

物理基礎・物理

問題 1

(1)

求める速さを v とおき、落下を始める高度、雨滴の質量、重力加速度をそれぞれ h, m, g とすると、高度 h における位置エネルギーが地表での運動エネルギーに等しくなるから、

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \text{ より、 } v = \sqrt{2gh}$$

$g = 9.80 \text{ m/s}^2$, $h = 1.00 \times 10^3 \text{ m}$ を代入して

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2 \times 9.80 \times (1.00 \times 10^3)} \\ &= 1.40 \times 10^2 \text{ m/s} \end{aligned}$$

答 $1.40 \times 10^2 \text{ m/s}$

(2)

重力と反対の向き（または「落下運動と反対の向き」「鉛直上向き」）に空気から抵抗力を受ける。

(3)

終端速度（または「終末速度」）

(4)

適切な概略図：(ア)

理由：

空気からの抵抗力の大きさは、雨滴の落下速度に比例する。その速度が小さいうちは、空気の抵抗力よりも重力が十分に大きいため雨滴の加速度が大きいが、落下速度が大きくなるにつれて抵抗力が大きくなるため加速度は次第に小さくなる。そして、ある速さに達すると抵抗力と重力がつりあって加速度は0となり、雨滴は一定の速さで落下することになる。

(5)

雨滴の方が大きくなる。

水の密度は氷より大きいため、雨滴と霰が直径の等しい球形であれば雨滴の質量は霰の質量より大きくなる。したがって、題意の水滴にはたらく重力は霰にはたらく重力より大きくなる。そのため、重力とつりあう大きさの空気の抵抗力を受ける落下速度、すなわち終端速度は雨滴の方が霰よりも大きい。

物理基礎・物理

問題 2

(1)

物体の変位が x のときに、物体に作用するばねの力は $-kx$ である。物体 A、B の加速度を a とすると、その運動方程式は

$$-kx = (M + m)a \quad \dots \text{①}$$

$$a = -\frac{k}{M+m}x \quad \dots \text{②}$$

となる。

振幅が d であり、変位 x は $-d \sim d$ の値をとりうる。 a が最大となるのは、 $x = -d$ のときであり、そのときの a の最大値 a_{\max} は、

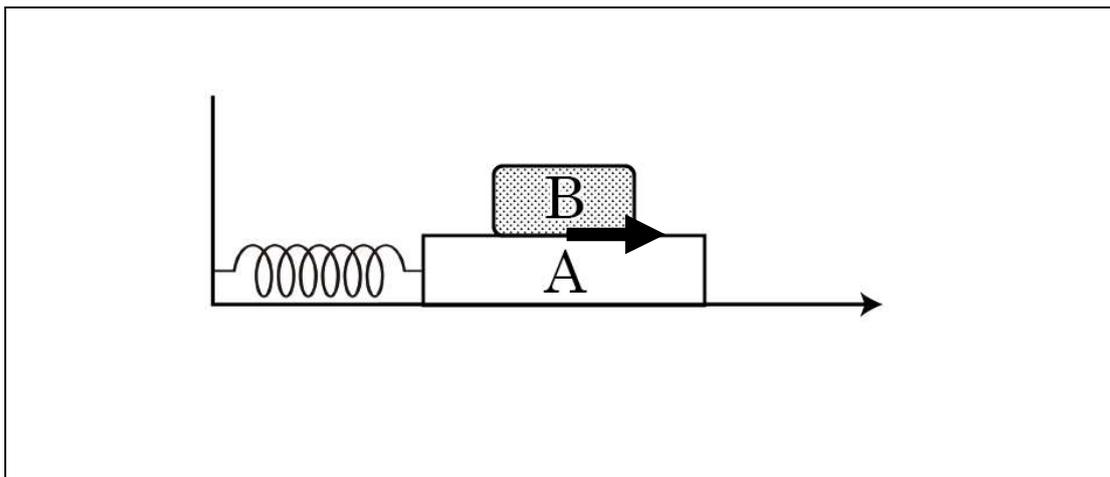
$$a_{\max} = \frac{k}{M+m}d$$

である。

答 変位 $-d$

$$a_{\max} = \frac{k}{M+m}d$$

(2)



(3)

物体 B の水平方向の運動方程式は、物体 B の加速度を a として

$$f = ma$$

加速度の最大値は(1)の①式より

$$a_{\max} = \frac{kd}{M+m}$$

そのときの静止摩擦力 f は

$$f = ma_{\max} = \frac{mkd}{M+m}$$

答 $\frac{mkd}{M+m}$

(4)

(1)の②式より物体 A、B の加速度 a は、

$$a = -\frac{k}{M+m}x$$

これを単振動の式 $a = -\omega^2 x$ (ω は角速度) と比較すると、

$$\omega^2 = \frac{k}{M+m}$$

となり、この振動の角速度 ω は、

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

となる。したがって、振動の周期 T は、

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

となる。

答 $T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}$

(5)

静止摩擦力 f は最大摩擦力を越えないので、 f の大きさは最大でも μmg に等しく、物体 B が物体 A の上ですべり出す条件では(3)の結果より

$$|f_{\max}| = \frac{mkd}{M+m} = \mu mg$$

である。

したがって、

$$d = \frac{\mu(M+m)g}{k}$$

答 $\frac{\mu(M+m)g}{k}$

物理基礎・物理

問題 3

(1)

ア	帯電	イ	電荷
ウ	点電荷	エ	斥力
オ	引力		

(2)

クーロンの法則の比例定数を k 、金属球 P、Q の電気量を q_1 、 q_2 、電荷間の距離を r とすると、静電気力の大きさ F は、

$$F = k \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$$

$$= (9.0 \times 10^9) \times \frac{|2.0 \times 10^{-6}| \times |-1.0 \times 10^{-5}|}{2.0^2}$$

$$= 4.5 \times 10^{-2}$$

答 $4.5 \times 10^{-2} \text{ N}$

(3)

金属球 P および Q の電気量を q [C] とすると、電気量保存の法則から

$$2q = 2.0 \times 10^{-6} - 1.0 \times 10^{-5}$$

$$q = -4.0 \times 10^{-6}$$

答 P : -4.0×10^{-6} C

Q : -4.0×10^{-6} C

(4)

向き :

Q から P へ移動した

個数 :

金属球 P は 2.0×10^{-6} C から -4.0×10^{-6} C となったから
 -6.0×10^{-6} C の電気量をもつ電子が移動してきた。よって、個数は

$$\frac{-6.0 \times 10^{-6}}{-1.6 \times 10^{-19}} = 3.75 \times 10^{13}$$

答 3.8×10^{13} 個

(5)

クーロンの法則の比例定数を k 、金属球 P、Q の電気量を q_1' 、 q_2' 、
 電荷間の距離を r とすると、静電気力の大きさ F は、

$$\begin{aligned} F &= k \frac{|q_1'| \times |q_2'|}{r^2} \\ &= (9.0 \times 10^9) \times \frac{|-4.0 \times 10^{-6}| \times |-4.0 \times 10^{-6}|}{2.0^2} \\ &= 3.6 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

答 3.6×10^{-2} N

物理基礎・物理

問題 4

(1)

題意より、光速 $c = 3.0 \times 10^8$ m/s、光の振動数を f [Hz]、波長を $\lambda = 600$ nm とすると、

$$c = f\lambda$$

ゆえに、

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.0 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}} = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

答 $f = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$

(2)

振動数

(3)

題意より、歯車が 1 回転するのに要する時間は $1/n$ [s]、隙間の中心から次の歯の中心まで移動するには、 $1/(2N)$ 回転すればよいので、

$$t = \frac{1}{2nN}$$

答 $t = \frac{1}{2nN} \text{ [s]}$

(4)

(3)より、隙間の中心から次の歯の中心まで移動する間に光が歯車から鏡まで行って帰ってくると考えればよいので、

$$c = \frac{2L}{\frac{1}{2nN}} = 4nNL$$

答 $c = 4nNL$ [m/s]

(5)

(4)より、

$$c = 4nNL$$

ゆえに、

$$n = \frac{c}{4NL} = \frac{3.0 \times 10^8}{4 \times 720 \times 8600} = 12.1 \dots = 12$$

答 $n = 12$ 回/s