

令和 5 年度 前期日程入学試験 総合問題 B(イ) <物理>

【出題の意図とポイント】

大きく分けて熱力学、力学、電磁気学、波動の分野から出題している。課題文から必要な数値や式を、実験データから実測値を、読み取ることができるかを問うとともに、そこで得た数値や式、データを基に計算等を行うことで基礎的な物理の力を問う。

熱力学分野では太陽熱の収支とシュテファン-ボルツマンの法則から、地球温暖化の原因も併せて考える問いとし、力学分野では実験値の読み取りと、読み取ったデータのグラフへのプロットができるか、自由落下の問題を使って問う。電磁気学分野では、回路の基本を理解しているか、特にオームの法則から直列、並列接続の合成抵抗の式を自ら導くことができるかを問い、波動分野では、波の波長と振動数およびその速度との関係が理解できているかを問う。

文章で解答する設問については、解答の一例をあげている。文章が解答例と同等の場合は正答とした。

【解答例】

I

問 1

ア : 273

イ : 5800 ($T = 2.9 \times 10^{-3} \text{ [m} \cdot \text{K]} / 5 \times 10^{-7} \text{ [m]}$)

ウ : 46656 ($216 \times 216 = 46656$)

問 2

地球と太陽の距離が 4 倍になる前のエネルギー量 : $W = \sigma T_1^4$

地球と太陽の距離が 4 倍になった後のエネルギー量 : $W/16 = \sigma T_2^4$ であるから、

$16T_2^4 = T_1^4$, $(T_2/T_1)^4 = 1/16$, $T_2/T_1 = 1/2$ となり距離が 4 倍になった後の地球の絶対温度は元の温度の 1/2 になる。

問 3

シュテファン-ボルツマンの法則より

太陽 : $W_s = \sigma \times T_s^4 = \sigma \times (5800)^4$

地球 : $W_e = W_s \times \frac{1}{186000} = \sigma \times (5800)^4 \times \frac{1}{186000} = \sigma \times (5800)^4 \times \left(\frac{1}{20.8}\right)^4$

$T_e = 5800 \times \frac{1}{20.8} = 278.8 \text{ (279)}$

$279 - 273 = 6 \text{ [}^\circ\text{C]}$

問 4

地球からの熱放射は大気によって、緩められる。産業革命以降、人間の活動によって、二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスの濃度が上昇して熱放射が抑制され、地球温暖

化が急速に進んでいると考えられる。(97字)

問5

求める時間を t [s] とすると、

$$236 \times 2 \times t = 0.04 \times 10^3 \times (42 - 25) \times 4.18 \times 10^3 \times 1.0$$

$$t = \frac{0.04 \times 1000 \times (42 - 25) \times 4.18 \times 10^3 \times 1.0}{236 \times 2} = 6.0 \times 10^3 \text{ [s]} (100 \text{ [min]})$$

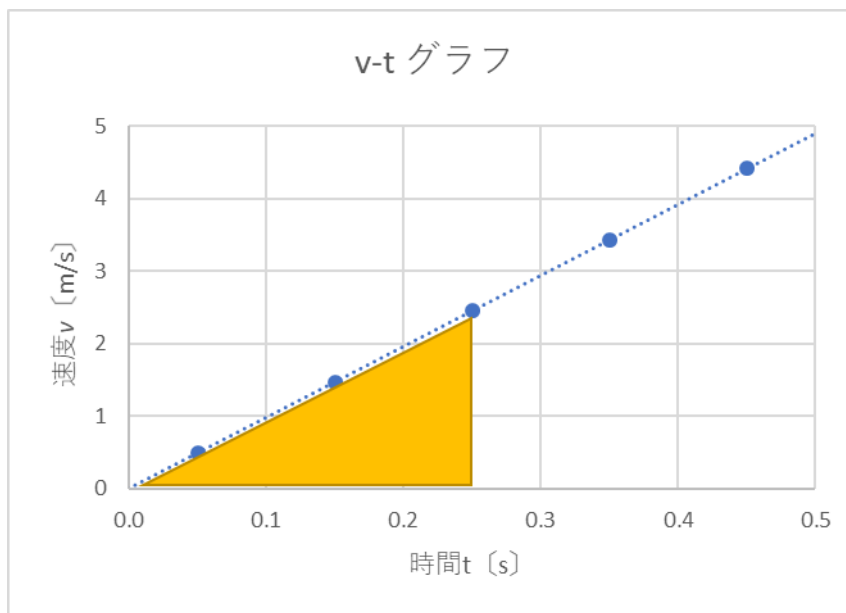
II

問1

(1)

t [s]	y [m]	平均の速度 v [m/s]	中央時刻 [s]
0.0	0.000		
0.1	0.049	0.49	0.05
0.2	0.196	1.47	0.15
0.3	0.441	2.45	0.25
0.4	0.784	3.43	0.35
0.5	1.225	4.41	0.45

(2), (5)



(2) の回答 : 青部分, (5) の回答 : オレンジ部分

(3)

9.8 [m/s²], 重力加速度

(4)

傾きは一定で変わらない。

質量の変化は自由落下の現象に影響を与えないから。(23字)

III

問1

直列接続： $R = R_1 + R_2$ オームの法則より， $V_1 = R_1 I$, $V_2 = R_2 I$ が成り立つので，

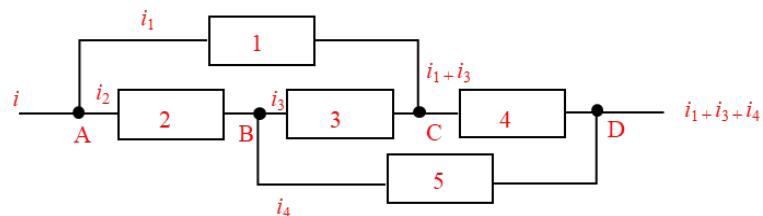
$$V = V_1 + V_2 = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I$$

合成抵抗を R とすると， $V = RI$ が成り立つので， $R = R_1 + R_2$ となる。並列接続： $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ オームの法則より， $I_1 = \frac{V}{R_1}$ ， $I_2 = \frac{V}{R_2}$ が成り立つので，

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V$$

合成抵抗を R とすると， $I = \frac{V}{R}$ が成り立つので $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ となる。

問2



キルヒホッフの第1法則から

$$i = i_1 + i_2, \quad i_2 = i_3 + i_4 \quad (1)$$

AC間の回路は，同じ値を持つ抵抗1と2+3（直列回路）が並列回路を成している。キルヒホッフの第2法則を用いて式を整理すると

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad (2)$$

同様に BD 間の回路は、同じ値を持つ抵抗 3+4 (直列回路) と 5 が並列回路を成している。キルヒホッフの第 2 法則を用いて式を整理すると

$$i_3 + i_1 + i_3 = i_4 \quad (3)$$

(1)と(2)より

$$i_1 = 2 \times i_3 + i_4 \quad (4)$$

(3)と(4)および(1)より

$$i_3 = 0, \quad i_1 = i_4 = i_2$$

(1)~(4)の計算を省略して、“抵抗 3 に加わる電圧は 0 V だから”と述べて、以下の議論を展開した解答でもよい。

$i_3 = 0$ なので、抵抗 3 に加わる電圧は 0 V である。したがって、BC 間は繋がっていないと考えても良い。すなわち、抵抗 1+4 と抵抗 2+5 の並列回路と見なすことができる。よって合成抵抗を R とすると

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10+10} + \frac{1}{10+10} = \frac{1}{10}, \quad \therefore R = 10 [\Omega]$$

IV

問 1

速度 $V =$ 波長 $\lambda \times$ 振動数 F 基本振動で開口部が腹であるから、 λ は $4L$

したがって、 $340 [\text{m/s}] = 4L \times 396 [1/\text{s}]$

$$L = 340 / 396 / 4 [\text{m}] = 0.2146 [\text{m}] \doteq 21 [\text{cm}]$$

問 2

上と同様に、

$$340 [\text{m/s}] = 4 \times 0.08 [\text{m}] \times F [1/\text{s}]$$

$$F = 340 / (4 \times 0.08) = 1062.5 \doteq 1.1 \times 10^3 [\text{Hz}] (1063 [\text{Hz}])$$

問 3

1/2 波長が $L_3 - L_2$ (または $L_2 - L_1$) = 33 [cm] である。

したがって、波長は 66 [cm]

問 4

$340 [\text{m/s}] = 0.66 [\text{m}] \times F [1/\text{s}]$ より

$$F = 340 / 0.66 = 515.15 \doteq 5.2 \times 10^2 [\text{Hz}] (515 [\text{Hz}])$$