

一般入試 選択科目 (2科目) 物理

物 理

I にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。 ~ については数値をマークすること。

地球を半径 R (m) の球とみなし、万有引力定数を G ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$)、地球の質量を M (kg)、地球表面上の重力加速度の大きさを g (m/s^2) として以下の問題に答えよ。地球の自転による遠心力の効果は無視する。また、万有引力の位置エネルギーの基準点は無限遠点とする。

(a) g , R , M , G の間には の関係がある。

の解答群

- ① $gR = GM$ ② $gR^2 = GM$ ③ $g = GMR$ ④ $g = GMR^2$

(b) 地表面近くで半径 R の円軌道を回る質量 m_a (kg) の人工衛星の速さを v_a (m/s)、周期を T_a (s) とすると $v_a =$, $\frac{T_a}{2\pi} =$ となる。また、この人工衛星の力学的エネルギーを E_a (J) とすると $E_a =$ となる。

, の解答群

- ① \sqrt{gR} ② gR ③ $\sqrt{2gR}$ ④ $2gR$
 ⑤ $\frac{g}{R}$ ⑥ $\frac{2g}{R}$ ⑦ $\sqrt{\frac{g}{R}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{2g}{R}}$
 ⑨ $\sqrt{\frac{R}{g}}$ ⑩ $\sqrt{\frac{2R}{g}}$

の解答群

- ① $-\frac{m_a g R}{4}$ ② $-\frac{m_a g R}{2}$ ③ $-\frac{m_a g R^2}{2}$ ④ $-m_a g R$
 ⑤ $-2m_a g R$ ⑥ $\frac{m_a g R}{4}$ ⑦ $\frac{m_a g R^2}{2}$ ⑧ $\frac{m_a g R}{2}$
 ⑨ $m_a g R$ ⑩ $2m_a g R$

(c) 半径 $3R$ の円軌道を回る人工衛星の質量を $m_b = 3m_a$, 速さを v_b [m/s], 周期を T_b [s], 力学的エネルギーを E_b [J] とすると $\frac{v_a^2}{v_b^2} = \boxed{\text{オ}}$, $\frac{T_b^2}{T_a^2} = \boxed{\text{カキ}}$, $\frac{E_b}{E_a} = \boxed{\text{ク}}$ となる。また, この人工衛星を瞬間的に運動方向に加速して速さを v_c [m/s] とした。この人工衛星が無限遠まで到達できるための条件は $\frac{v_c^2}{v_b^2} \geq \boxed{\text{ケ}}$ である。

II 問題文の指示にしたがい にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から選べ。 ア ~ キ については最も適当な数値をマークすること。

開口端付近の定常波の腹の位置は管口と一致するとして以下の問題に答えよ。

(1) 両端が開いた長さ $L = 0.50 \text{ m}$ の開管と、振動数を変えることができる音源を用いて共鳴の実験を行なった。音速を $V = 340 \text{ m/s}$ とする。

(a) 管の開口部近くで音源を鳴らし、音源の振動数を 20 Hz から徐々に大きくしていくと、 f_1 , f_2 (Hz) の順に共鳴が起こった。このとき

$$f_1 = \text{ア} . \text{イ} \times 10^{\text{ウ}} \text{ Hz}, f_2 = \text{エ} . \text{オ} \times 10^{\text{カ}} \text{ Hz}$$

である。

以下では、上記の開管の一端にピストンを入れ、ピストンの位置によって気柱の長さ x (m) を変えることができる閉管として扱う。

(b) 音源の振動数を 1000 Hz に固定し、 $0 \leq x \leq L$ の範囲でピストンの位置を動かすと、いくつかのピストンの位置で共鳴が起こった。

共鳴が起こるピストンの位置は キ 箇所である。

(c) 管内で定常波が生じているとき、開口部およびピストンの位置における気体の状態について最も適切なものを以下の解答群からそれぞれ一つずつ選べ。

開口部 ク , ピストンの位置 ケ

ク , ケ の解答群

- ① 振動は大きく、密度の変化も大きい。 ② 振動は大きい、密度の変化は小さい。
③ 振動は小さい、密度の変化は大きい。 ④ 振動は小さく、密度の変化も小さい。

(2) 長さ L の開管を A, 長さ L の閉管を B, 長さ $2L$ の開管を C とする。これらの開口部近くで共通の音源を鳴らし, 振動数を徐々に大きくしていくと何が起こるか。当てはまるものをすべて選べ。 コ

コ の解答群

- ① A, B, C 全てが同時に共鳴する振動数がある。
- ② A, B, C 全てが同時に共鳴することはない。
- ③ A, B, C のどれか一つだけが共鳴する振動数がある。
- ④ A, B, C のどれか一つだけが共鳴することはない。
- ⑤ (A, B) と (A, C) の組が交互に共鳴する。
- ⑥ (A, B) と (B, C) の組が交互に共鳴する。
- ⑦ (A, C) と (B, C) の組が交互に共鳴する。

III にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つ選べ。ただし、 ア ~ ウ は該当する番号をすべて選び、 オ ~ ケ には最も適当な数値をマークすること。

図1のような上下に滑らかに動く軽いピストンが付いた容器の内部を、物質量 n の液体状態にある物質 M で満たし下記実験 E を行ったところ、容器内の温度が T_B になったとき、物質 M が τ 秒間沸騰し、すべて気化した。横軸に加熱時間 t 、縦軸に容器内の温度 T をとったグラフは図2のようになった。この物質 M の蒸発熱は L で、物質 M の気体は定圧モル比熱が C_p の理想気体としてふるまい、加熱の過程で突沸など物質の急激な変化はないものとする。また、ピストンと容器は断熱材でできているとする。

実験 E：大気圧が p_0 である環境下で、単位時間あたりに加える熱量 q が一定となるよう物質 M を加熱しながら、容器内の温度を計測する。

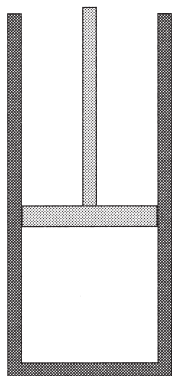


図1

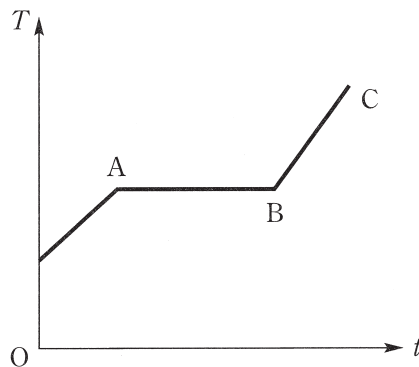


図2

- (a) 実験 E に代えて ア 同様の実験を行うと、沸点が T_B より高くなる。実験 E に代えて イ 同様の実験を行うと、沸点は変わらないが沸騰する時間が τ 秒より長くなる。実験 E に代えて ウ 同様の実験を行うと、図2における BC 間の傾きが大きくなる。

(b) 沸騰中の τ 秒間における物質 M の気体の物質量, 圧力, 体積について正しく記述しているのは である。

, ,

の解答群

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| ① n より多い物質量で | ② n より少ない物質量で |
| ③ p_0 より高い大気圧のもとで | ④ p_0 より低い大気圧のもとで |
| ⑤ q より大きい熱量で加熱して | ⑥ q より小さい熱量で加熱して |
| ⑦ 定圧モル比熱だけが C_p より大きい気体となる物質を用いて | |
| ⑧ 定圧モル比熱だけが C_p より小さい気体となる物質を用いて | |
| ⑨ 蒸発熱だけが L より大きい物質を用いて | |
| ⑩ 蒸発熱だけが L より小さい物質を用いて | |

の解答群

	気体の物質量	気体の圧力	気体の体積
①	増加する	増加する	増加する
②	増加する	増加する	変化しない
③	増加する	変化しない	増加する
④	変化しない	増加する	増加する
⑤	増加する	変化しない	変化しない
⑥	変化しない	増加する	変化しない
⑦	変化しない	変化しない	増加する
⑧	変化しない	変化しない	変化しない

(c) 液体状態にある $n = 5.0 \text{ mol}$ の物質 M に単位時間あたり $q = 50 \text{ W}$ の熱量を 10 s 間加えたとき, 物質 M は沸騰せず液体のままであった。加熱中の蒸発量が無視できるとすると, 物質 M の温度は加熱前にくらべて . [K] だけ上昇する。ただし, 物質 M の分子量は 18.0 , 液体状態における比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。

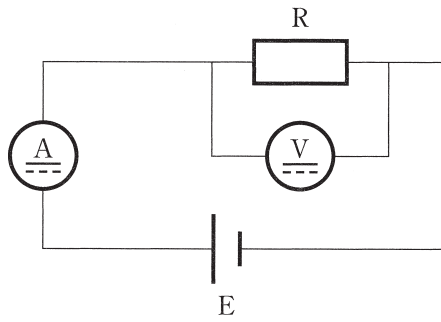
また, $n = 5.0 \text{ mol}$ の物質 M に単位時間あたり $q = 50 \text{ W}$ の熱量を加えたとき $\tau = 4.0 \times 10^3 \text{ s}$ 間沸騰してすべて気化したとすると, この物質の蒸発熱は

$$L = \text{キ} . \text{ク} \times 10^{\text{ク}} \text{ [J/g]}$$

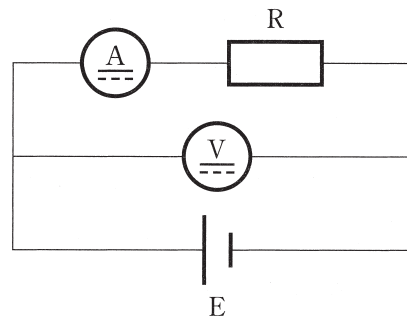
である。

IV にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。

(1) 下図のような、内部抵抗 r_A (Ω) の電流計、内部抵抗 r_V (Ω) の電圧計、抵抗値 R (Ω) の抵抗 R 、起電力 E (V) の電源 E からなる 2 つの回路がある。



回路 1



回路 2

電流計の示す値を I (A)、電圧計の示す値を V (V) とする。回路 1 の $\frac{V}{I}$ の値を R_1 (Ω)、回路 2 の $\frac{V}{I}$ の値を R_2 (Ω) とすると、 $R_1 =$ ア , $R_2 =$ イ となる。

内部抵抗 $r_V = 12 \text{ k}\Omega$ の電圧計と、内部抵抗 $r_A = 0.30 \Omega$ の電流計を用いたときの R_1 と R_2 の値を比べると、抵抗 R の抵抗値が ウ (Ω) までは R_1 が実際の抵抗値に近い。必要であれば、 x が十分に小さいとき成立する近似式 $\frac{1}{1+x} \doteq 1-x$ を用いよ。

ア , イ の解答群

- | | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| ① $R + r_A$ | ② $R + r_V$ | ③ $R + r_A + r_V$ | ④ $\frac{Rr_A}{R + r_A}$ |
| ⑤ $\frac{Rr_V}{R + r_V}$ | ⑥ $\frac{r_A(R + r_V)}{R + r_A + r_V}$ | ⑦ $\frac{r_V(R + r_A)}{R + r_A + r_V}$ | ⑧ $\frac{R(r_A + r_V)}{R + r_A + r_V}$ |

ウ の解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 40 | ② 50 | ③ 60 | ④ 70 | ⑤ 80 |
|------|------|------|------|------|

(2) 断面積が $S[\text{m}^2]$ 、透磁率が $\mu[\text{N/A}^2]$ 、長さが $L[\text{m}]$ の鉄しんに、合計巻数 N_1 のコイルを巻いたソレノイド A がある。ソレノイド A の上から合計巻数 N_2 のコイル B を巻きつけ、ソレノイド A にのみ電流 $I[\text{A}]$ を流した。電流 I が時間 $t[\text{s}]$ に対して $I = at$ (a は定数) と表されるとき、ソレノイド A に生じる誘導起電力の大きさは × [V] であり、コイル B に生じる誘導起電力の大きさは × [V] となる。また、時間 t において 2 つのコイルにたくわえられているエネルギーの和は × [J] となる。

, , の解答群

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{\mu N_1 S}{L}$ | ② $\frac{\mu N_2 S}{L}$ | ③ $\frac{\mu N_1^2 S}{L}$ |
| ④ $\frac{\mu N_1 N_2 S}{L}$ | ⑤ $\frac{\mu N_2^2 S}{L}$ | ⑥ $\frac{\mu(N_1 + N_2) S}{L}$ |
| ⑦ $\frac{\mu(N_1^2 + N_2^2) S}{L}$ | ⑧ $\frac{\mu N_1^2 S}{L^2}$ | ⑨ $\frac{\mu N_1 N_2 S}{L^2}$ |
| ⑩ $\frac{\mu N_1(N_1 + N_2) S}{L}$ | | |

, , の解答群

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| ① 0 | ② 1 | ③ a | ④ at |
| ⑤ $\frac{1}{2} at$ | ⑥ $a^2 t^2$ | ⑦ $\frac{1}{2} a^2 t^2$ | ⑧ at^2 |
| ⑨ $\frac{1}{2} a^2 t$ | ⑩ $\frac{1}{4} a^2 t^2$ | | |