

# 物 理

(解答番号  ~ )

※物理は「バイオ環境学部」は選択  
「工学部」は必須

**第1問** 次の文章中の **1** ~ **6** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

【解答番号 **1** ~ **6**】

水平な床とこの床に垂直な壁がある。図1-1に示すように、質量  $m$  [kg] の小球が点Aで床面と  $\theta_1$  [°] ( $0 < \theta_1 < 90$ ) の角度をなす方向から衝突して床面と  $\theta_2$  [°] ( $0 < \theta_2 < 90$ ) の角度をなす方向にはねかえった。その後、小球は最高点に達した後に壁面上の点Bではねかえり、床に落ちて床面の点Cで、図1-1に示すように床面と  $\theta_3$  [°] ( $0 < \theta_3 < 90$ ) の角度をなす方向にはねかえった。点Aでの衝突直前および直後の小球の速さをそれぞれ  $v_1$  [m/s],  $v_2$  [m/s], 小球と床および小球と壁の反発係数をともに  $e$  とする。ただし、 $0 < e < 1$  である。また、点Aでの衝突後に最高点に到達した地点と点Aの水平方向の距離を  $L$  [m] とする。なお、壁がなかったと仮定したときに小球がふたたび床に到達する位置と壁の距離は  $\frac{L}{2}$  [m] である。

最初に小球が点Aで衝突した前後の鉛直な方向の速さの関係は **1** とあらわせる。また、最高点に到達するまでにかかる時間と最高点の高さはそれぞれ **2** [s], **3** [m] とあらわせる。点Bで壁に衝突したときの高さは  $v_2$  を消去することで  $L$  を用いて **4** [m], 点Cと壁の水平距離は **5** [m] とあらわせる。また、 $\tan \theta_3$  は  $\tan \theta_2$  の **6** 倍である。

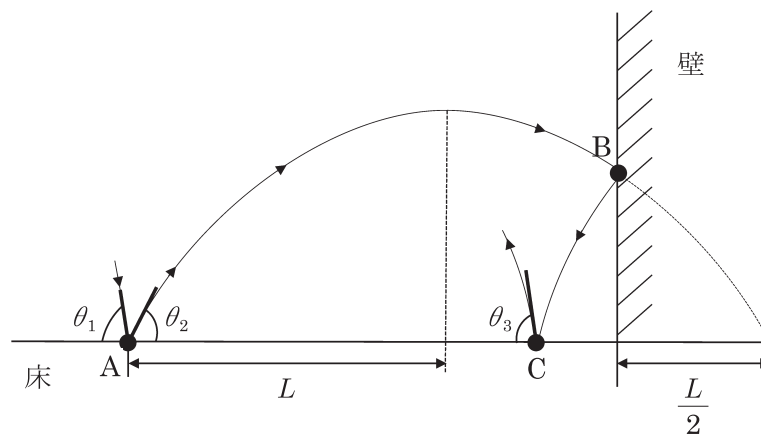


図1-1

**1** の選択肢

①  $v_1 \cos \theta_1 = v_2 \cos \theta_2$

②  $ev_1 \cos \theta_1 = v_2 \cos \theta_2$

③  $v_1 \cos \theta_1 = ev_2 \cos \theta_2$

④  $v_1 \sin \theta_1 = v_2 \sin \theta_2$

⑤  $ev_1 \sin \theta_1 = v_2 \sin \theta_2$

⑥  $v_1 \sin \theta_1 = ev_2 \sin \theta_2$

**2** の選択肢

①  $\frac{ev_2 \cos \theta_2}{2g}$

②  $\frac{ev_2 \sin \theta_2}{2g}$

③  $\frac{ev_2 \cos \theta_2}{g}$

④  $\frac{ev_2 \sin \theta_2}{g}$

⑤  $\frac{v_2 \cos \theta_2}{g}$

⑥  $\frac{v_2 \sin \theta_2}{g}$

**3** の選択肢

①  $\frac{e^2 v_2^2 \cos^2 \theta_2}{2g}$

②  $\frac{e^2 v_2^2 \sin^2 \theta_2}{2g}$

③  $\frac{v_2^2 \cos^2 \theta_2}{2g}$

④  $\frac{v_2^2 \sin^2 \theta_2}{2g}$

⑤  $\frac{e^2 v_2^2 \cos^2 \theta_2}{g}$

⑥  $\frac{e^2 v_2^2 \sin^2 \theta_2}{g}$

**4** の選択肢

①  $\frac{3 \cos \theta_2}{8} L$

②  $\frac{e \cos \theta_2}{2} L$

③  $\frac{3e \sin \theta_2}{8} L$

④  $\frac{\sin \theta_2}{2} L$

⑤  $\frac{3 \tan \theta_2}{8} L$

⑥  $\frac{e \tan \theta_2}{2} L$

**5** の選択肢

①  $\frac{e \cos \theta_1}{2} L$

②  $\frac{e}{2} L$

③  $\frac{1-e}{2} L$

④  $\frac{1}{2} L$

⑤  $\frac{e^2}{2} L$

⑥  $\frac{1-e^2}{2} L$

**6** の選択肢

①  $e \tan \theta_1$

② 1

③  $e$

④  $1 - e$

⑤  $1 - e^2$

⑥  $e^2$

**第2問** 次の文章中の **7** ～ **12** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。**11**、**12**については最も近い値を1つ選びなさい。なお、 $2^{0.6} = 1.51$  とする。【解答番号 **7** ～ **12**】

図2-1のように、断面積  $S$  [m<sup>2</sup>] のシリンダーの中に、なめらかに動き、質量が無視できるピストンが入っている。ピストンの位置を、シリンダーの底からピストンまでの距離  $L$  [m] であらわす。ピストンの右側の気体は外界とつながっていて、その圧力  $p_0$  [Pa]、絶対温度  $T_0$  [K] は一定に保たれている。一方、ピストンの左側には、一定量の理想気体が封じこめられている。また、伸び縮みのない長さ  $2l$  [m] の軽い糸が、ピストンとシリンダーの底を結び付けている。糸は張力が  $p_0 S$  [N] を超えると切れるものとする。

はじめに、この気体の圧力および絶対温度は外界と同じ値  $p_0$  [Pa] および  $T_0$  [K] であったので、ピストンは  $L = l$  [m] の位置でつり合っていた。この状態の理想気体を、適当な方法でゆっくりと加熱したところ、以下の過程1～3が順次生じた。理想気体に与えられた熱は、シリンダーおよびピストンを通して、外界にもれることはないものとする。また、理想気体の内部エネルギーは、気体の圧力を  $p$  [Pa]、体積を  $V$  [m<sup>3</sup>] として、 $\frac{3}{2}pV$  [J] とあらわすことができるものとする。

過程1：ピストンはゆっくりと右に移動し、 $L = 2l$  [m] に達した。

過程2：ピストンは  $L = 2l$  [m] の位置でしばらく静止したままであった。

過程3：糸が切れて、ピストンは急激に右方向へ移動し、やがてピストンはある位置で静止した。

過程1は十分にゆっくりと進行したので、熱を徐々に与えるにつれて、ピストンは力のつりあいを保ちながら移動した。過程1で理想気体に与えられた熱エネルギーは **7** [J] である。過程2において、理想気体に与えられた熱エネルギー  $Q$  [J] は  $Q =$  **8** であり、糸が切れるまでは  $Q$  のうち、**9** として使われた。また、糸が切れる直前の理想気体の圧力は **10** [Pa] である。過程3は短い時間なので断熱変化とみなすことができる。断熱変化では、 $p^3V^5 = \text{一定}$  という関係が成り立つ。この過程3において、過程の最後にピストンが静止した際の理想気体の体積は **11** [m<sup>3</sup>] である。また、過程3で理想気体がした仕事は **12** [J] である。

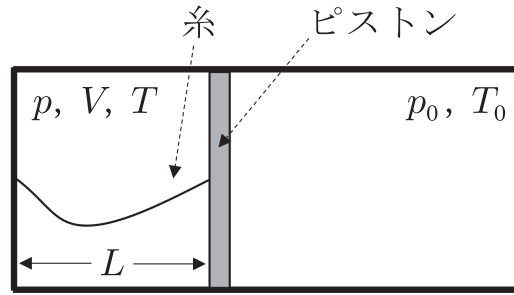


図 2 - 1

**7** の選択肢

①  $\frac{1}{2} p_0 S l$

②  $p_0 S l$

③  $\frac{3}{2} p_0 S l$

④  $2 p_0 S l$

⑤  $\frac{5}{2} p_0 S l$

⑥  $3 p_0 S l$

**8** の選択肢

①  $\frac{1}{2} p_0 S l$

②  $p_0 S l$

③  $\frac{3}{2} p_0 S l$

④  $2 p_0 S l$

⑤  $\frac{5}{2} p_0 S l$

⑥  $3 p_0 S l$

**9** の選択肢

① その  $\frac{1}{3}$  が内部エネルギーの増加分

② その半分が内部エネルギーの増加分

③ その  $\frac{2}{3}$  が内部エネルギーの増加分

④ その  $\frac{4}{5}$  が内部エネルギーの増加分

⑤ その全てが内部エネルギーの増加分

⑥ その全てが気体のした仕事

次頁に続きます。

**10** の選択肢

①  $\frac{1}{3} p_0$

②  $\frac{2}{3} p_0$

③  $p_0$

④  $\frac{4}{3} p_0$

⑤  $\frac{5}{3} p_0$

⑥  $2p_0$

**11** の選択肢

①  $2.0Sl$

②  $2.5Sl$

③  $3.0Sl$

④  $3.5Sl$

⑤  $4.0Sl$

⑥  $4.5Sl$

**12** の選択肢

①  $0$

②  $\frac{1}{2} p_0Sl$

③  $p_0Sl$

④  $\frac{3}{2} p_0Sl$

⑤  $2p_0Sl$

⑥  $\frac{5}{2} p_0Sl$

第3問 次の文章中の **13** ~ **18** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、開口端補正は音波の振動数によらず一定とする。

【解答番号 **13** ~ **18**】

図3-1のように、ピストンPを移動させることで気柱の長さ  $L$  [m] を変化させることができるガラス管があり、ガラス管の開口近くに振動数  $f$  [Hz] を変化させることができる音源Sを置いた。

いま、音源Sの振動数を  $f_0$  [Hz] にして、気柱の長さ  $L$  を  $L = 0$  から徐々に長くしていったところ、 $L = L_1$  [m] で初めて共鳴し、 $L = L_2$  [m] で2度目の共鳴が生じた。このとき、音源Sから出る音波の波長は **13** [m] で、開口端補正は **14** [m] である。3度目に共鳴するときの気柱の長さは  $L =$  **15** である。音速は **16** [m/s] と求められる。

次に、3度目に共鳴する気柱の長さとなる位置でピストンを固定したのち、音源Sの振動数を  $f_0$  から徐々に大きくしていった。振動数  $f_0$  の次に気柱が共鳴する振動数となったとき、これを1回目の共鳴と数えると、 $n$  回目の共鳴をするときの振動数は  $f =$  **17** とあらわせる。音源Sの振動数をさらに  $10f_0$  まで大きくしたとすると、振動数を  $f_0$  から  $10f_0$  にするまでの間で最大の  $n$  は **18** である。

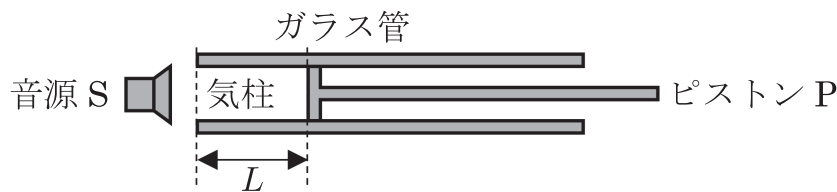


図3-1

**13** の選択肢

①  $L_1 - 2L_2$

②  $2L_1 - L_2$

③  $2(L_1 - L_2)$

④  $L_2 - 2L_1$

⑤  $2L_2 - L_1$

⑥  $2(L_2 - L_1)$

**14** の選択肢

①  $L_1 + L_2$

②  $3L_1 - L_2$

③  $L_2 - 3L_1$

④  $\frac{L_1 + L_2}{2}$

⑤  $\frac{3L_1 - L_2}{2}$

⑥  $\frac{L_2 - 3L_1}{2}$

**15** の選択肢

①  $-L_1 + 2L_2$

②  $-L_1 + L_2$

③  $L_1 + L_2$

④  $L_1 + 2L_2$

⑤  $2L_1 + L_2$

⑥  $2L_1 + 2L_2$

**16** の選択肢

①  $f_0(L_2 - L_1)$

②  $f_0(2L_2 - L_1)$

③  $2f_0(L_2 - L_1)$

④  $2f_0(2L_2 - L_1)$

⑤  $\frac{2(L_2 - L_1)}{f_0}$

⑥  $\frac{2(2L_2 - L_1)}{f_0}$

**17** の選択肢

①  $(1 + n)f_0$

②  $(1 + 2n)f_0$

③  $\frac{3 + n}{3}f_0$

④  $\frac{3 + 2n}{3}f_0$

⑤  $\frac{5 + n}{5}f_0$

⑥  $\frac{5 + 2n}{5}f_0$

**18** の選択肢

① 4

② 9

③ 13

④ 22

⑤ 27

⑥ 45



**第4問** 次の文章中の **19** ～ **24** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①～⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、電池やコイルなどの内部抵抗は無視する。

【解答番号 **19** ～ **24**】

電気容量が  $C$  [F] のコンデンサーを用いて、図4-1のように接続した。このとき、端子AB間の合成容量  $C'$  [F] は  $C' =$  **19** である。次に、図4-2に示すように、電気容量  $C'$  [F] のコンデンサー、起電力  $V$  [V] の電池、抵抗値  $R$  [ $\Omega$ ] の抵抗、自己インダクタンス  $L$  [H] のコイル、スイッチ  $S_1$ 、 $S_2$  からなる回路をつくった。最初  $S_1$ 、 $S_2$  は開いていて、 $S_1$  を閉じた。 $S_1$  を閉じた直後に抵抗に流れる電流  $I_0$  [A] は、 $I_0 =$  **20** である。 $S_1$  を閉じてから時間が経過し電流が  $I$  [A] (ただし、 $0 < I \leq I_0$ ) になった。このときコンデンサーに蓄えられている電気量は、 $C$  を用いて **21** [C] である。さらに十分に時間が経過したとき、コンデンサーに蓄えられている電気量は、 $C$  を用いて **22** [C] である。

この状態から、 $S_1$  を開いた後、 $S_2$  を閉じた。回路を流れる振動電流の最大値は、 $C$  を用いると **23** [A] である。また、 $C$  を用いて振動電流の周期をあらわすと **24** [s] となる。

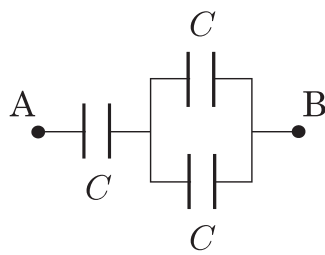


図4-1

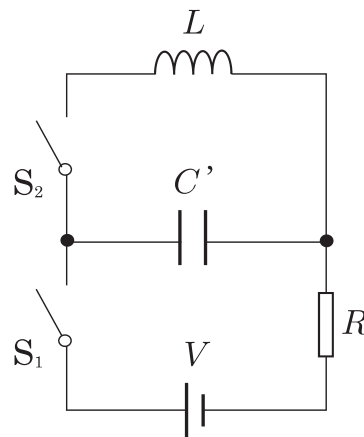


図4-2

19 の選択肢

- ①  $\frac{1}{3}C$       ②  $\frac{2}{3}C$       ③  $\frac{3}{2}C$       ④  $3C$       ⑤  $\frac{3}{2C}$       ⑥  $\frac{3}{C}$

20 の選択肢

- ①  $\frac{V}{2R}$       ②  $\frac{V}{R}$       ③  $\frac{2V}{R}$       ④  $\frac{V}{R+C}$       ⑤  $\frac{R}{V}$       ⑥  $\frac{R+2C}{V}$

21 の選択肢

- ①  $\frac{1}{3}CV$       ②  $\frac{2}{3}CV$       ③  $\frac{3}{2}CV$   
④  $\frac{1}{3}(CV-2RI)$       ⑤  $\frac{1}{3}C(V-2RI)$       ⑥  $\frac{2}{3}C(V-RI)$

22 の選択肢

- ①  $\frac{1}{3}CV$       ②  $\frac{2}{3}CV$       ③  $\frac{3}{2}CV$   
④  $\frac{1}{3}(CV-2RI)$       ⑤  $\frac{1}{3}C(V-2RI)$       ⑥  $\frac{2}{3}C(V-RI)$

23 の選択肢

- ①  $\frac{V}{R}$       ②  $\frac{2V}{R}$       ③  $V\sqrt{\frac{L}{6C}}$   
④  $V\sqrt{\frac{C}{6L}}$       ⑤  $V\sqrt{\frac{2C}{3L}}$       ⑥  $VR\sqrt{\frac{3C}{L}}$

24 の選択肢

- ①  $\pi\sqrt{\frac{2LC}{3}}$       ②  $2\pi\sqrt{\frac{2LC}{3}}$       ③  $2\pi\sqrt{LC}$   
④  $2\pi LC$       ⑤  $4\pi\sqrt{\frac{2LC}{3}}$       ⑥  $4\pi\sqrt{LC}$

以上で問題は終わりです。