

物理基礎・物理

問題 1

(1)

水平面 A-B を位置エネルギーの基準面とすると、点 D の高さは $r + r \sin\theta$ である。よって、点 D における小球の位置エネルギーは、 $mgr(1 + \sin\theta)$ となる。

答 $mgr(1 + \sin\theta)$

(2)

点 B と点 D における力学的エネルギー保存則を考える。

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgr(1 + \sin\theta)$$

この式を v_D について解くと、

$$v_D^2 = v_0^2 - 2gr(1 + \sin\theta)$$

$$v_D = \sqrt{v_0^2 - 2gr(1 + \sin\theta)}$$

答 $v_D = \sqrt{v_0^2 - 2gr(1 + \sin\theta)}$

(3)

点 D において小球にはたらく力は、重力と遠心力および曲面からの垂直抗力 N_D である。したがって、点 D における曲面に垂直方向のつりあいの式は

$$\frac{mv_D^2}{r} = mg \sin\theta + N_D$$

となるので、

$$N_D = \frac{mv_D^2}{r} - mg \sin\theta$$

$$\text{答 } N_D = \frac{mv_D^2}{r} - mg \sin\theta$$

(4)

点 D に達する条件は、 $N_D \geq 0$ であり、 $N_D = 0$ となると小球は曲面から離れて自由落下をする。したがって、 $N_D = 0$ となる、 v_0 を求める。

(3)より、

$$N_D = \frac{mv_D^2}{r} - mg \sin\theta = 0$$

(2)より $v_D = \sqrt{v_0^2 - 2gr(1 + \sin\theta)}$ なので

$$N_D = m \left\{ \frac{v_0^2 - 2gr(1 + \sin\theta)}{r} - g \sin\theta \right\}$$

$$v_0^2 = 2gr(1 + \sin\theta) + gr \sin\theta = gr(3 \sin\theta + 2)$$

$$v_0 = \sqrt{gr(3 \sin\theta + 2)}$$

$$\text{答 } v_0 = \sqrt{gr(3 \sin\theta + 2)}$$

(5)

(4)より、小球が点 D に達するために必要となる初速 v_0 は

$$v_0 = \sqrt{gr(3 \sin \theta + 2)}$$

である。

ばね定数が k の射出装置に、ばねの自然長から左向きに x の変位を与えて得られるエネルギーが、点 D に達するために必要な最小の初速 v_0 で発射された小球の運動エネルギーと等しいと考えると、

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mgr(3 \sin \theta + 2)$$

$$x = \sqrt{\frac{mgr(3 \sin \theta + 2)}{k}}$$

答 $x = \sqrt{\frac{mgr(3 \sin \theta + 2)}{k}}$

物理基礎・物理

問題 2

(1)

波動

(2)

振動数は

$$340 / (5.0 \times 10^{-3}) = 6.8 \times 10^4 \text{ Hz}$$

速さは

$$(6.8 \times 10^4) \times (22 \times 10^{-3}) = 1496 \text{ m/s}$$

答. $1.5 \times 10^3 \text{ m/s}$

(3)

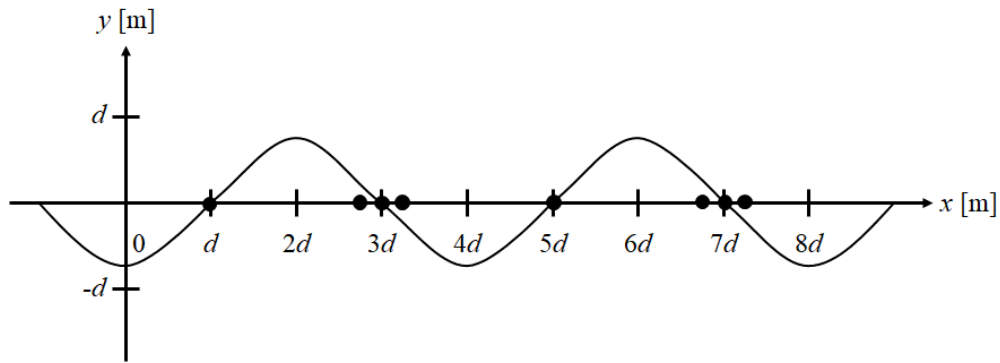
$$\text{波長 } \lambda = 4d \text{ [m]}$$

$$\text{速さ } v = f \times 4d = 4fd \text{ [m/s]}$$

答. $4fd \text{ [m/s]}$

(4)

横波表示を縦波表示に戻し、 x 座標が d の整数倍となる点にあった媒質の変位を黒丸で表すと下図のようになる

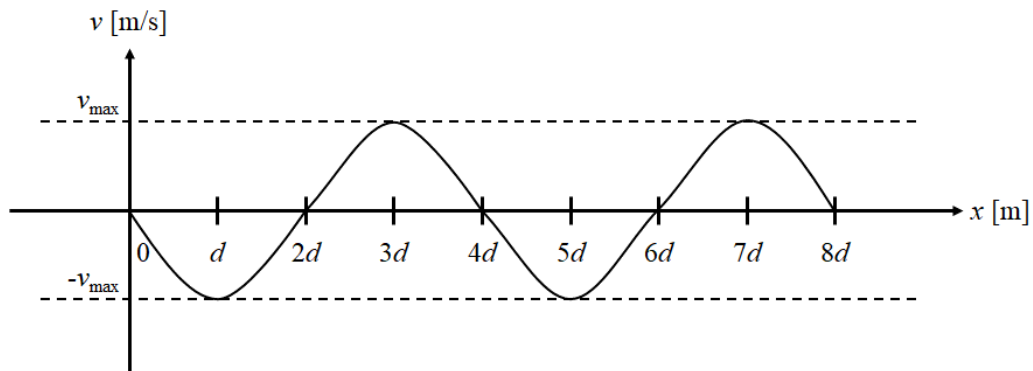


最も疎な位置 : d と $5d$

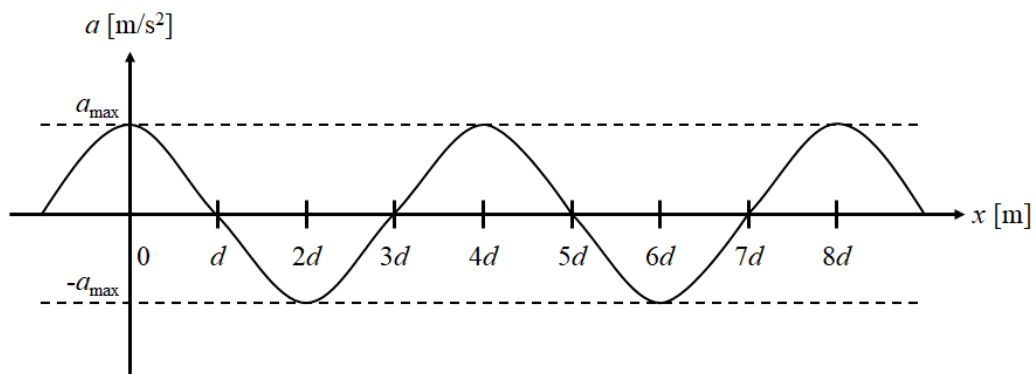
最も密な位置 : $3d$ と $7d$

(5)

速度



加速度



物理基礎・物理

問題 3

(1)

抵抗にかかる電圧は $E - V_a$ である

回路に流れる電流を I [A] とすると、オームの法則より

$$E - V_a = r_1 I$$

$$I = \frac{E - V_a}{r_1}$$

答 $I = \frac{E - V_a}{r_1}$ [A]

(2)

(1)で求めた式 $I = \frac{E - V_a}{r_1}$ に電源電圧、抵抗値を代入すると

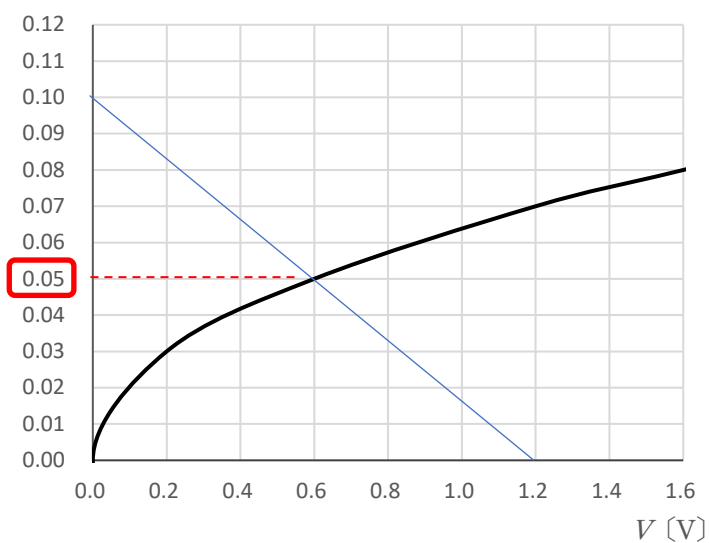
$$I = \frac{1.2 - V_a}{12} = \frac{-V_a}{12} + 0.1 \cdots \cdots \textcircled{1}$$

①の回路に関する条件と豆電球の特性を同時に満たす V と I の組み合わせは、グラフの補助線で交点の値を読み取ればよい。

交点の電流値は 0.05 A である。

I [A]

答 0.05 A



(3)

豆電球 A の消費する電力を W_a [W] とする。

(2)より交点の電圧は 0.6 V、電流は 0.05 A なので、

$$W_a = (0.6 \times 0.05) = 0.03 \text{ W}$$

答 0.03 W

(4)

回路全体の消費する電力を W [W] とする。

(2)より交点の電圧は 0.6 V、電流は 0.05 A なので、

$$W = (0.6 \times 0.05) + (0.6 \times 0.05) = 0.06 \text{ W}$$

答 0.06 W

(5)

豆電球 A と抵抗 r_2 に流れる電流を、それぞれ I_1 [A]、 I_2 [A] とする。

(1)より、回路に流れる電流 I [A] はキルヒホッフの法則より

$$I = (I_1 + I_2) \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$I_2 = \frac{V_a}{12} \cdots \cdots \textcircled{3}$$

回路全体では②式を用いて次の式であらわせる。

$$(I_1 + I_2) \times 12 + V_a = 1.2$$

③を代入して

$$\left(I_1 + \frac{V_a}{12}\right) \times 12 + V_a = 1.2$$

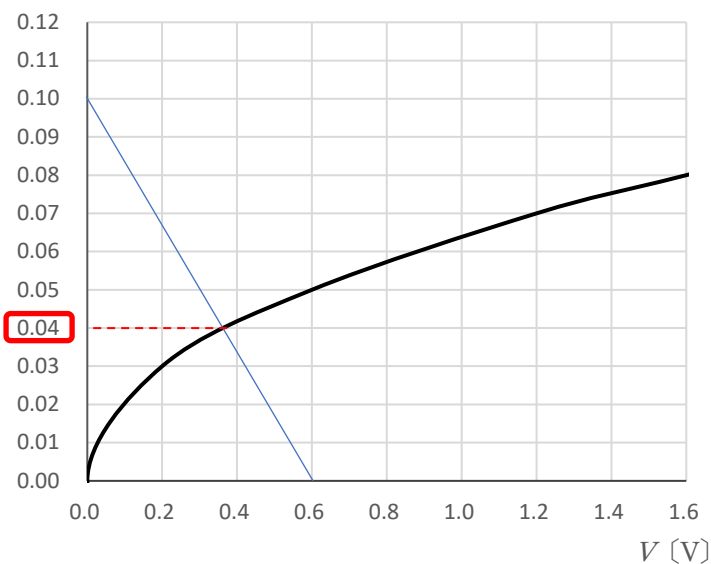
$$12I_1 + 2V_a = 1.2$$

$$6I_1 + V_a = 0.6$$

この式で表されるグラフの補助線から交点の値を読み取ればよい。
交点の電流値は 0.04 A である。

答 0.04 A

I [A]



物理基礎・物理

問題 4

(1)

万有引力の法則より、題意の位置にある質量 m の物体にはたらく重力は

$$mg = G \times \frac{Mm}{r^2}$$

したがって

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

答. $g = \frac{GM}{r^2}$

(2)

自転の角速度を ω [rad/s] とおくと、24 時間で 2π [rad] の回転であるから、

$$\omega = \frac{2 \times 3.14}{24 \times 60 \times 60} = \frac{6.28}{86400} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

答. $7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

(3)

回転運動の半径は 6.4×10^6 m であるから、一周する間の移動距離は

$$2 \times 3.14 \times (6.4 \times 10^6) = 4.0 \times 10^7 \text{ m}$$

である。

この距離を 24 時間 (00 分 00 秒) で移動するから、速さは

$$(4.0 \times 10^7) / (24 \times 60 \times 60) = 4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$$

となる。

$$\text{答. } 4.6 \times 10^2 \text{ m/s}$$

(4)

この物体にはたらく万有引力と遠心力をそれぞれ F_1 [N]、 F_2 [N] とおく。
物体の質量を m_1 [kg] とおくと、万有引力の法則より、

$$F_1 = G \times \frac{Mm_1}{r^2}$$

各々の値を代入して、

$$F_1 = (6.7 \times 10^{-11}) \times \frac{(6.0 \times 10^{24}) \times 0.50}{(6.4 \times 10^6)^2} = 4.9 \text{ N}$$

また、等速円運動の運動方程式より、

$$F_2 = m_1 r \omega^2$$

各々の値を代入して、

$$F_2 = 0.50 \times (6.4 \times 10^6) \times (7.3 \times 10^{-5})^2 = 1.7 \times 10^{-2} \text{ N}$$

$$\text{答. 万有引力 } 4.9 \text{ N、遠心力 } 1.7 \times 10^{-2} \text{ N}$$

(5)

ア	$G \times \frac{Mm_h}{R^2}$	イ	$m_h R \omega^2$
ウ	3	エ	$\frac{GM}{\omega^2}$
オ	7.5×10^{22}	カ	75
キ	7	ク	70
ケ	4.12	コ	80
サ	4.31	シ	4

※ (ア) と (イ) とが入れ替わっていても可とする