解答速報 物理

医学部受験専門予備校 慧修会

2020 年度　昭和大学　I 期

【 講 評 】

大問構成は例年とほぼ変わらない。煩雑な計算はほとんどなく、時間的には余裕があっただろう。ただ、これも例年通りのことではあるが、やや高校範囲を超えた内容を含む問題設定を読み取らなければならない問題が多々ある。だからこそ、付け焼き刃の公式運用能力ではなく、物理を原理から捉えて現象を理解しておくことが必要である。

$\boxed{1}$は、重力のみが地球と異なる惑星という設定を受け容れれば、単純な重力加速度の求値問題である。$\boxed{\text{A}}$(2) は変位が t^2 に比例することから議論するよりも、平均の速度で議論した方が論理が明確であろう。

$\boxed{2}\boxed{\text{A}}$は空気の粘性抵抗を考慮したミリカンの実験である。抵抗力の定義さえ読み取れれば運動方程式を立てるだけの問題である。$\boxed{\text{B}}$は慣性抵抗に対する仕事の問題であり、とっつきにくく感じた受験生も多くいることと思うが、実は仕事の定義さえ分かっていれば解ける。普段から原理や定義を重視して勉強してきたかで差がつく問題である。

$\boxed{3}$は単純なコイルの問題である。計算も簡単であり、これは落とせない。

$\boxed{4}\boxed{\text{A}}$は電磁波についての基本知識を問う問題である。いずれも受験生として覚えていなければならないレベルの知識であり、これも落とせない。$\boxed{\text{B}}$は X 線管についてであり、単位に注意する必要があること以外は基本的な問題であろう。ただ、基本原理が分かっていない受験生には (1) が難しく感じられたかもしれない。

【 解 答 ・ 解 説 】

$\boxed{1}\boxed{A}$

解答

(1) 解説を参照　　(2) $g'(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$

解説

(1) グラフより、速度は時刻に比例する。これより、斜面上の加速度が一定であることがわかり、この加速度が g' に比例することから重力加速度が一定であることがわかる。

(2) 物体に働く力は重力 mg' と垂直抗力 N である。斜面に垂直な方向の力の釣り合いより、

$$N = mg'\cos\theta$$

となる。また、斜面下向きの加速度を a とすると、動摩擦力 $\mu' N$ も考慮して、

$$ma = mg'\sin\theta - \mu' N$$

となる。以上 2 式を連立して

$$a = g'(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$$

となる。

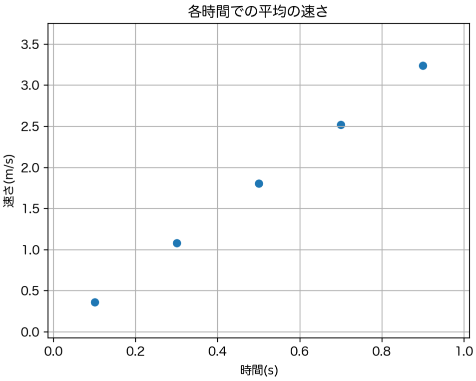

Fig.1　(1) のグラフ

$\boxed{\mathrm{B}}$

解答

(1) $\left(\dfrac{2}{k}-1\right)g'$

(2) (イ) 9.02　(ロ) 5.02

(3) $b = 30.0\dfrac{1}{k} - 15.0,\ \ g' = 15.0$〔$\mathrm{m/s^2}$〕

(4) 0.300

解説

(1) 一本のたるまない糸で繋がれた 2 物体は質量を合わせて一物体と見做すことができる。今回の場合、物体 1 と 2 を合わせて質量 $M+m$ の一物体と見做してよい。これを物体 S と名付ける。すると、物体 1 が落ちる方向を正方向とすれば、S に働く力は $Mg' - mg'$ であるから、加速度を b として運動方程式を立てると、

$$(M+m)b = Mg' - mg'$$

となる。$k = 1 + \dfrac{m}{M}$ を用いてこの式を整理すると、

$$a = \left(\frac{2}{k}-1\right)g'$$

を得る。

(2) 前問の式に値を代入すれば解答が得られる。

(3) まず、前問の 2 点での値として、$(b, 1/k) = \left(9.02, \dfrac{4}{5}\right), \left(5.02, \dfrac{2}{3}\right)$ が得られる。問題文の仮定より b が $1/k$ の一次関数であるので、この 2 点を通る直線の式として

$$b = 30.0\frac{1}{k} - 15.0$$

が得られる。また、(1) より、

$$b = 2g'\frac{1}{k} - g'$$

であるから、$g' = 15.0$〔$\mathrm{m/s^2}$〕となることが分かる。

(4) まず、$\boxed{\mathrm{A}}$での斜面上の加速度は、Fig.1 のプロットを内挿した直線の傾きより、$a = 3.6$〔$\mathrm{m/s^2}$〕であるとわかる。これと斜面上の加速度が $g'(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$ となることから、

$$3.6 = 15.0\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}\mu'\right)$$

となる。これを解くと、$\mu' = 0.300$ となる。

$\boxed{2}\boxed{\mathrm{A}}$

解答

(1)　(イ)　$mg - \alpha v$　　　　(ロ)　$\sqrt{\dfrac{3\gamma v_1}{4\pi d g}}$

(2)　(ハ)　$|q|E - mg - \gamma R v$　　　　(ニ)　$\dfrac{\gamma R}{E}(v_1 + v_2)$

解説

(1) (イ) 物体が流体から受ける力の大きさは、問題文に与えられている条件より $F = \alpha v$ となる。これは、運動方向と逆向き、即ち上向きに働く。これに加えて重力 mg が働くため、下向きを正として運動方程式を立てると、

$$ma = mg - \alpha v$$

となる。

(ロ) 速さが一定値の状況では、加速度がゼロである。よって、(イ) の運動方程式に $a = 0$ を代入すれば、

$$mg = \alpha v_1$$

となり、$\alpha = \gamma R$ であること、及び $m = 4\pi d R^3/3$ であることを用いれば、$R = \sqrt{\dfrac{3\gamma v_1}{4\pi d g}}$ とわかる。

(2) (ハ) 電場から受ける力が上向きに $|q|E$ であり、下向きに流体からの抵抗 $\gamma R v$ と重力 mg が働くので、上向きを正として運動方程式を立てると、

$$mb = |q|E - mg - \gamma R v$$

を得る。

(ニ) 前問で $b = 0$ を代入すると、

$$|q| = \frac{mg - \gamma R v_2}{E}$$

となる。これに v_1 の表式を代入して整理すると $|q| = \dfrac{\gamma R}{E}(v_1 + v_2)$ を得る。

$\boxed{\mathrm{B}}$

解答　1.09

解説

仕事 W は力と (力と同じ方向への) 移動距離の積で表される。

今回物体に働く力は空気からの抵抗力 βv^2 であるから、一定速度 v で t の時間物体が動いて x の距離進むとき、エンジンがする仕事は

$$\beta v^2 \cdot vt = \beta v^2 x$$

である。ここで、$vt = x$ を用いた。よって、β の単位を kg/m とおけば、

$$W_1 = \beta \times \left(\frac{100}{12}\right)^2 \times 100 \text{〔J〕} \qquad W_2 = \beta\left(\left(\frac{50}{7}\right)^2 \times 50 \ + \ \left(\frac{50}{5}\right)^2 \times 50\right) \text{〔J〕}$$

となり、β が定数であることから、W_2/W_1 の値を得る。

$\boxed{3}$

解答

(1) $\dfrac{N_1 I_1}{l}$

(2) $\dfrac{\pi r^2 \mu_0 N_1 I_1}{l}$

(3) $\dfrac{\pi r^2 \mu_0 N_1^2}{l}$

(4) 解説の図を参照

解説

(1) まず、コイルの「内部に一様な磁界が生じた」とあることから、このコイル内の磁場は無限に長いソレノイドのものと同一視できることが分かる。ソレノイド内の磁場は「(単位長さ辺りの巻き数)×(電流)」に一致するので、解答を得る。

(2) 磁束密度 B は、磁場 H に透磁率 μ_0 をかけたものに等しい。また、今回は磁束密度 B が面内で一定となるので、磁束 Φ は磁束密度 B に面積 S をかけたものに等しい。

(3) 磁束を Φ、自己インダクタンスを L、電流を I とすると、$N_1\Phi = LI$ が成立する。これと前問より、解答を得る。

(4) コイル 2 を貫く磁束が微小時間 Δt で $\Delta\Phi$ だけ変化したとすると、コイルに発生する誘導起電力はファラデーの法則と (2) より

$$V_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\pi r^2 \mu_0 N_1 N_2}{l} \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

と書ける。これに値を代入すれば、グラフを得る ($\dfrac{\Delta I_1}{\Delta t}$ は問題のグラフの傾きより得られる)。ここで、$0 < t < 0.02$ では 4.71〔V〕、$0.02 < t < 0.04$ では -9.42〔V〕である。

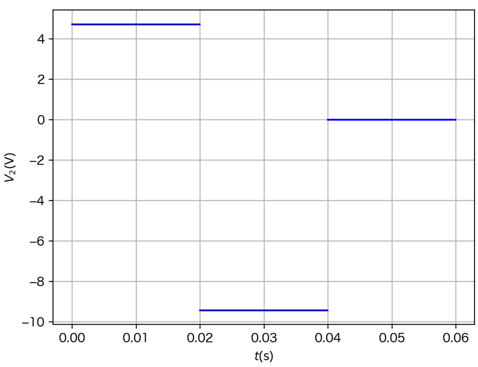

Fig.2 (4) のグラフ

$\boxed{4}\boxed{\mathrm{A}}$

解答

(a) 電磁波　(b) 電場　(c) 磁場　(d) 横波
(e) 可視光線　(f) 赤外線　(g) 紫外線　(h) ガンマ線
(i) 短い　(j) 短い

(A) $\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$

$\boxed{\mathrm{B}}$

解答

(1) λ_0:変化する λ_1:変化しない λ_2:変化しない
(2) 2.1×10^4〔V〕　(3) 1.0×10^4〔eV〕

解説

(1) λ_0 は連続 X 線の最短波長である。これは、熱電子のエネルギーがすべて X 線のエネルギーに変えられたときの波長であるから、陽極の金属に依存しない。
対して、λ_1, λ_2 は固有 X 線の波長であり、陽極の金属の電子のエネルギー準位に依存して決まる波長であるから、陽極の金属を変えると変化する。

(2) 熱電子の運動エネルギーは加速電圧 V と電気素量 e を用いて eV となる。対して、波長 λ_0 の X 線のエネルギーは hc/λ である。これらについてエネルギー保存の式を立てると、

$$V = \frac{hc}{e\lambda}$$

となる。これに問題の値を代入すれば、$V = 2.1\times10^4$〔V〕とわかる。

(3) 固有 X 線は、陽極の金属のエネルギー準位の差に対応して発生する X 線であり、このエネルギーは hc/λ で与えられることから、それに問題の値を代入し (単位に注意して) 計算を行えば、エネルギー準位の差が $E = 1.0\times10^4$〔eV〕であると得られる。