เฉลย Radio wave Propagation

แบบฝึกหัด

① จงอธิบาย

Ionization = ปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมได้รับพลังงานจากภายนอกในปริมาณมากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าบวกและลบเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดสภาพของตัวนำขึ้น

Skip-zone = เป็นพื้นที่ห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับที่ไม่สามารถมองเห็นหรือรับสัญญาณได้ เนื่องจากอยู่นอกระยะของการแพร่กระจายคลื่น

Scatter = การแตกกระจายของคลื่น โดยคลื่นตกกระทบกับสิ่งกีดขวางแล้วเกิดการแตกกระจายออกเป็นจำนวนมากไปในทุกทิศทุกทาง และคลื่นที่เหลือสามารถเดินทางมาถึงเครื่องรับได้

Refractive - index = ค่าคงที่ของตัวกลางที่คลื่นเดินทางผ่านไป

Diffraction = การเลี้ยวเบนของคลื่น เมื่อคลื่นเดินทางผ่านวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับ

กับค่าดรรชนีหักเหของคลื่นที่ใช้งาน

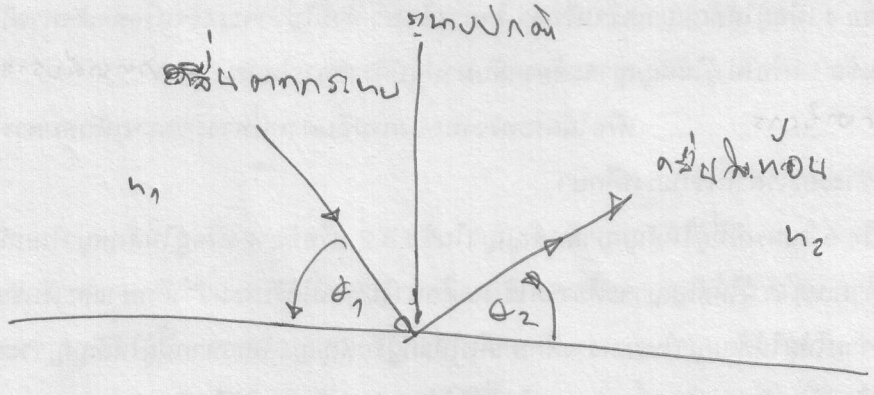
Polarization = ขั้วคลื่น หมายถึง ทิศทางของคลื่นที่เกี่ยวข้องกับการสั่นในตำแหน่งต่างๆ โดยจะพิจารณาทิศทางของเวคเตอร์สนามไฟฟ้าเทียบกับระนาบพื้นผิวโลก โดยที่ขั้วคลื่นมี ๓ แบบ คือ

① แบบลิเนียร์ (linear) → แนวนอน (Horizontal)
→ แนวตั้ง (Vertical)

② แบบวงกลม (circular)

③ แบบวงรี (Elliptic)

Snell's law = แสดงความสัมพันธ์ของคลื่นที่ตกกระทบผ่านตัวกลางแล้วหักเห



มุมตกกระทบ (Angle of Incidence) = มุมสะท้อน (Angle of Reflection)

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$

2/ จงหาความหนาแน่นผิวของโลหะเงินที่ความถี่ 10 MHz ถ้าโลหะเงินมีค่าความนำไฟฟ้า 2×10^7 S/m

$\sigma = 2\times10^7$ S/m
$f = 10$ MHz
$\mu_r = 1$

} ของโลหะที่ความถี่สูงๆ มีค่าความต้านทานผิว (Surface Resistance)

ตอบ

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}}$$

$$\delta^2 = \frac{1}{\pi \times 10 \times 10^6 \times 2\times10^7 \times 1 \times 4\pi \times 10^{-7}}$$

$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ H/m

$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi}\times10^{-9}$ F/m

$$\delta^2 = \frac{1}{789.568\times10^6} = \text{[illegible]}$$

$$\delta^2 = 1.2665\times10^{-9}$$

$$\delta = \sqrt{1.2665\times10^{-9}}$$

$$\delta = 35.588\ \mu m$$ ——— ตอบ

ตัวอย่างการคำนวณ ที่ 1

$$R_s = \frac{1}{\delta \sigma} = \sqrt{\frac{\omega \mu}{2\sigma}}$$

$$R_s = \frac{1}{2\times10^{4} \times 35.588\times10^{-6}}$$

$$R_s = \frac{1}{0.71176} = 1.404 \ \Omega$$

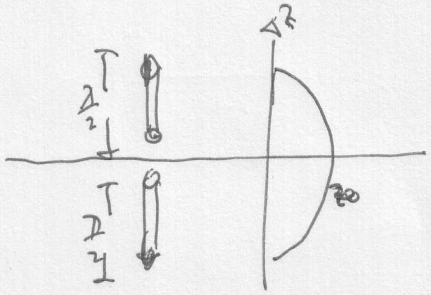
(3) ۱۶۱۵ ۸۵۰ $f = 3\ MHz$

$E = 300\ mV/m$

۵۱۱۱۵ 5 km

۵۱ power ۱۱۶۵۱۲ ۹۵۱ E.

۵۱۱۲ ۸۱۷۵۱۱۱۷ Half wave Dipole



۸۱۷۵۱۱۱۷۱۱۵۱۷. $L_e = \frac{\lambda}{\pi}$ ۲

$$\pi = \frac{3\times10^8}{3\times10^6} = 100\ m$$

$$L_e = \frac{100\ m}{\pi} = 31.83\ m.$$

$R_{rad} = 73.2\ \Omega$

$$V = E L_e = E \times \frac{\lambda}{\pi} = 300\ mV/\text{m} \times 31.83\ \text{m}$$

$$V = 9.549\ V \quad \text{——— ۱۵}$$

$$P_r = \frac{V^2}{4 R_{rad}} = \frac{(9.549)^2}{4(73.2)} = 0.3114\ \text{watt}$$

$P_r = 311.4\ mWatt$ ——— ۱۵

(ii)

$E_1 = 2,500 \text{ mV/m}$

$\sigma = 2 \text{ mS/m}$

$\varepsilon_r = 9$

$f = 3 \text{ MHz}$

$d = 20 \text{ km}, 40 \text{ km}$ → ସମାନ E. ଦୂରତା ଦିଆଯାଇଛି

(i) ଏ E ର ଦୂରତା 20 km.

ଦିଆଯାଇଛି

$$P = \frac{0.552\, d(\text{km})\, f^2(\text{MHz})}{\sigma(\text{mS/m})}$$

$$P = \frac{0.552 \times 20 \times 3^2}{2} = 52.38$$

ଏହାର ଅନୁରୂପ ଏହି ମୂଲ୍ୟ ପାଇଁ ସମୀକରଣ

$$A = \frac{2 + 0.3P}{2 + P + 0.6P^2} = \frac{2 + 0.3(52.38)}{2 + 52.38 + 0.6(52.38)^2}$$

$$A = \frac{17.714}{1700.678} = 0.010416$$

ଏହି ଦିଆଯାଇଥିବା ପାଇଁ $d = 20 \text{ km}$

$$E(\text{mV/m}) = \frac{E_1(\text{mV/m})\, A}{d(\text{km})} = \frac{2500 \times 0.010416}{20}$$

$E\ (mV/m) = 1.302\ (mV/m)$ ——— ✓

(ง) ที่ E ที่ระยะ 40 km.

ที่ ρ ที่ระยะ ที่ได้จากโจทย์.

$$\rho = \frac{0.582 \times (40) \times 3^2}{2} = \frac{209.52}{2} = 104.76$$

ที่ ตัวประกอบความลาดชัน.

$$A = \frac{2 + 0.3(104.76)}{2 + 104.76 + 0.6(104.76)^2}$$

$$A = \frac{33.428}{6,591.554} = 5.555 \times 10^{-3} = 0.005555$$

ที่ สนามไฟฟ้าที่ระยะ ที่ระยะ 40 km

$$E\ (mV/) = \frac{2500 \times 0.005555}{40}$$

$$E\ (mV/m) = 0.3122\ (mV/m)$$

——— ✓

(৫)

$f = 1$ MHz

$E = 2$ V/m

মাঝের স্তর

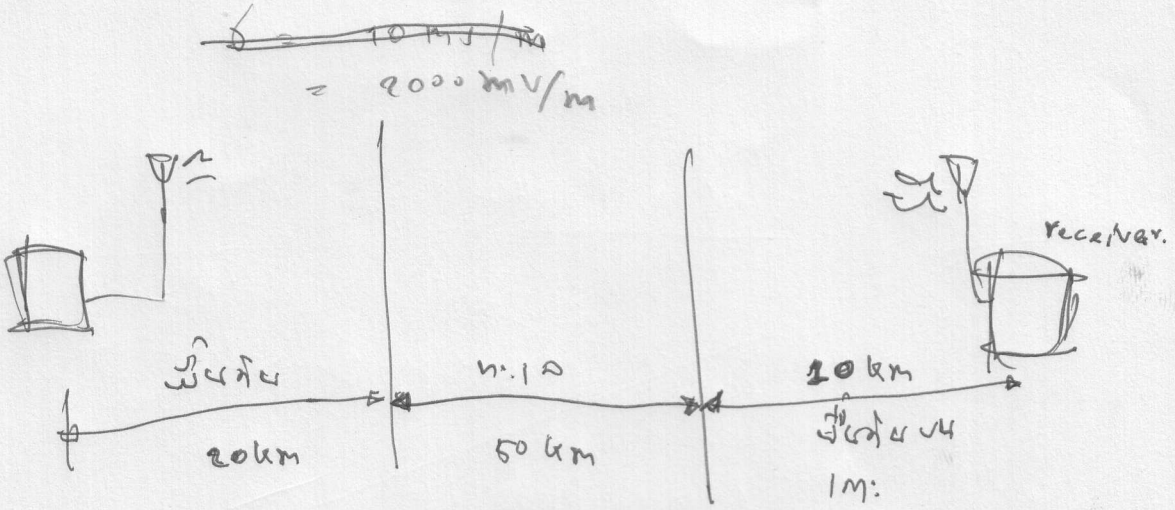
$\varepsilon_r = 9$

$\sigma = 10$ ms/m

শেষ স্তর

$\sigma = 4{,}000$ ms/m

$\varepsilon_r = 80$



তাহলে

তখন $E = \frac{(E_f + E_r)}{2}$

E_f = forward direction of electric field

E_r = reverse direction of electric field.

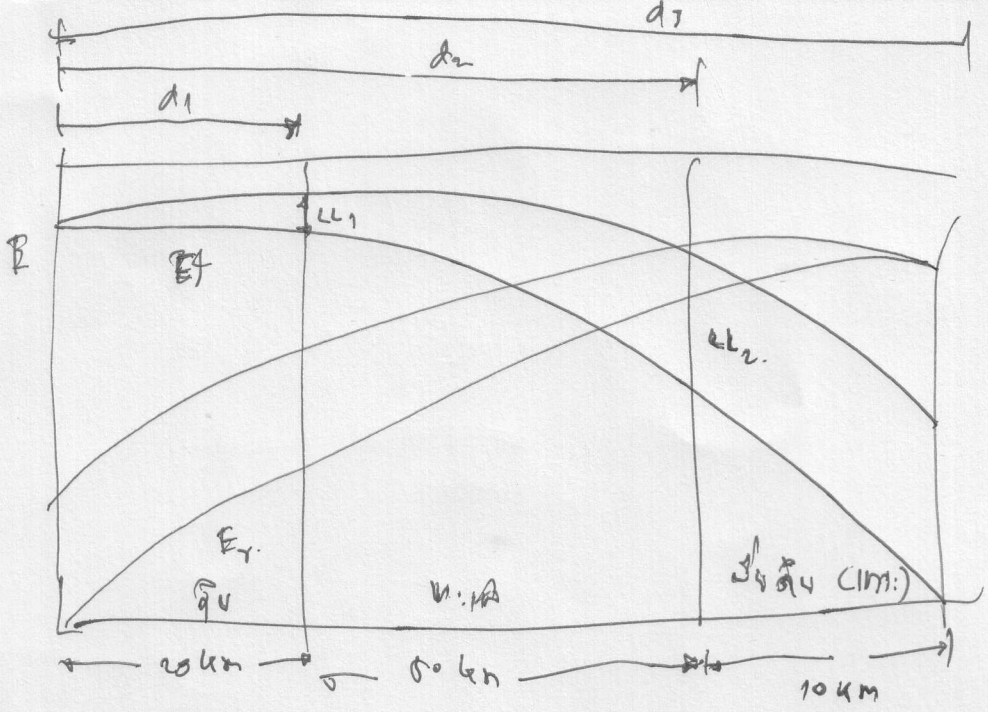
$E_f = E_s - LL - P_E$

$E_r = E_L - S_E - L_E$

LL = ভূমিজনিত ক্ষয় – মাটিতে (Land loss)

P_E = ভূপৃষ্ঠের উপরে বিকিরণ ক্ষমতা হ্রাস (Power reduction above surface)

L_E = ———— অতিরিক্ত ক্ষয়।



ଚିତ୍ର

୨ ଯଦି ମଝି ଅଞ୍ଚଳର ଦୂରତା 30 km ଏବଂ ଶେଷ ଅଞ୍ଚଳର ଦୂରତା 50 km.

ସମୀକରଣ (୫.୭), (୫.୬)

ଏବଂ (Ef) - ପ୍ରଥମ ଅଞ୍ଚଳର ଦୂରତା 20 km [$\sigma = 10 ms/m$ / $\varepsilon_r = 4$ / $f = 1$ MHz.]

$$E_A = 78 \ dB\mu$$ → ସମୀକରଣ (୫.୫)

- ମଝି ଅଞ୍ଚଳର ଦୂରତା 30 km [$\sigma = 4000 ms/m$, $\varepsilon_r = 80$, $f = 1$ MHz]

$$E_B = 80 \ (dB\mu)$$

ଏହି Land Loss

$$LL = E_B - E_A = 80 - 78 = 2 \ dB\mu$$

- ଶେଷ ଏବଂ ଶେଷ ଅଞ୍ଚଳର ଦୂରତା 80 km

$$E_C = 72 \ dB\mu$$

- ค่าสนามไฟฟ้าที่ระยะ 80 km

$$E_f = E_c - LL = 72 - 2 \text{ dB}\mu$$

$$E_f = 70 \text{ dB}\mu$$

หา E_r

- ค่าสนามที่เสาพื้นดิน [$\sigma = 10 \text{ ms/m}$, $\varepsilon_r = 4$ ที่ระยะ 50 km]

$$E_x = 68 \text{ dB}\mu$$

- ค่าสนามที่เสาน้ำเค็ม [$\sigma = 4{,}000 \text{ ms/m}$, $\varepsilon_r = 80$] ที่ระยะ 50 km

หาค่า

$$E_y = 72 \text{ dB}\mu$$

หาค่าอัตราขยาย SG (sea gain)

$$SG = E_y - E_x = 72 - 68 = 4 \text{ dB}\mu$$

- ค่าสนามที่เสาพื้นดิน [$\sigma = 10 \text{ ms/m}$, $\varepsilon_r = 4$] ที่ระยะ 80 km

$$E_z = 56 \text{ dB}\mu$$

หาค่าสนามไฟฟ้าที่ต้องการรับที่ระยะ 80 km

$$E_r = E_z + SG = 56 + 4 \text{ dB}\mu$$

$$E_r = 60 \text{ dB}\mu$$

ดังนั้น เฉลี่ยที่ได้รับ =

$$E = \frac{E_f + E_r}{2} = \frac{70 + 60}{2} = 65 \text{ dB}\mu$$

ಅಗಾಗ $E_1 = 2\ V/m = 2000\ mV/m$ ಎನ್ನುವ

ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬರುವ ಅಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ

$$CF = 20\log\left(\frac{2000}{300}\right) = 16.47\ dB$$

$$\therefore \quad E = 65 + 16.47 = 81.47\ dB\mu$$

ಆದರೆ

$$81.47 = 20\log\left(\frac{E}{10^{-6}}\right)$$

$$\log\frac{E}{10^{-6}} = \frac{81.47}{20} = 4.07$$

$$\frac{E}{10^{-6}} = 10^{4.07} = 11855.14$$

$$E = 0.011855\ V/m$$

$$E = 11.855\ mV/m$$

b/ Mid winter day-time

$f = OWF, f_H = 1.2$ MHz

$R_{12} = 110$

$\chi = 73.45°$ ที่ $50°N \rightarrow \varphi = 50°$

$P_t = 1$ kW, $G_{(t)} = 15$ dB, $d = 2$ km

$G_{(r)} = 10$ dB

ต้องการ Ionosphere loss และ ต้องการหาความถี่ใช้งานสูงสุด

ก่อนอื่น ต้องหาความถี่วิกฤต (f_c) ก่อน

ดูจากกราฟ ในตอนกลางวัน $N_{max} = 2 \times 10^{12}$ $1/m^3$ ——

ดูจากกราฟ ในตอนกลางคืน ดูที่ กลางคืน $N_{max} = 9 \times 10^{11}$ $1/m^3$

$$f_c = 9\sqrt{N_{max}} = 9\sqrt{2 \times 10^{12}} = 12.72 \text{ MHz}$$ ——

รัศมี โลก $R = 6,370$ km

$$P = 2R \frac{(\sin d/2R)}{\cos(\Delta + d/2R)}$$

และ

$$P = \left\{ d^2 (1 + h/R) + \varphi h^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ค่า

$$\sin\theta_{i0} = \sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{MUF}\right)^2}$$

mw 5.2

MUF = MUFF f_c

h_2 = 300 km, d = 2,000 km, R = 6,370 km

$$\rho = \left((2000)^2 \left(1 + \frac{300}{6370}\right) + 4 (300)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

ρ = 2,132 km

Δ° = 12° → mw 5.14

h' 2,000 km → mw 5.15

MUFF = 2.4 – 2.9

MUFF = 2.9

MUF = MUFF × f_c = 2.9 × 12.72 MHz

MUF = 36.8 MHz

OWF = (85%) MUF = 0.85 × 36.8 MHz

OWF = 31.28 MHz

$$\frac{f_c}{MUF} = \cos \theta_i$$

$$\theta_i = \cos^{-1} \frac{f_c}{MUF} = \cos^{-1} \left(\frac{12.72 \text{ MHz}}{36.8 \text{ MHz}} \right)$$

θ_i = 69.79°

R_{12} = 110

$$\gamma = \frac{d}{2R}$$

$$\gamma = \frac{2{,}000}{2(6370)} =$$

$$\gamma = 0.1569$$ ——— ④

การคำนวณเสียง Ionosphere ใช้สมการดังนี้

$$L_i = \frac{677.2 \sec(\phi_i)}{1.98\left[f_c(MHz) + f_H(MHz)\right] + 10.2} \times \sum_{j=1}^{n} I_j$$

โดย I_n

$$I_n = (1 + 0.0037(h_{12}))(\cos 0.89 \times \chi)^{\frac{1}{3}}$$ ——— ⑤

ตัวอย่าง

$$I_n = (1 + 0.0037 \times 110)(\cos(0.89 \times 73.48^\circ))^{\frac{1}{3}}$$

$$I_n = (1.407)(0.428)^{\frac{1}{3}} = 1.06$$

~~$L_i = \frac{677.2 \sec(64.79^\circ)}{1.98(1.2 + \quad)} \times (1.06)$~~

~~ดังนั้น $f = OWF \cdot f_H = 1.2\ MHz$~~

$f = OWF = 31.28\ MHz$

$f_H = 1.2\ MHz$

$$L_i = \frac{677.2 \sec(64.79^\circ) \times (1.06)}{1.98(31.28 + 1.2) + 10.2} = \frac{2070}{74.0104} = 27.78\ dB$$

ม L(b) = การสูญเสียของสัญญาณเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

(Excess system loss)

จากสมการ

$$L(b) = 9 + 7e^{\left[-\frac{(\Psi-65)^2}{112}\right]}$$

$$4 = 9 + 7e^{\left[-\frac{(50-65)^2}{(112)}\right]}$$

$$4 = 9 + 7e^{(-2.892)}$$

$$L(b) = 5.387 \quad dB$$

L(s) ที่ f = OWF = 31.28 MHz

L(s) = การสูญเสียในพื้นที่ว่างเนื่องจาก (Spatial loss)

~~$L(s) = 20\log(\quad) + 20\log(\quad)$~~

$$L(s) = 20\log\{f(MHz)\} + 20\log\{\rho(km)\} + 32.45$$

$$L(s) = 20\log(31.28) + 20\log(2732) + 32.45$$

$$L(s) = 128.43 \quad dB$$

$$P(t) = 10\log 1000 = 30 \quad dB$$

$$P(r) = P(t) + G(t) + G(r) - L(s) - L(i) - L(b)$$

$$= 30 + 15 + 10 - 128.43 - 27.78 - 5.387 \quad dB$$

$$P(r) = -111.049 \quad dB$$