください。記入を忘れたとき，あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがあります。
6．解答用紙の解答欄に，関係のない文字，記号，符号などを記入してはいけません。
7．解答は200点満点で採点され，海事システム工学科は採点結果の1.5倍が得点になります。
8．試験終了後，問題冊子は持ち帰ってください。

E－M－４

補　足　説　明

物　理

5ページ　第3問

　上から1行目の後に次の文を加える。

「必要であれば円周率をπとしなさい。」

[1]（配点 50 点）次の文章の中の $\boxed{}$ にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。重力加速度の大きさを g とする。

質量 m の小球 A と，質量 M の小球 B の同一の鉛直線上での運動について考える。小球 A は水平な床からの高さ $2h$，小球 B は床からの高さ h の位置に保持されている。小球と床，および小球同士の衝突の反発係数は 1 である。速度は上向きを正とし，空気抵抗は無視できるものとする。

小球 A と B を同時に静かに落下させたところ，小球 B は水平な床ではね返った。はね返った直後の小球 B の小球 A に対する相対速度の大きさは $\boxed{\text{解答欄(1)}}$ である。その後，小球 A と B は弾性衝突した。小球 A と B が運動を始めてから衝突するまでの時間は $\boxed{\text{解答欄(2)}}$ であり，衝突した位置の床からの高さは $\boxed{\text{解答欄(3)}}$ である。衝突直前の小球 A の速度は $\boxed{\text{解答欄(4)}}$，B の速度は $\boxed{\text{解答欄(5)}}$ であり，衝突直後の小球 A の速度は $\boxed{\text{解答欄(6)}}$，B の速度は $\boxed{\text{解答欄(7)}}$ である。

$M = 3m$ の場合を考える。小球 A と B の最初の衝突後，小球 A が到達する最高点の床からの高さは $\boxed{\text{解答欄(8)}}$ であり，小球 B が床に再び衝突する直前の小球 B の速度は $\boxed{\text{解答欄(9)}}$ である。

[2] （配点 50 点）次の文章の中の $\boxed{}$ にあてはまる数値または式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし，$\boxed{\text{解答欄(vi)}}$ については，答えに至るまでの説明も書きなさい。また，$\boxed{\text{解答欄(i)}}$ から $\boxed{\text{解答欄(iv)}}$ および $\boxed{\text{解答欄(vi)}}$ は小数点以下 1 桁の数値で，$\boxed{\text{解答欄(v)}}$ は整数で答えなさい。

(A) 重力加速度を 9.8 m/s^2 とし，円周率は 3.14 とする。また，空気もヘリウムも理想気体とし，空気の平均の分子量は 29，ヘリウムの分子量は 4.0 とする。圧力と温度がそれぞれ 1.013×10^5 Pa（1 気圧），273 K（0 °C）の状態を標準状態といい，1 mol の理想気体の標準状態での体積は気体の種類に関係なく 2.24×10^{-2} m^3（22.4 L）である。また，分子量 M の物質の 1 mol あたりの質量は $M\times10^{-3}$ kg である。

地上で質量を無視できる風船にヘリウムガスをつめる場合を考える。地上の気圧は 1.0 気圧で，気温は 27 °C とする。このとき，地上で 1.0 mol の理想気体が占める体積は $\boxed{\text{解答欄(i)}}$ L である。風船が半径 0.60 m の球になるまでヘリウムガスをつめた。風船内部のヘリウムの圧力と温度は，それぞれ大気と同じ 1.0 気圧と 27 °C とする。風船にはたらく浮力は $\boxed{\text{解答欄(ii)}}$ N であり，風船にはたらく重力は $\boxed{\text{解答欄(iii)}}$ N である。したがって，風船にはたらく合力は鉛直上向きを正として $\boxed{\text{解答欄(iv)}}$ N である。よって，質量 50 kg の物体を質量を無視できるひもでつないで同じ風船で持ち上げるには最低 $\boxed{\text{解答欄(v)}}$ 個以上の風船が必要である。

(B) 水の密度を 1.000 g/cm^3，氷の密度を 0.917 g/cm^3 とし，氷は水に入れても融解しないものとする。水に氷をそっと浮かべるとき，水面下にある部分の体積は氷全体の体積の $\boxed{\text{解答欄(vi)}}$ % である。

(C) 上記の (B) で氷が高さ h，水平方向の断面積が A の直方体とする。重力加速度を g，水の密度を ρ_0，氷の密度を ρ，円周率を π とする。断面が水面に平行になるように氷が浮いている状態で，そっとわずかに鉛直方向に距離 x だけ氷を沈めて放すときの氷の運動を考える。このとき，氷にはたらく水と空気の抵抗および液面の振動は無視できるものとする。x だけ氷を沈めたときに氷にはたらく復元力の大きさは $\boxed{\text{解答欄(vii)}}$ である。氷を放した後，氷は傾くことなく鉛直方向にゆっくりと小さな振幅で単振動を始めた。この単振動の周期は $\boxed{\text{解答欄(viii)}}$ である。

[3]（配点 50 点）次の文章の中の $\boxed{}$ にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。

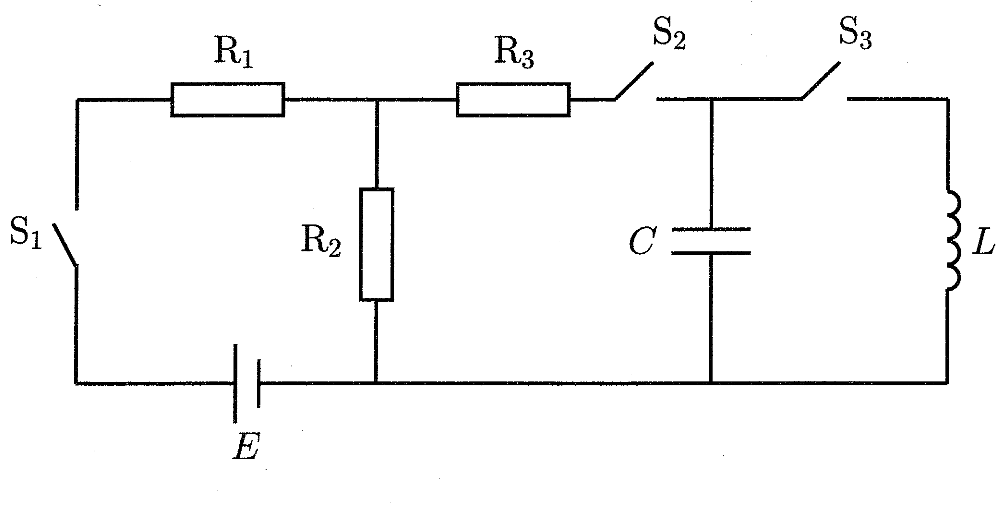
抵抗値がそれぞれ R_1, R_2, R_3 の抵抗 $\mathrm{R_1}$, $\mathrm{R_2}$, $\mathrm{R_3}$，電気容量 C のコンデンサー，自己インダクタンス L のコイル，スイッチ $\mathrm{S_1}$，$\mathrm{S_2}$，$\mathrm{S_3}$，起電力 E の電池を接続した図のような回路を考える。はじめ，すべてのスイッチは開いており，コンデンサーには電荷は蓄えられていない。

スイッチ $\mathrm{S_1}$ を閉じた。この瞬間に抵抗 $\mathrm{R_1}$ を流れる電流の大きさは $\boxed{\text{解答欄(a)}}$ である。しばらくした後にスイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じた。この瞬間に抵抗 $\mathrm{R_1}$ を流れる電流の大きさは $\boxed{\text{解答欄(b)}}$ である。スイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じるとコンデンサーに電荷が蓄えられ始め，その電気量の増加とともにコンデンサーの極板間の電位差は増大する。コンデンサーの極板間の電位差が V の瞬間に抵抗 $\mathrm{R_1}$ を流れる電流の大きさは $\boxed{\text{解答欄(c)}}$ である。

スイッチ $\mathrm{S_2}$ を閉じた後に十分な時間が経過した。このときコンデンサーに蓄えられている電気量は $\boxed{\text{解答欄(d)}}$ である。その後，スイッチ $\mathrm{S_3}$ を閉じた。この瞬間にコイルを流れる電流の大きさは $\boxed{\text{解答欄(e)}}$ である。

スイッチ $\mathrm{S_3}$ を閉じた後に十分な時間が経過した。このとき抵抗 $\mathrm{R_3}$ を流れる電流の大きさは $\boxed{\text{解答欄(f)}}$ である。また，コンデンサーに蓄えられた電気量は $\boxed{\text{解答欄(g)}}$ である。

その後スイッチ $\mathrm{S_2}$ を開いたところ，コイルを流れる電流は振動電流となった。この振動の周期は $\boxed{\text{解答欄(h)}}$ である。また，スイッチ $\mathrm{S_2}$ を開いた時刻を $t=0$ とすると，最初にコイルを流れる電流の大きさがゼロになる時刻は $\boxed{\text{解答欄(i)}}$ である。この瞬間にコンデンサーに蓄えられている電気量は $\boxed{\text{解答欄(j)}}$ である。



[4]（配点 50 点）次の文章の中の $\boxed{}$ にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし，$\boxed{\text{解答欄(ウ)}}$ は図 2 の選択肢から最も適切なものを選びその記号を記入しなさい。必要であれば円周率を π としなさい。

図 1 のように十分に広い水槽の水面上に xy 座標をとり，$(0,\ \ell)$ の位置に波源 S を設置した。その波源によって振動数 f の水面波が発生する。水面波の波長は ℓ よりも小さく，水面波の速さは v とする。また，水槽の水深は一様で，図 1 中の壁以外での反射はなく，水面波において反射の法則が成立する。さらに，水面波は正弦波として水面を伝わり，波の振幅の減衰は無視できるものとする。

波源で発生した水面波の波長は $\boxed{\text{解答欄(ア)}}$ である。波源 S から次々に送り出される水面波は水槽中を同心円状に広がる。水槽の壁での反射は，水面の上下運動が拘束されないため自由端反射となるので，直接波と反射波の壁での位相の差は $\boxed{\text{解答欄(イ)}}$ である。したがって，反射波は壁に対して波源 S と対称の位置にある仮想的な波源がつくる直接波と同等であると考えることができる。ここで，波源 S から次々に送り出される水面波の山の波面の 1 つに着目すると，この水面波が壁に到達した後のある時点での水面波の山の波面の概形は，$\boxed{\text{解答欄(ウ)}}$ のようになる。

十分に時間が経過した後，波源 S から次々に送り出される水面波の直接波と壁からの反射波は干渉し，強め合う点 (腹) と弱め合う点 (節) ができる。水面にできる腹と節のうち，y 軸上の正の範囲において最も原点 O(0, 0) に近い腹の位置は $(0,\ d)$ であり，最も原点 O に近い節の位置は $(0,\ d')$ であった。この d は $\boxed{\text{解答欄(エ)}}$，d' は $\boxed{\text{解答欄(オ)}}$ と表される。

以下では $\ell = 5d$ とする。y 軸上の $0 < y < 5d$ の範囲には $(0,\ d)$ を含めて $\boxed{\text{解答欄(カ)}}$ 個の腹が，$(0,\ d')$ を含めて $\boxed{\text{解答欄(キ)}}$ 個の節がある。つぎに，水面上の位置 $\mathrm{P}(x,\ y)$ での波の様子を観察したところ，腹となっていた。このとき，波源 S で発生した水面波が直接位置 P に至るまでの経路の長さは，d を含む式であらわすと $\boxed{\text{解答欄(ク)}}$ であり，波源 S で発生した水面波が壁で反射してから位置 P に至るまでの経路の長さは，d を含む式であらわすと $\boxed{\text{解答欄(ケ)}}$ である。したがって，位置 P で腹となる条件は，整数 m $(m = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$ と d を含む式であらわすと $\boxed{\text{解答欄(コ)}}$ である。

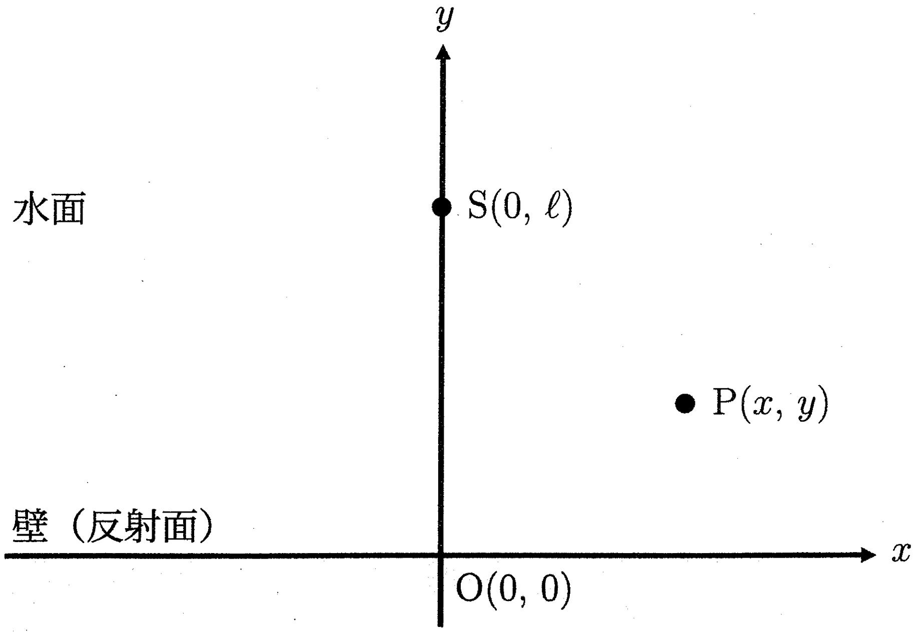


図 1

解答欄(ウ) の選択肢

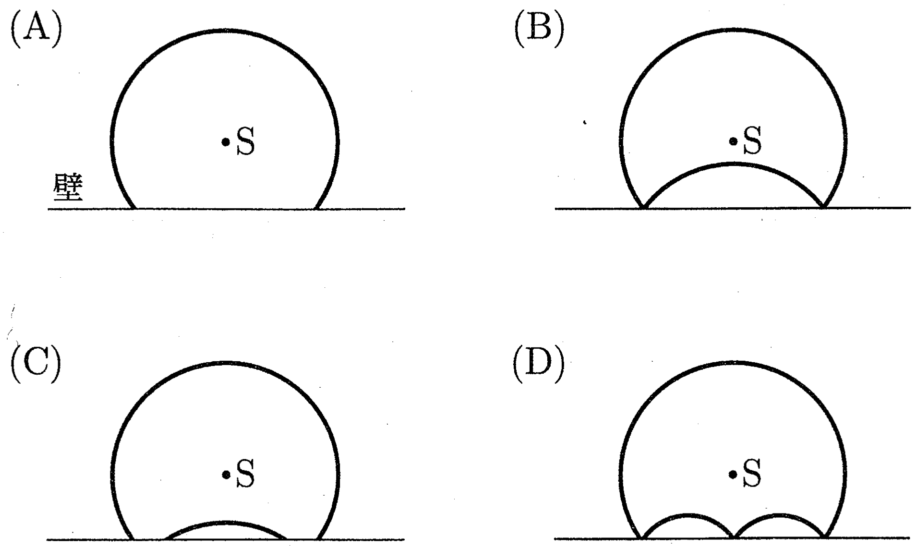


図 2