

問題・解答 用紙番号	37
---------------	----

の解答用紙に解答しなさい。

物 理

〈受験学部〉

理工学部

問題は100点満点で作成しています。

I 次の文を読み、各問いに対する最も適切な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。(40点)

図1のような水を貯めたプールで、長さ d [m]、断面積 S [m²] の円柱状の浮きの上下運動を考える。浮きと空気ならびに水との摩擦は無視できるものとし、浮きは水中と空气中を抵抗を受けず、なめらかに、横揺れすることなく鉛直方向のみに運動するものとする。なおプールは十分に大きく、浮きの上下によって、水面の高さが変動することはない。また、浮きは一様な材質でできており、その密度は ρ [kg/m³] である。水の密度を ρ_0 [kg/m³]、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の問いに答えよ。

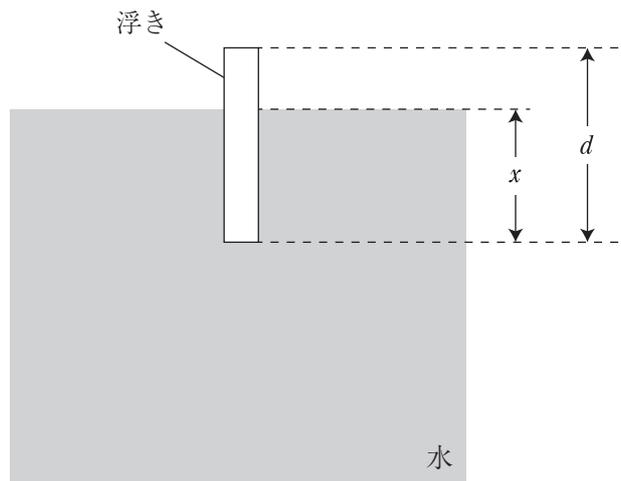


図1

[1] 浮きの下面は水面から長さ x [m] ($0 < x < d$) だけ沈み静止した。以下の問いに答えよ。

問1. 浮きの質量は何 kg か。

解答群

- (ア) dS (イ) $d\rho$ (ウ) $S\rho$ (エ) $dS\rho$ (オ) $\frac{dS}{\rho}$

問2. 浮きにはたらく浮力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) xSg (イ) dSg (ウ) $xS\rho_0$ (エ) $dS\rho_0$ (オ) $xS\rho_0g$

問3. x は何 m か。

解答群

- (ア) $\rho_0\rho$ (イ) $\frac{\rho}{\rho_0}$ (ウ) $d\frac{\rho}{\rho_0}$ (エ) $S\frac{\rho}{\rho_0}$ (オ) $dS\frac{\rho}{\rho_0}$

[2] 図2に示すように、軽くて伸び縮みしない糸を浮きに取りつけ、水面から長さ x [m] だけ沈んだはじめの状態から、浮きの下面がちょうど水面に接するまでゆっくりと浮きを引き上げた。以下の問いに答えよ。

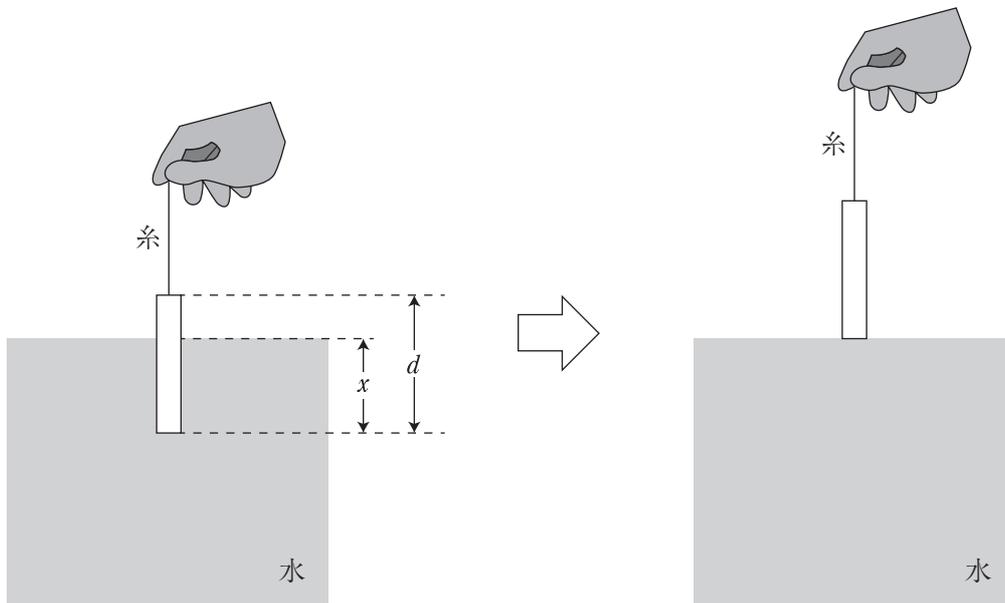


図2

問4. 浮きの下面がちょうど水面に接し、静止した状態では、糸が浮きを引く力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) 0 (イ) dS (ウ) dSg (エ) $dS\rho$ (オ) $dS\rho g$

問5. 水面から長さ x [m] だけ沈んだはじめの状態から、浮きの下面がちょうど水面に接した状態まで浮きをゆっくりと引き上げたとき、手がした仕事は何 J か。

解答群

- (ア) 0 (イ) $\frac{1}{2}d^2S\frac{\rho^2}{\rho_0}g$ (ウ) $d^2S\frac{\rho^2}{\rho_0}g$
 (エ) $\frac{3}{2}d^2S\frac{\rho^2}{\rho_0}g$ (オ) $2d^2S\frac{\rho^2}{\rho_0}g$

[3] 図3に示すように、浮きの下面が水面から長さ x [m] だけ沈んだはじめの状態から、 $\frac{1}{4}x$ [m] 引き上げ、 $\frac{3}{4}x$ [m] 水につかった状態で静止させた。その後、糸を切断したところ、浮きは、全体が完全には水面下に沈まず上下に周期運動をはじめた。以下の問いに答えよ。

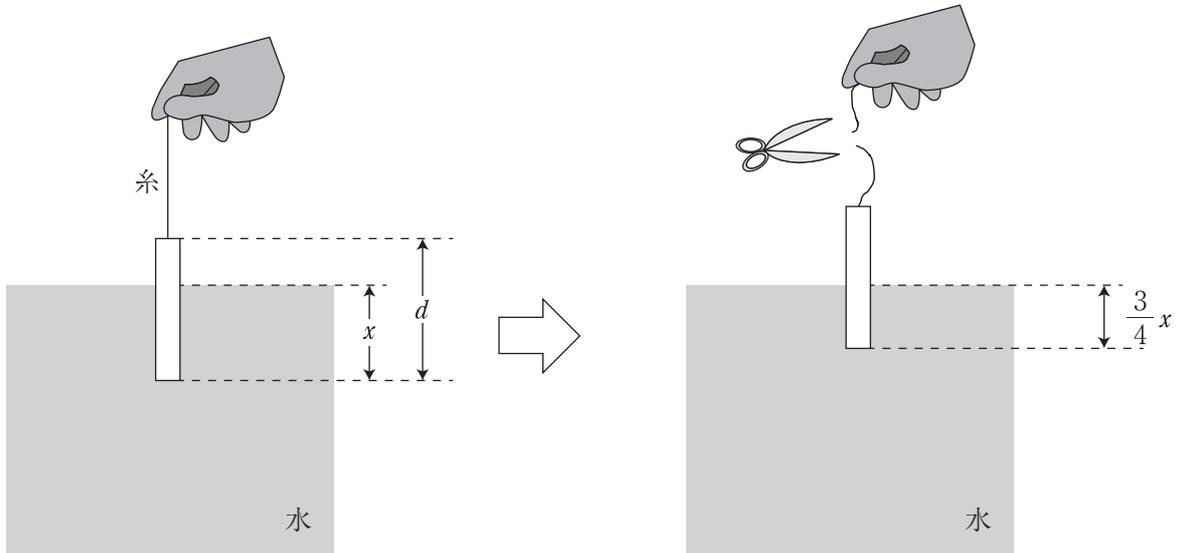


図3

問6. 上下の周期運動の角振動数は何 rad/s か。

解答群

(ア) $\sqrt{\frac{\rho_0 g}{\rho d}}$ (イ) $2\pi\sqrt{\frac{\rho_0 g}{\rho d}}$ (ウ) $2\pi\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho} d g}$ (エ) $\frac{\rho_0 g}{\rho d}$ (オ) $2\pi\frac{\rho_0 g}{\rho d}$

問7. 上下の周期運動の周期は何 s か。

解答群

(ア) $\sqrt{\frac{\rho d}{\rho_0 g}}$ (イ) $2\pi\sqrt{\frac{\rho d}{\rho_0 g}}$ (ウ) $2\pi\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0} d g}$ (エ) $\frac{\rho d}{\rho_0 g}$ (オ) $2\pi\frac{\rho d}{\rho_0 g}$

問8. 浮き全体が完全に水面下に沈み込まないためには、浮きの密度 ρ は、ある値より小さくなくてはならない。ある値は何 kg/m^3 か。

解答群

(ア) $\frac{1}{5}\rho_0$ (イ) $\frac{2}{5}\rho_0$ (ウ) $\frac{3}{5}\rho_0$ (エ) $\frac{4}{5}\rho_0$ (オ) ρ_0

問9. 上下の周期運動を行う浮きの最大の速さは何 m/s か。

解答群

(ア) $\frac{1}{4}\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}dg}$ (イ) $\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}dg}$ (ウ) $\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}dg}$
(エ) $\frac{1}{4}\frac{\rho}{\rho_0}dg$ (オ) $\frac{\pi}{4}\frac{\rho}{\rho_0}dg$

Ⅱ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお記述解答は指示による。(30点)

内部抵抗が r_A [Ω] の電流計 A と、内部抵抗が r_V [Ω] の電圧計 V を用いて、抵抗値 R [Ω] の抵抗 R を測定した。回路に用いた導線の電気抵抗および電池の内部抵抗は無視できるものとして以下の問いに答えよ。

[1] 図1の回路で、電流計 A が示す値は I_1 [A]、電圧計 V が示す値は V_1 [V] であった。

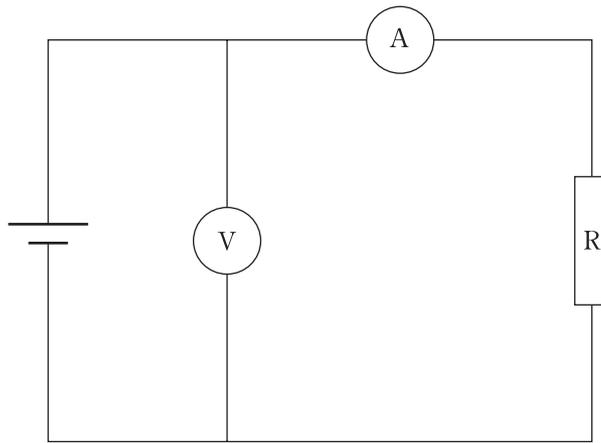


図1

問1. 電圧計 V に流れる電流の大きさは何 A か。 V_1 と r_V を用いて表せ。

解答群

- (ア) $r_V V_1$ (イ) $\frac{r_V}{V_1}$ (ウ) $\frac{V_1}{r_V}$ (エ) $2\frac{r_V}{V_1}$ (オ) $2\frac{V_1}{r_V}$

問2. 抵抗 R に流れる電流の大きさは何 A か。 V_1 , r_A , R を用いて表せ。

解答群

- (ア) $\frac{V_1}{r_A + R}$ (イ) $\frac{r_A + R}{V_1}$ (ウ) $\frac{r_A R V_1}{r_A + R}$
 (エ) $\frac{r_A R}{(r_A + R) V_1}$ (オ) $\frac{(r_A + R) V_1}{r_A R}$

問3. 抵抗 R にかかる電圧の大きさは何 V か。 I_1 , V_1 , r_A を用いて表せ。

解答群

- (ア) $r_A V_1 I_1$ (イ) $V_1 - \frac{I_1}{r_A}$ (ウ) $V_1 + \frac{I_1}{r_A}$
 (エ) $V_1 + r_A I_1$ (オ) $V_1 - r_A I_1$

問4. 抵抗値 R [Ω] を, I_1 , V_1 , r_A を用いて表せ。

解答群

- (ア) $\frac{V_1 r_A}{I_1}$ (イ) $\frac{V_1}{I_1} + r_A$ (ウ) $\frac{V_1}{I_1} - r_A$ (エ) $\frac{V_1}{I_1} + \frac{1}{r_A}$ (オ) $\frac{V_1}{I_1} - \frac{1}{r_A}$

[2] 図2の回路では, 電流計 A が示す値は I_2 [A], 電圧計 V が示す値は V_2 [V] であった。

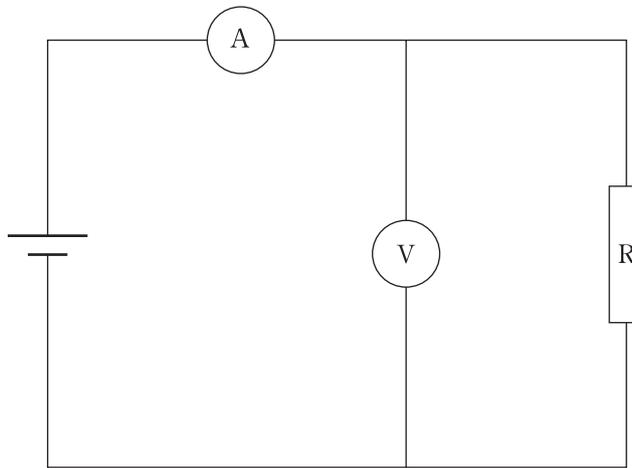


図2

問5. 電圧計 V に流れる電流の大きさは何 A か。 V_2 と r_V を用いて表せ。

解答群

- (ア) $r_V V_2$ (イ) $\frac{r_V}{V_2}$ (ウ) $\frac{V_2}{r_V}$ (エ) $2 \frac{r_V}{V_2}$ (オ) $2 \frac{V_2}{r_V}$

問6. 抵抗 R に流れる電流の大きさは何 A か。 I_2 , V_2 , r_V を用いて表せ。

解答群

- (ア) $r_V V_2 I_2$ (イ) $I_2 - \frac{V_2}{r_V}$ (ウ) $I_2 + \frac{V_2}{r_V}$
 (エ) $I_2 + r_V V_2$ (オ) $I_2 - r_V V_2$

問7. 抵抗値 R [Ω] を, I_2 , V_2 , r_V を用いて表せ。

解答群

- (ア) $\frac{r_V V_2}{r_V I_2 - V_2}$ (イ) $\frac{r_V I_2 - V_2}{r_V V_2}$ (ウ) $\frac{V_2}{r_V I_2 - V_2}$
 (エ) $\frac{r_V I_2 - V_2}{V_2}$ (オ) $\frac{r_V}{r_V I_2 - V_2}$

[3] 電流計 A が示す値を I [A], 電圧計 V が示す値を V [V] としたとき, その積 IV [W] が抵抗 R での消費電力の測定値を与える。しかしながら, 回路内での電流計, 電圧計の配置の仕方によって, 測定値は実際消費される電力 (真の値) より多少ずれることが知られている。相対誤差を下記のように定義したとき, 以下の問いに答えよ。

$$\text{相対誤差} = \frac{|(\text{測定値}) - (\text{真の値})|}{(\text{真の値})}$$

問8. 図1の回路において, 抵抗で消費される電力の測定値と真の値との相対誤差を, R と r_A を用いて表せ。

解答群

- (ア) $1 - \frac{r_A}{R}$ (イ) $1 + \frac{r_A}{R}$ (ウ) $\frac{R}{r_A}$ (エ) $\frac{r_A}{R}$ (オ) $R - r_A$

問9. 図2の回路において, 抵抗で消費される電力の測定値と真の値との相対誤差を, R と r_V を用いて表せ。

解答群

(ア) $1 - \frac{r_V}{R}$ (イ) $1 + \frac{r_V}{R}$ (ウ) $\frac{R}{r_V}$ (エ) $\frac{r_V}{R}$ (オ) $R - r_V$

問10. 図2の回路が図1の回路に比べ, 測定値が真の値に近く, 適しているのはどのような条件か。その条件を R, r_A, r_V を用いて解答欄に記述せよ。

Ⅲ 次の文を読み、各問いに対する最も適当な答えを、それぞれの解答群から一つ選び、その記号を解答欄にマークせよ。なお、数値は最も近い値を解答群から選べ。また、作図および記述解答は指示による。(30点)

[1] x 軸上を正の向きに速さ 80 m/s で進む波長 20 m の正弦波の先頭が、時刻 $t = 0 \text{ s}$ で $x = 30 \text{ m}$ の位置にちょうど到達した。 $x = 30 \text{ m}$ の位置には、波が固定端反射をする壁がある。図1は、 $t = 0 \text{ s}$ の瞬間の入射波の波形である。この正弦波の周期を $T \text{ [s]}$ とする。以下の問いに答えよ。

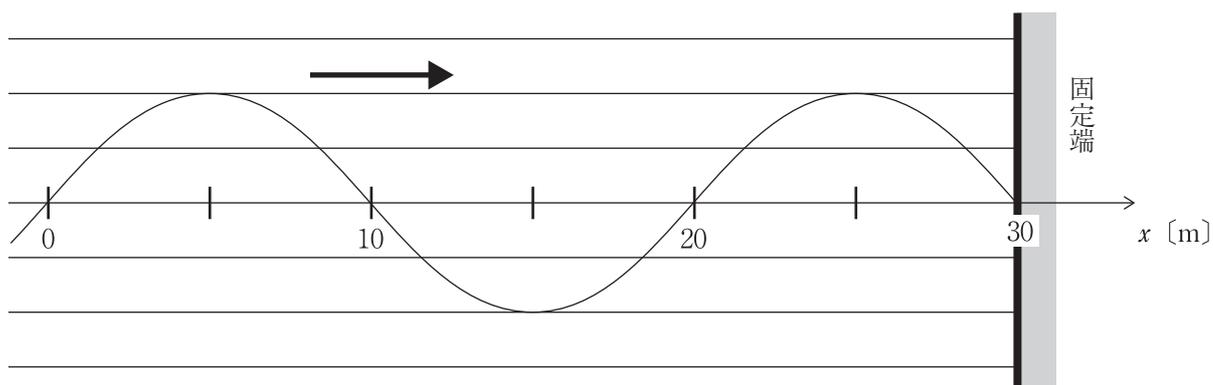


図1

問1. 周期 T は何 s か。

解答群

(ア) 0.040 (イ) 0.25 (ウ) 0.64 (エ) 1.8 (オ) 2.5 (カ) 4.0

問2. 時刻 $t = \frac{7}{4} T \text{ [s]}$ における入射波の波形の概略図を解答欄に描け。

問3. 時刻 $t = \frac{7}{4}T$ [s] における反射波の波形の概略図を解答欄に描け。

問4. 時刻 $t = \frac{7}{4}T$ [s] における合成波の波形の概略図を解答欄に描け。

[2] 弦を伝わる横波の速さ v [m/s] は、弦の張力の大きさを S [N]、弦の線密度を ρ [kg/m] とすると、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ で表されることが知られている。以下の問いに答えよ。

問5. 張力の大きさと線密度から作られる量 $\sqrt{\frac{S}{\rho}}$ の単位が速さの単位 m/s になっていることを説明せよ。ただし「速さ v の単位が m/s だから」では説明になっていないことに注意せよ。

問6. 長さ5.0 m, 質量1.5 g の弦が, 大きさ 1.2×10^3 N の張力で張られている。この弦を伝わる横波の速さは何 m/s か。必要があれば $\sqrt{10} \doteq 3.16$ を用いよ。

解答群

- (ア) 63 (イ) 6.3×10^2 (ウ) 2.0×10^3
 (エ) 4.0×10^3 (オ) 2.0×10^6 (カ) 4.0×10^6

問7. 問6の弦を, 張力を変えないようにし, 両端を固定する。弦の中央をはじくと, 図2のように弦が振動数 f [Hz] の基本振動で振動した。このとき, f は何 Hz か。

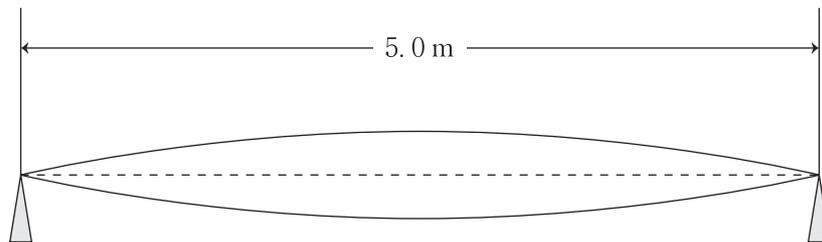


図2

解答群

- (ア) 2.5×10^{-3} (イ) 5.0×10^{-3} (ウ) 1.0×10^2
 (エ) 2.0×10^2 (オ) 4.0×10^2 (カ) 1.0×10^3

問8. 問7のとき, 張力の大きさを調節すると, 振動数 f を変えずに, 3個の腹のある定在波(定常波)をつくることができた。このときの張力の大きさは何 N か。

解答群

- (ア) 1.3×10^2 (イ) 4.0×10^2 (ウ) 1.2×10^3
 (エ) 3.6×10^3 (オ) 1.1×10^4 (カ) 7.7×10^4