物理基礎・物理

問題 1

(1)

$$3.0 \times 10^{-5}[\mathrm{m}^3] \times 1.0 \times 10^3[\mathrm{kg/m}^3] \times 9.8[\mathrm{N/kg}]$$

$$= 0.294\ [\mathrm{N}]$$

<u>答． 0.29 N</u>

(2)

$$0.18[\mathrm{kg}] \times 9.8[\mathrm{N/kg}] - 0.29[\mathrm{N}]$$

$$= 1.474\ [\mathrm{N}]$$

<u>答． 1.5 N</u>

(3)

$$(6.0 \times 10^{-2} + 0.5)[\mathrm{kg}] \times 9.8[\mathrm{N/kg}] + 0.29[\mathrm{N}]$$

$$= 5.778\ [\mathrm{N}]$$

<u>答． 5.8 N</u>

(4)

金属球が受ける浮力

$$3.0 \times 10^{-5}[\mathrm{m}^3] \times 1.15 \times 10^3[\mathrm{kg/m}^3] \times 9.8[\mathrm{N/kg}]$$

$$= 0.3381\,[\mathrm{N}]$$

台はかりが受ける力

$$(6.0 \times 10^{-2} + 0.5 + 0.125)[\mathrm{kg}] \times 9.8[\mathrm{N/kg}] + 0.3381[\mathrm{N}]$$

$$= 7.0511\,[\mathrm{N}]$$

答．7.1 N

物理基礎・物理

問題２

(1)

暗い部分

(2)

三辺がR、x、$(R-d)$からなる直角三角形において、

$$R^2 = x^2 + (R-d)^2$$

$$R^2 = x^2 + R^2\left(1-\frac{d}{R}\right)^2$$

dはRに比べて十分に小さいため、与えられた近似式より、

$$R^2 \fallingdotseq x^2 + R^2\left(1-2\frac{d}{R}\right)$$

$$R^2 = x^2 + R^2 - 2Rd$$

$$x^2 = 2Rd$$

答．$x^2 = 2Rd$

(3)

(2)より、

$$d = \frac{x^2}{2R} \quad \text{―――――――――――――①}$$

反射光に明線が現れる条件は、０または正の整数であるmを用いて、

$$2d = \left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda \qquad (m = 0, 1, 2 \cdots)$$

式①を代入して、

$$2\frac{x^2}{2R} = \left(m+\frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$x^2 = \left(m+\frac{1}{2}\right)R\lambda$$

ゆえに、

$$x = \sqrt{\left(m+\frac{1}{2}\right)R\lambda} \qquad (m = 0, 1, 2 \cdots) \quad \text{―――――――――――――②}$$

３本目の明線は$m=2$のときに現れるので、式②に代入して、

$$x = \sqrt{\left(2+\frac{1}{2}\right)R\lambda} = \sqrt{\frac{5}{2}R\lambda}$$

答．$x = \sqrt{\frac{5}{2}R\lambda}$

(4)

レンズとガラス板の隙間の間の光路長を考える。

反射せずに透過した光の光路長L_1は、

$$L_1 = d \quad \text{--------------- ①}$$

反射した透過光の光路長L_2は、空気からガラスに向かって入射して反射する過程を二回繰り返すため、結果として位相のずれが消滅する。

$$L_2 = 3d \quad \text{-------------- ②}$$

二つの入射光が弱めあう条件は、

$$L_2 = L_1 + \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad (m = 0, 1, 2 \cdots) \quad \text{-------------- ③}$$

ゆえに式①、②より、

$$3d = d + \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad (m = 0, 1, 2 \cdots)$$

答. $2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (m = 0, 1, 2 \cdots)$

物理基礎・物理

問題3

(1)

$P_1V = nRT_1$ の状態方程式に $V = HS$ を代入し、$P_1 = nRT_1/(HS)$ を得る。

$\underline{nRT_1/(HS)}$ [Pa]

(2)

ピストンにかかる下向きの力は $Mg + P_0S$ [N]、上向きの力は、シリンダー内の気体の圧力を P_2 とすれば、P_2S で表される。$P_2 = nRT_2/(HS)$ なので、上向きの力は、nRT_2/H [N]となる。したがって、$T_2 = (Mg + P_0S)H/(nR)$。

$\underline{(Mg + P_0S)H/(nR)}$ [K]

(3)

定圧変化なので、ピストンがシリンダー上部に達したときの気体の状態方程式は、$P_2(2HS) = nRT_3$ となる。つまり、$P_2 = nRT_3/(2HS)$。（２）で示した P_2 で等式をたてて、$T_3 = 2T_2$ を得る。

$\underline{T_3 = 2T_2}$

(4)

理想気体の定圧比熱 $C_p = C_v + R$
気体が得た熱量 $Q = nC_v(T_2 - T_1) + n(C_v + R)(T_3 - T_2)$

$\underline{n(C_v+R)T_3 - nC_vT_1 - nRT_2}$ [J]

(5)

T_1 から T_2 になるまでの間は、定積変化なので、気体は仕事をしていない。
T_2 から T_3 に気体がした仕事は、$(Mg + P_0S)H$ となる。

$\underline{(Mg + P_0S)H}$ [J]

物理基礎・物理

問題4

(1)

点 C での点 A の点電荷による電場の強さE_Aは

$$E_A = 9.0\times10^9\times\frac{6.0\times10^{-9}}{0.36^2+0.27^2}\quad[\mathrm{N/C}]$$

点 C において、点 A と点 B の点電荷によって、x軸に対称な向きに同じ強さの電場が生じるため、合成するとy軸方向には打ち消し合い、各電荷による電場のx軸方向に 2 倍の強さの電場になる。
よって、求める電場の強さは

$$2\times E_A\times\cos\angle\mathrm{ACO} = 2\times9.0\times10^9\times\frac{6.0\times10^{-9}}{0.36^2+0.27^2}\times\frac{3}{5} = \underline{320\ [\mathrm{N/C}]}$$

また、電場の向きは <u>x軸の正の向き</u>

(2)

原点 O での電位は　$2\times9.0\times10^9\times\frac{6.0\times10^{-9}}{0.36} = 300\ [\mathrm{V}]$

点 C での電位は　$2\times9.0\times10^9\times\frac{6.0\times10^{-9}}{0.45} = 240\ [\mathrm{V}]$

よって、原点 O と点 C の電位差は　300 ― 240 = <u>60 [V]</u>

(3)

仕事 W:
求める外力による仕事 Wは
$W = 6.0\times10^{-8}\times60 =$ <u>3.6×10^{-6} [N・m]</u>

説明：
原点 O では、点 A と点 B の 2 つの点電荷による電場は打ち消し合い、合成された電場はx成分、y成分ともに 0 になる。よって、原点 O では小球に静電気力がはたらかないため、小球は原点 O で静止する。（または、点 A、点 B の点電荷から小球が受ける静電気力はつり合い、小球は原点 O で静止する。）

(4)

速度 v：

小球に与えられた運動エネルギーは、点 C での静電気力による位置エネルギーにすべて変換される。

$$\frac{1}{2} \times 2.0 \times 10^{-3} \times v^2 = 6.0 \times 10^{-8} \times 2 \times 9.0 \times 10^9 \times \frac{6.0 \times 10^{-9}}{0.45}$$

$\underline{v = 0.12 \ [\mathrm{m/s}]}$

説明：

x 軸上の正位置において、点 A、点 B の点電荷によって y 軸方向には打ち消し合い x 軸の正の向きに合成された電場が生じる。よって、点 A、点 B の点電荷から小球は x 軸の正の向きに合成された静電気力を受け、小球は x 軸上を正の方向に移動し、無限遠まで達する。