

令和 7 (2025) 年度
広島大学一般選抜 後期日程

理学部 物理学科

(総合問題)

令和 7 年 3 月 12 日

自 9 時 00 分

至 11 時 30 分

答案作成上の注意

1. 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子は、本表紙を含めて、5 枚（9 ページ）です。
3. 解答用紙は 7 枚、下書き用紙は 3 枚です。
4. 問題は[I]～[IV]の 4 問です。全問に解答すること。
5. すべての解答用紙の所定の場所に、受験番号を必ず記入すること。
6. 解答は、すべて対応する解答用紙に記入すること。
7. 配付した解答用紙は、持ち出さず、すべて提出すること。
8. 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ること。
9. 解答用紙の注意事項もよく読むこと。

このページは白紙です。

[I]

問 1. 箱の中に黒玉が 6 個, 白玉が 3 個入っている。箱から無作為に 1 個ずつ玉を取り出し, 最終的に 9 個すべての玉を取り出す。一度取り出した玉はもとに戻さないとして, 以下の問いに答えよ。

- (1) 2 個目に取り出す玉が黒玉である確率を求めよ。
- (2) 最後に取り出す玉が黒玉である確率を求めよ。
- (3) 4 個目の取り出しを行った時点で, 白玉がすべて取り出されている確率を求めよ。
- (4) 4 個目の取り出しを行った時点で, 何個の白玉が取り出されている場合が最も確率が高いかを答えよ。また, その確率を示せ。

問 2. 以下の問題に解答せよ。

- (1) $z = 1 - \sqrt{3}i$ のとき, z^6 を求めよ。ただし $i = \sqrt{-1}$ とする。
- (2) 定積分 $\int_0^2 x e^{-x} dx$ を計算せよ。
- (3) 実数 x, y の連立方程式 $x^2 + y^2 = a, y = \tan x$ ($x \geq 0, y \geq 0$) を考える。この連立方程式が 2 組の解をもつための正の定数 a の条件を求めよ。

問 3. 以下の極限を求めよ。

- (1) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(3+x)^4 - 81}{x}$
- (2) $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\sum_{k=1}^n \frac{1}{2k-1} - \sum_{k=1}^n \frac{1}{2k+1} \right)$
- (3) $\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2} + \cdots + \frac{1}{2n} \right)$

[Ⅱ]

ばね定数 k のばねと質量 m のおもりを用いた運動を考える。ばねの自然長を L ，重力加速度の大きさを g とする。また，ばねはフックの法則にしたがって伸び縮みし，空気抵抗，ばねの質量，およびおもりの大きさは無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

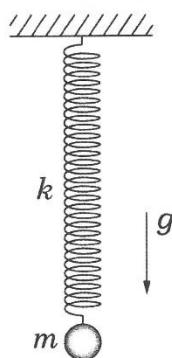


図 1

(A)

図 1 のように，下端におもりを繋いだばねを天井からつるして，静止させた。

問 1．ばねの自然長からの伸び X を求めよ。

次に，静止した状態からおもりを鉛直下方にわずかに下げ，静かに放して単振動させた。

問 2．単振動の角振動数 ω_0 を， k ， m ， L ， g の中から必要なものを用いて示せ。

(B)

次に、このおもりがついたばねの他端を、図2のように水平な回転台の回転軸の点Pに固定する。回転台には図のように溝がほってあり、ばねとおもりは溝から飛び出すことなく運動する。静止状態から一定の角速度 ω まで徐々に回転速度を上昇させ、十分に時間が経ったところ、ばねは自然長から αL ($\alpha > 0$) だけ伸びた状態を保っていた。溝はなめらかで、おもりやばねとの摩擦は無視できるものとする。

問3. おもりに働く力の溝に沿った方向のつり合いをあらわす式を、 $\alpha, \omega, k, m, L, g$ のうち必要なものを用いて示せ。

問4. 角速度 ω を、 ω_0 と α を用いて示せ。導き方も記すこと。

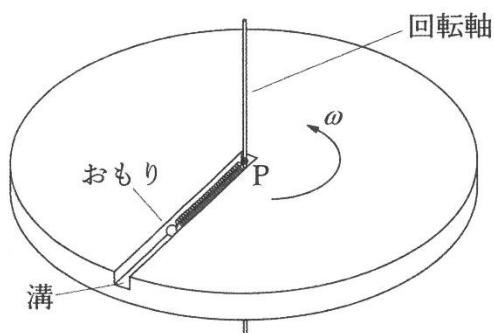


図2

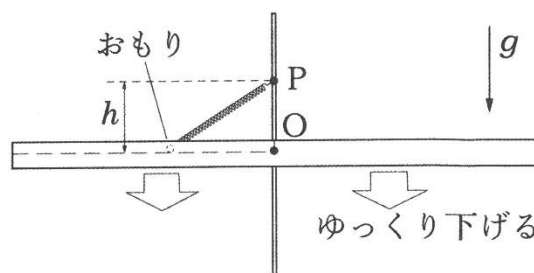


図3

(C)

角速度 ω での回転を保ったまま、回転台を水平に保ちながらゆっくりと下げていったところ、図3に示したように固定点Pの回転台中心Oからの高さが h を超えたところで、おもりが回転台から離れた。

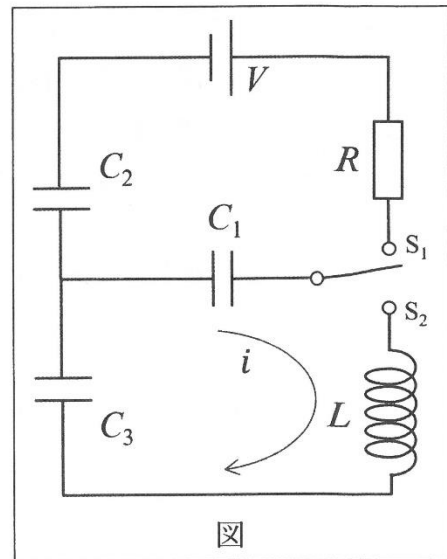
問5. 回転台から離れる直前のばねの自然長からの伸びを、 L, m, g, k, α の中から必要なものを用いて示せ。導き方も記すこと。

問6. h を、 L, m, g, k, α の中から必要なものを用いて示せ。導き方も記すこと。

[Ⅲ]

図のように電圧 V の直流電源，電気抵抗 R の抵抗，電気容量 C_1, C_2, C_3 のコンデンサー，インダクタンス L のコイル，および切り替えスイッチで構成される回路がある。

最初に，スイッチは全て開かれていて，抵抗とコイルには電流は流れておらず，回路中にある全てのコンデンサーに電荷は溜まっていないとして，次に記す (A) と (B) の動作を順に行う。以下の問いに答えよ。



(A)

スイッチを S_1 側に接続する。

- 問 1. スwitch を S_1 側に接続した直後，および十分に時間が経過した後に，抵抗に流れる電流をそれぞれ求めよ。
- 問 2. S_1 側に接続してから十分に時間が経過した後に，電気容量 C_1, C_2 の各コンデンサーの電極間にかかる電圧をそれぞれ求めよ。
- 問 3. S_1 側に接続してから十分に時間が経過した後に，電気容量 C_1, C_2 の各コンデンサーに蓄えられている静電エネルギーをそれぞれ求めよ。導き方も記すこと。

(B)

次に，十分に時間が経過してから，スイッチを S_1 側から切り離して S_2 側に接続する。 S_1 側から切り離した直後の電気容量 C_3 のコンデンサーにかかる電圧はゼロで，コイルを流れる初期電流はゼロとする。スイッチを S_2 側に接続すると，電気容量 C_1, C_3 のコンデンサーおよびコイルで形成される回路に電気振動が発生する。図中の矢印の向きを電流 i の正方向として，以下の問いに答えよ。

- 問 4. コイルを流れる電流が正方向に最大となる時に，電気容量 C_1, C_3 の各コンデンサーの電極間にかかる電圧をそれぞれ求めよ。導き方も記すこと。
- 問 5. 問 4 のとき，コイルを流れる電流の値を求めよ。導き方も記すこと。

このページは白紙です。

[IV]

以下の問いに答えよ。

(A)

問1. 以下の文章の空欄①, ②, ③に入る語句または記号を解答用紙に記入せよ。

波には縦波と横波があり、波の伝わる方向と媒質の振動方向が同じ波を [①] という。図1は位置 x の正の方向に進む[①]の、ある時刻における各位置での媒質の変位を y としてグラフに表したものである。 x の正の向きへの変位を y の正の向きにとっている。媒質の振動速度がゼロになっている位置を図1のA-Gから全て選ぶと[②]であり、媒質の振動速度が x の負の向きに最大となる位置を全て選ぶと[③]である。

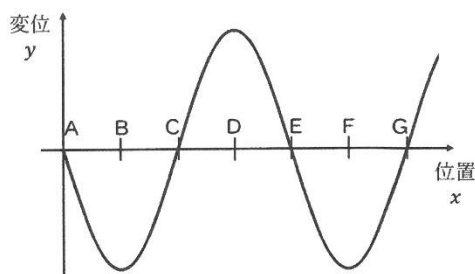


図1

次に、大気中を伝播する音波について、気柱の共鳴を考える。図2のように周波数 F を連続的に変えられる音源が管口から a だけ離れた場所に置かれている。可動ピストンと管口の間の距離を L 、開口端補正を a 、音速を v とし、気温は一定で管内外で同じとする。

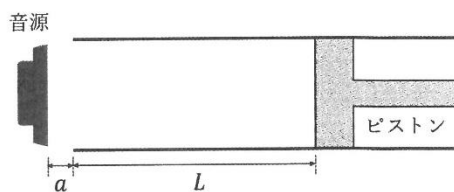


図2

- 問2. $L = L_1$ の位置までピストンを動かして固定し、音源の周波数をゼロから徐々に上げていったとき、最初の共鳴が起こる周波数 F_1 を求めよ。
- 問3. さらに周波数を上げていくと、2回目、3回目と共鳴が順次起こる。3回目に共鳴が起こる周波数 F_3 を求めよ。また、そのときに気柱内に存在する定在波の節の数を答えよ。
- 問4. 音源の周波数を F_1 に戻して固定し、ピストンを音源から遠ざける方向に動かすと $L = L_2$ で再び共鳴が起こった。音波の波長 λ と a を、 L_1 と L_2 を用いて示せ。

(B)

問5. 以下の文章の空欄④, ⑤, ⑥に入る数式を解答用紙に記入せよ。

理想気体の状態方程式は、圧力を P 、体積を V 、質量を M 、モル質量を m 、気体定数を R 、絶対温度を T として、 $PV = [\text{④}]$ と表される。理想気体の密度を ρ とすると、 $\rho = [\text{⑤}]$ と表される。このとき状態方程式は $P/\rho T = [\text{⑥}]$ と表すことができ、同一気体では $P/\rho T$ が一定値となることがわかる。

図3のように風船とゴンドラが伸び縮みしない柱で繋がれた熱気球が地表付近にある。風船は断熱素材でできていて、伸び縮みせず、その体積 V_0 は一定である。風船下部に弁のついた開口部があり、開口すると風船内部の気体は温度を保ったまま、圧力が地表付近の大気の圧力と同じになる。風船内の気体を除いた熱気球全体の質量を M_0 、重力加速度を g とする。地表付近の大気の圧力を P_0 、温度を T_0 、密度を ρ_0 とする。大気は理想気体とし、地表付近に風は吹いていない。ゴンドラは最初、地表に接している。

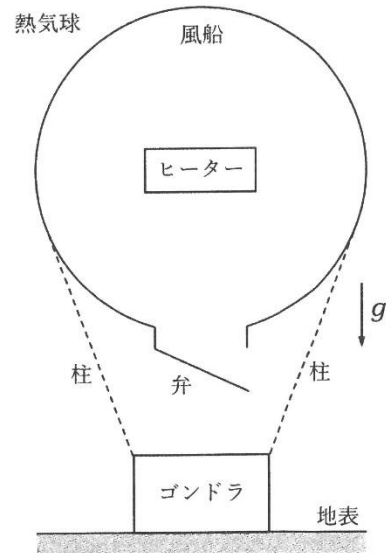


図3

- 問6. 弁を開けたまま風船内部のヒーターで風船内の気体をゆっくりと加熱すると、風船内の気体の温度が $T_1 (> T_0)$ 、密度が ρ_1 となった。ゴンドラはまだ地表に接したままである。風船内の気体を含む熱気球に働く重力と浮力をそれぞれ求めよ。
- 問7. さらに風船内の気体をゆっくりと加熱し、風船内の気体の温度が $T_2 (> T_1)$ に達したとき、ゴンドラが地表から離れて浮上し始めた。 T_2 を T_0, ρ_0, V_0, M_0 を用いて示せ。導き方も記すこと。
- 問8. 問7の後、熱気球がまだ地表近くにいるときに、弁を閉じ、ヒーターで風船内の気体に一定の熱量 $Q (> 0)$ を与えた。風船内の気体の温度 $T_3 (> T_2)$ および圧力 P_3 をそれぞれ $P_0, T_0, \rho_0, V_0, M_0, Q$ を用いて示せ。導き方も記すこと。ただし、定積モル比熱は $\frac{3R}{2}$ とする。