

$$\frac{\cot(p\sqrt{C_i L_i})}{p\sqrt{C_i L_i}} = \frac{L}{\sqrt{C_i L_i}} \sqrt{\frac{C_i}{L_i}}$$

$$= \frac{L}{L_i} \dots \dots \dots (14)$$

トナル。コレハ第3節ノ(I)ニ述ベタ(30)式ト全ク同一ノモノデア
アル。

次ニ又特別ナル場合トシテ、(12)式ニ於テ、 $L=0$ トスレバ、次
式ヲ得ル。

$$-\frac{1}{pC} \tan(p\sqrt{C_i L_i}) = \sqrt{\frac{L_i}{C_i}}$$

即

$$-\frac{\tan(p\sqrt{C_i L_i})}{p\sqrt{C_i L_i}} = \frac{C}{\sqrt{C_i L_i}} \sqrt{\frac{L_i}{C_i}}$$

$$= \frac{C}{C_i} \dots \dots \dots (15)$$

コレハ第3節ニ述ベタ、(II)ノ(39)式デア
ル。

上記ノ重要ナル方程式(12)ハ、第3節ニ述ベタ、リアクタンス論
ニ據レバ、甚ダ簡單ニ之ヲ釋出スルコトガ出來ル。經由電路即
架空線ノ底部ト、地絡點トノ間ニ於ケル、電路ノ全リアクタンス
ハ、回線ニ基因スルモノト、蓄電器ニ基因スルモノトノ和、即

$$pL - \frac{1}{pC}$$

デア
ル。然ルニ架空線ニ於ケル、リアクタンスハ、第3節ニ述ベ
タ通り

$$-\sqrt{\frac{L_i}{C_i}} \cot(p\sqrt{C_i L_i})$$

デア
ル。故ニ固有電氣振動ノ發起スルノハ、綜合リアクタンス
ガ、零ナルトキデア
ル、即

$$pL - \frac{1}{pC} - \sqrt{\frac{L_i}{C_i}} \cot(p\sqrt{C_i L_i}) = 0 \dots \dots \dots (16)$$

ナル場合デア
ル、隨テ

$$pL - \frac{1}{pC} = \sqrt{\frac{L_i}{C_i}} \cot(p\sqrt{C_i L_i}),$$

即

$$(pL - \frac{1}{pC}) \tan(p\sqrt{C_i L_i}) = \sqrt{\frac{L_i}{C_i}}$$

デア
ル。コレハ全ク上記ノ(12)式ト、同一ナルモノデア
ル。

終リニ言フ可キコトガアル。第3節、第4節、第5節、及本節ニ
於ケル $\cot(p\sqrt{C_i L_i})$, $\tan(p\sqrt{C_i L_i})$, 隨テ又 $\cot(2\pi l/\lambda)$, $\tan(2\pi l/\lambda)$ ノ値ヲ、算
出スルニハ、既ニ前ニ述ベタ通り、級數展開法ニ由ラネバナラス。
此ノ如シテ、 p ノ値ガ決定シ、又 λ ノ値ガ決定スレバ、ソレデ問題
ハ、解決スルノデア
ル。經由電路ガ存在セザル場合ニ於ケル、架
空線ノ基礎固有振動ニ相當スル波長ヲ、 λ_0 デ表ハセバ、第3節等
ニ述ベタ通り

$$\lambda_0 = 4l$$

デア
ル、隨テ

$$\frac{2\pi l}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda_0}{4}$$

$$= \frac{\pi}{2} \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

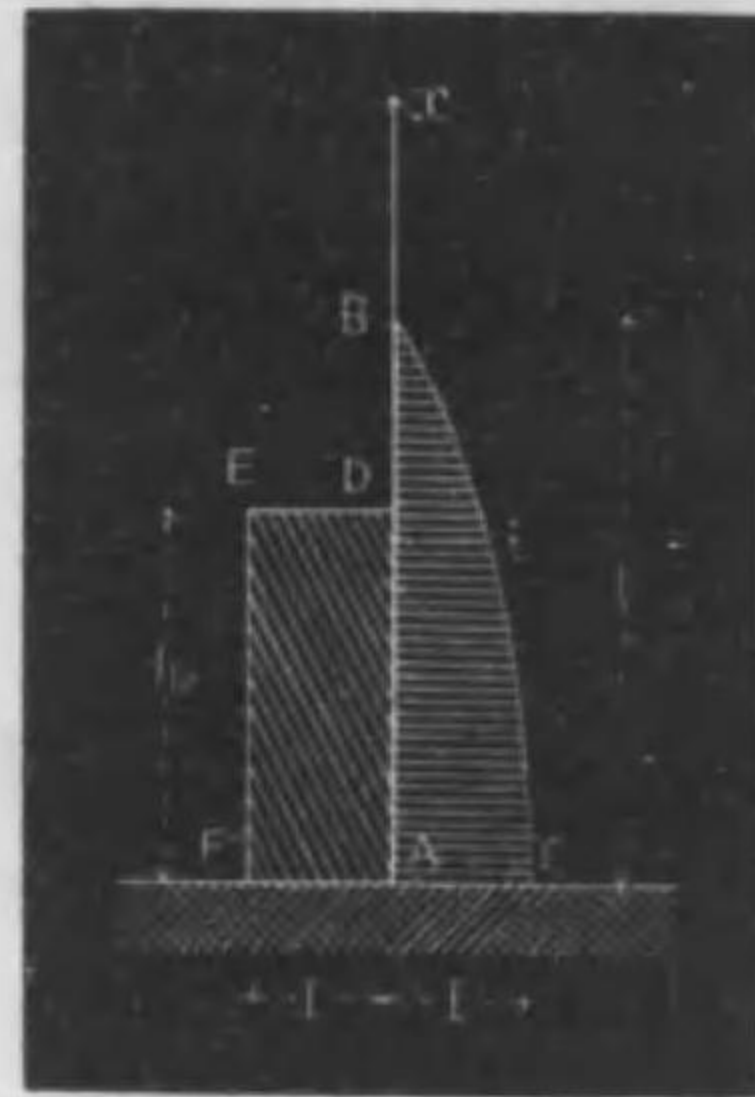
デア
ル。故ニ $p\sqrt{C_i L_i}$, 隨テ $2\pi l/\lambda$ ノ値ガ決定スレバ、經由電路ノ
影響トシテ、單純架空線ニ相當スル波長 λ_0 ガ、變ジテ如何ナル波

長 λ ト爲ルカト云フコトガ直ニ分カルノデアル。換言スレバ、
 λ ト λ トノ關係ガ判明スルノデアル。

7. 架空線ノ有効高

架空線ノ有効高ト謂フモノハ、如何ナルモノデアルカ、之ヲ述
ブルコトガ必要デアル。此有効高ハ、基礎固有振動ノ場合ニ關
スルモノデアル。第55圖ニ示ス如ク、基礎固有振動ノ場合ニ於

テハ、架空線上ニ於ケル振動電流ノ
振幅ハ、一ノ正弦曲線 BC デ表ハス
コトガ出來ル。此振幅ノ値ハ、架空
線上到ル所異ナリ、シカモ上部ニ行
ク程、減少スルノデアル。ソコデ、今
此所ニ一ノ假想的架空線ガアツテ、
其振幅ハ到ル所同一デアル、即考フ
ル所ノ架空線ノ地絡點 A ニ於ケル、
最大振幅 AC ニ等シキ振幅ヲ有シ
テヲルトシヤウ。ソウシテ、此假想



55

的架空線ハ、丁度考フル所ノ架空線ト同一ナル振動的效果ヲ呈
スル者デアルトシヤウ。ソウスルト、此ノ如キ架空線ノ高サヲ、
有効高ト稱スルノデアル。

圖ノ左側ニ示ス如ク、AFヲACニ等シクトツテ、矩形AFEDヲ
畫キ、此矩形ノ面積ガ、丁度ABト正弦曲線BCトニヨツテ、限界ナ

1. Effective height.

ル面積 ABC ニ等イトシヤウ。ソウスルト、此矩形ノ高サ EF
ガ、即考フル所ノ有効高デアル、以下之ヲ h_e デ表ハソウ。

之ヨリ進ンデ、此有効高ヲ、數理的式ヲ以テ表ハソウ。架空線
ABノ方向ヲ、 x 軸ニ選ビ、其底部 A ヲ坐標ノ原點トシヤウ。線
上任意ノ點ニ於ケル振動電流ノ振幅ヲ i トシ、ソウシテ其底部
A ニ於ケル振幅、即最大振幅ノ値ヲ、 I デ表ハソウ。ソウスルト、
上記ノ有効高ナルモノハ、明ニ次ノ一般式ニヨツテ與ヘラル。

$$h_e = \frac{1}{I} \int_0^l i dx \dots \dots \dots (1)$$

此式ガ示ス通り、 $h_e I$ ハ上記ノ矩形面積 AFED ヲ表ハシ、ソウ
シテ積分ハ、面積 ABC ヲ表ハスノデアル。

基礎固有振動ノ場合ニ於テハ、振動電流ノ振幅ハ次式

$$i = I \cos\left(\frac{\pi x}{2l}\right) \dots \dots \dots (2)$$

ヲ表ハシテヨイ、又少シ一般ニ次式

$$i = I \sin \frac{2\pi}{\lambda}(l-x) \dots \dots \dots (3)$$

ヲ表ハシテヨイ、但此場合ニ於テハ

$$\lambda = 4l \dots \dots \dots (4)$$

デアル。(2)式ヲ使用スレバ

$$\begin{aligned} \int_0^l i dx &= \int_0^l I \cos\left(\frac{\pi x}{2l}\right) dx \\ &= I \cdot \frac{2l}{\pi} \left| \sin\left(\frac{\pi x}{2l}\right) \right|_0^l \\ &= I \cdot \frac{2l}{\pi} \end{aligned}$$

デアル。又(3)式ヲ使用スレバ

$$\begin{aligned} \int_0^l i dx &= \int_0^l I \sin \frac{2\pi}{\lambda}(l-x) dx \\ &= I \frac{\lambda}{2\pi} \left[\cos \frac{2\pi}{\lambda}(l-x) \right]_0^l \\ &= I \frac{\lambda}{2\pi} \\ &= I \frac{2}{\pi} l \end{aligned}$$

デアル。故ニ考フル所ノ架空線ノ有効高ハ

$$h_e = \frac{2}{\pi} l \dots \dots \dots (5)$$

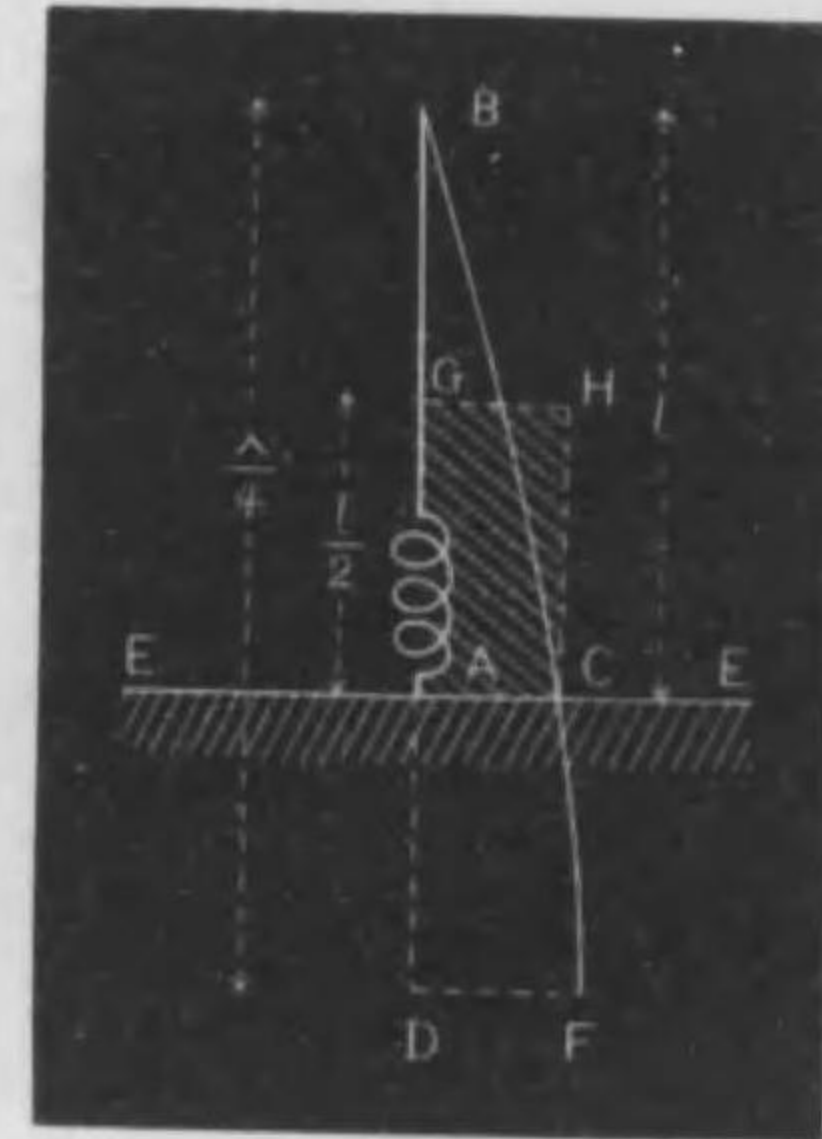
デアル。

架空線ガ單純ナルモノデアル代リニ、其底部ニ大ナル自己感應係數ヲ有スル回線ガアツテ、一ノ經由電路ヲ形成シテアルトスレバ如何。此ノ如キ場合ニ於テハ、此回線ノ爲メ、波長ガ著ルシク増大スル。隨テ架空線上ニ於ケル、振動電流ニ於ケル振幅ノ配布状態ハ、正弦曲線ノ代リニ、第56圖ニ示ス如ク、單ニ一ノ直線BCヲ以テ表ハシテモ、殆ド差支ガ無イ。然リ波長ガ甚ダ大ナレバ、架空線ニ於ケル振幅ハ、長キ正弦曲線ACFノ上部ノミデ表ハサルルコトニナルカラ、此部分BCハ殆ド直線デアルト、考ヘテモヨイノデアル。式ヲ以テ之ヲ表ハセバ

$$i = I \frac{l-x}{l} \dots \dots \dots (6)$$

デアル、隨テ有効高ハ

$$\begin{aligned} h_e &= \frac{1}{I} \int_0^l i dx \\ &= \int_0^l \frac{l-x}{l} dx \\ &= \left[x - \frac{x^2}{2l} \right]_0^l \\ &= \frac{1}{2} l \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$



56

デアル。此式ハバークハウゼン¹ノ見解ニ據ルモノデアル。

サテ此所ニ、形態因數²ト稱スルモノヲ、考設スルコトモ、亦便利デアル。然ラバ此因數ハ、如何ナルモノデアルカト云フト、ソレハ振動電流ニ於ケル振幅ノ平均値ト、其最大値即其最大振幅トノ比デアル。前者ヲ i_m 、後者ヲ上記ノ通り I トシ、ソウシテ考フル所ノ因數ヲ、 a デ表ハセバ

$$a = \frac{i_m}{I} \dots \dots \dots (8)$$

デアル。然ルニ振動電流ニ於ケル振幅ノ平均値ハ

$$i_m = \frac{1}{l} \int_0^l i dx \dots \dots \dots (9)$$

デアルカラ

$$a = \frac{1}{I} \frac{1}{l} \int_0^l i dx \dots \dots \dots (10)$$

1. Barkhausen. 2. Form-factor.

デアル、随テ有効高ハ、次式デ與ヘラルルノデアム。

$$h_e = al \dots \dots \dots (11).$$

之ヲ上記ノ(5)式及(7)式ト比較スレバ、直ニ分カル通り、單純架空線ノ場合ニ於テハ、形態因數ハ $2/\pi$ デアリ、ソウシテ大回線ヲ有スル、架空線ノ場合ニ於テハ、此因數ハ $1/2$ デアル。

次ニ進ンデ、第57圖ニ示ス如キ、傘形架空線ノ有効高ヲ考ヤウ。此場合ニ於テハ、架空線ガ全部一直線デナイカラ、無論上述ノ如キ、簡單ナル算法ヲ使用スルコトハ出来ナイ。シカシ架空線ノ垂直部 AB ト、其垂下部 BC 及 BD ニ於ケル、振動電流ノ振幅ハ、各々正弦曲線ノ一部ヲ以テ、表ハシ得ルモノデアルトシヤウ。精確ニ言ヘバ、頂點 B、即架空線ガ分折スル所ニ於テハ、振動波ニ反射ノ現象ガ、多少起ルノデアル。然レドモ、問題ヲ簡單ニスル爲メ、此ノ如キ現象ハ、無視シ得ル程度ノモノトシヤウ。

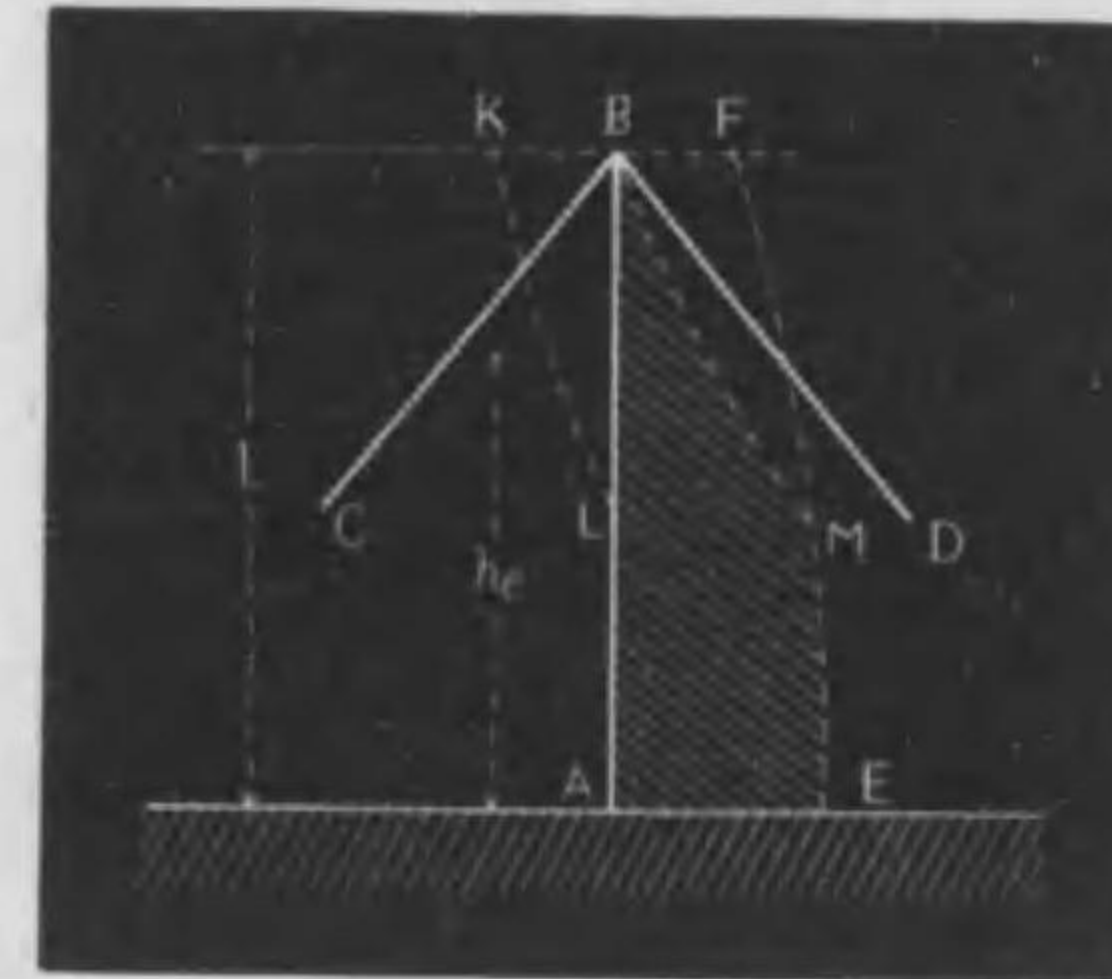


57

ソウスルト、垂直部 AB ニ於ケル、振動電流ノ振幅ハ、正弦曲線ノ一部分 EF デ表ハシ、ソウシテ左右垂下部 BC ト BD ニ於ケル振幅ハ、各々正弦曲線ノ一部分 GC ト、HD デ表ハスコトガ出来ル。但其總和ハ、正弦曲線 EF ノ殘部ニ、等シキモノデアルトスル。

架空線ノ垂直部 AB ヲ流ルル、振動電流ノ方向ガ、上方デアルトスレバ、垂下部 BC ト BD ニ於ケル、振動電流ノ方向ハ、圖ニ小矢

ヲ以テ示ス如ク、下方デアル。故ニ垂直部ト垂下部ニ於ケル、振動電流ノ作用ハ、互ニ抹消セントスルノデアル。然ラバ此抹消ノ度ハ、何ニヨツテ決スルカト云フト、ソレハ AB ニ垂直ナル、BC ト BD ニ於ケル振幅ノ部分デアル。換言スレバ、例ヘバ圖ノ左側 ECG ニ於テ、P ニ於ケル振幅 PQ ヲ、AB ニ垂直ナル部分ト、平行ナル部分トニ分解スル。ソウシテ、總テ他



58

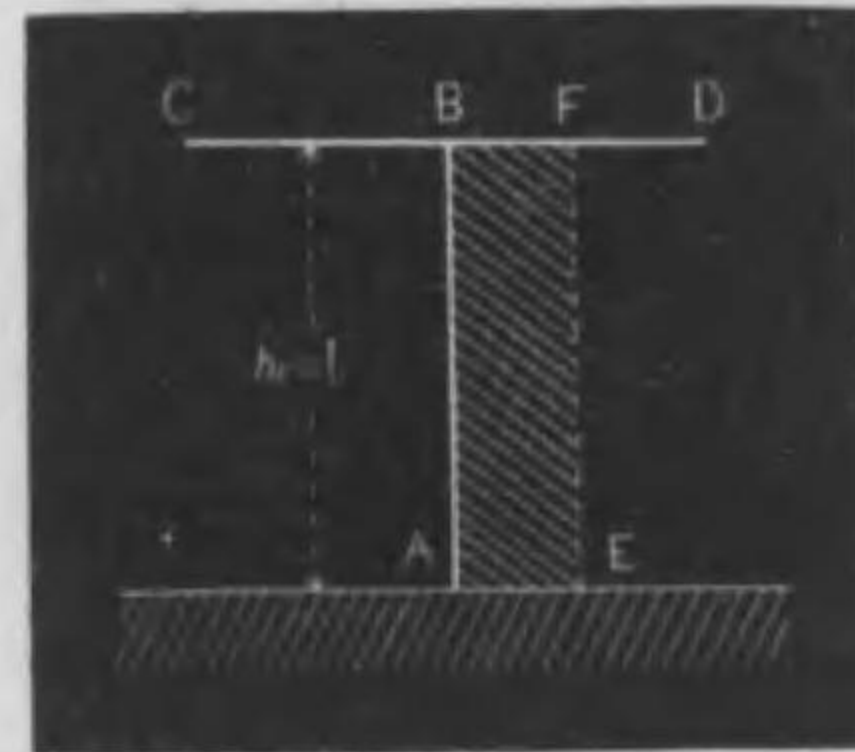
ノ振幅ニ關シテモ、同様ニ之ヲ分解スル。ソウスルト、前者即 AB ニ垂直ナル、振幅ノ配布状態ハ、或ルーノ曲線 RS デ表ハナル。又圖ノ右側ニ於ケル、BDH ニツイテモ、同様ナル曲線ヲ得ルノデアル。此ノ如ク、AB ニ垂直ナル振幅ハ、垂直部 AB ト全ク反對ナル、作用ヲ惹キ起スノデアル。第58圖ノ曲線 KL ハ、此反對作用ヲ標榜スルモノデアル。此曲線ハ、無論垂下部 BC ト BD ニ基因スル、反對作用ヲ、一括綜合シテ、標榜シタモノデアル、即上記ノ曲線 RS ト、之ニ相當スル右側部ノ曲線ヲ、綜合シタモノデアル。

故ニ考フル所ノ有効高ヲ求ムルニハ、先ヅ垂直部 AB ト、曲線 EF トガ、限界スル面積 ABFE ヲ計算スル。ソウシテ、又垂直部 AB ト、曲線 KL ガ、限界スル面積 KBL ヲ計算スル。ソウスルト、此二面積ノ差、即面積 ABFE ト、面積 KBL ノ差ガ、有効高ヲ決定スルノデアル。第58圖ニ、斜影線ヲ附シテアル、面積 ABME ハ、此差

ヲ表ハスモノデ、コレガ分カレバ、直ニ有効高ヲ算出スルコトガ出来ル。換言スレバ、架空線ノ底部ニ於ケル、振動電流ノ最大振幅 AE ノ値デ、上記斜影線面積ノ値ヲ除シタモノガ、求ムル所ノ有効高デアル。傘形架空線ノ有効高ハ、上述ノコトヲ考スレバ、直ニ分カル通り、無論其形状、大小、傾斜等ニ關係スルモノデアルカラ、一々其場合ニ應ジテ、上記ノ如キ圖式法ニ由リ、之ヲ算出セネバナラス。實際諸所ニ於テ、使用サレテアル、傘形架空線ノ形態因數ハ、0.75 程度ノモノデアアル。故ニ架空線ノ高サヲ l トスレバ、其有効高ハ $0.75l$ デアル。

終リニ考フ可キコトハ、T 字形架空線ノ有効高デアアル。傘形架空線ノ場合ニ於テ、其垂下部 BC

ト BD ノ傾斜度ガ減少スレバ、前ニ述ベタ抹消作用ハ減少スル。特別ナル場合トシテ、BC ト BD ガ上昇シテ、水平位置ニ達シタトスレバ、之ヲ流ルル振動電流ハ、垂直部 AB ヲ流ルル振動電流ニ對シテ、直角状態トナル、隨テ BC、BD ト AB トノ相互抹消作用ハ、全滅スルノデアアル。此ノ如ク、BC ト BD ガ、水平位置ヲトル場合ハ、何デアアルカト云フト、コレハ T 字形架空線ノ場合デアアル。故ニ此場合ニ於テハ、架空線ノ有効高ヲ決定スルモノハ、單ニ垂直部 AB デアル。然ルニ T 字形架空線ノ場合ニ於テハ、電氣容量ハ、主トシテ架空線ノ横臥部ニ存在スルカラ、垂直部 AB ニ於ケル、振動電流ノ振幅ハ、殆ド到ル所同一デアルト考ヘテ、大差ガナ



59

イ。第 59 圖ニ示ス如ク、AB ニ相當スル振幅曲線ハ、AB ニ平行ナル一ノ直線 EF デアルト考ヘテヨイ、隨テ此直線ト垂直部 AB ガ限界スル、斜影線面積 ABFE ハ、一ノ矩形デアアル。故ニ T 字形架空線ノ形態因數ハ 1 デアツテ、其有効高ハ、高サ l ニ等イノデアアル。此ノ如クバークハウゼンハ論述シテアル。

附言。

單純架空線ノ底部ニ、大ナル自己感應係數ヲ有スル回線ガ存在スルトキハ、第 3 節及第 5 節ニ詳論シタ通り、固有振動ノ振動數ガ減少スル、隨テ架空線カラ發起スル電波ノ波長ガ著ルシク増大スル。此ノ如キ回線ガ存在スルトイフコトハ、單ニ其結果カラ考フレバ、此回線ハ存在セズ、其ノ代リニ、恰モ架空線ノ長サガ増大シタ如キ觀ヲ呈スルノデアアル。第 56 圖ニ示ス如ク、架空線 BA ハ、一ノ單純架空線 BD デ代表シテヨイ。然リ其固有振動ニ於ケル、振動電流ノ振幅ハ、正弦曲線 BCF デ表ハシテヨイ、隨テ AD ハ此振動ニ相當スル波長ノ四分ノ一、即 $l/4$ ニ等イノデアアル。

上記ノコトハ特ニ説明ヲ待タズ、第 56 圖ヲ考スレバ、分カルコトトハ思フガ、念ノ爲メ此所ニ此附言ヲ追加ス。

第五章

電磁波ニ關スル現象

1. 半導電的媒體ニ於ケル電磁波ノ傳播.

半導電的媒體¹ニ於テハ、導電的電流ノ外ニ、又變位電流ガ存在スルノデアアル。故ニ此ノ如キ媒體ニ關スル、電磁方程式ハ、第二章第2節ニ據リ、下記ノ通りデアアル。

$$\left. \begin{aligned} \frac{K}{c} \frac{\partial X}{\partial t} + \frac{4\pi k X}{c} &= \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}, \\ \frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi k Y}{c} &= \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, \\ \frac{K}{c} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{4\pi k Z}{c} &= \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1),$$

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\mu}{c} \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}, \\ -\frac{\mu}{c} \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}, \\ -\frac{\mu}{c} \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots (2), \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} &= 0 \dots (3), \\ \frac{\partial L}{\partial x} + \frac{\partial M}{\partial y} + \frac{\partial N}{\partial z} &= 0 \dots (4). \end{aligned} \right.$$

(1)ノ第一式ニ μ/c ヲ乗ジテ、之ヲ t ニ對シテ微分シ、ソウシテ (2)及(3)式ヲ適用スレバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial X}{\partial t} = \nabla^2 X \dots\dots\dots (5).$$

又同様ニ次式ヲ得ルノデアアル。

1. Semi-conducting medium.

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial Y}{\partial t} &= \nabla^2 Y \dots\dots\dots (6), \\ \frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial Z}{\partial t} &= \nabla^2 Z \dots\dots\dots (7). \end{aligned} \right.$$

次ニ(2)ノ第一式ニ、 K/c ヲ乗ジテ、之ヲ t ニ對シテ微分スレバ

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 L}{\partial t^2} = -\frac{K}{c} \left(\frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial Y}{\partial t} \right)$$

デアアルカラ

$$\begin{aligned} \frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 L}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial L}{\partial t} &= -\frac{K}{c} \left(\frac{\partial}{\partial y} \frac{\partial Z}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \frac{\partial Y}{\partial t} \right) - \frac{4\pi k}{c} \left(\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z} \right) \\ &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi k Y}{c} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{K}{c} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{4\pi k Z}{c} \right) \\ &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y} \right) \\ &= \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 L}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 L}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial L}{\partial x} + \frac{\partial M}{\partial y} + \frac{\partial N}{\partial z} \right) \\ &= \nabla^2 L \dots\dots\dots (8). \end{aligned}$$

又同様ニ次式ヲ得ルノデアアル。

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 M}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial M}{\partial t} &= \nabla^2 M \dots\dots\dots (9), \\ \frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 N}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial N}{\partial t} &= \nabla^2 N \dots\dots\dots (10). \end{aligned} \right.$$

上記ノ四式、(1)、(2)、(3)及(4)ヲ、ベクトル記號ヲ以テ表ハセバ

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{K}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi k}{c} \mathbf{E} &= \text{curl } \mathbf{H} \dots\dots\dots (11), \\ -\frac{\mu}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} &= \text{curl } \mathbf{E} \dots\dots\dots (12), \\ \text{div } \mathbf{E} &= 0 \dots\dots\dots (13), \\ \text{div } \mathbf{H} &= 0 \dots\dots\dots (14). \end{aligned} \right.$$

觀念ヲ明確ニスル爲メ、此等ノベクトル式ヲ使用シテ、上記ノ諸式(5), (6), (7), 及(8), (9), (10)ヲ、一般的ニ算出シヤウ。

(12)式ニ curl 作用ヲ施セバ

$$-\frac{\mu}{c} \frac{\partial}{\partial t} (\text{curl } \mathbf{H}) = \text{curl}^2 \mathbf{E}$$

デアルカラ、(11)式ニヨリ

$$-\frac{\mu}{c} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{K}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi k}{c} \mathbf{E} \right) = \text{curl}^2 \mathbf{E} \\ = -\nabla^2 \mathbf{E} + \text{grad div } \mathbf{E}$$

デアル、随テ(13)式ニヨリ

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \nabla^2 \mathbf{E} \dots \dots \dots (15)$$

デアル。

次ニ(11)式ニ curl 作用ヲ施セバ

$$\frac{K}{c} \frac{\partial}{\partial t} (\text{curl } \mathbf{E}) + \frac{4\pi k}{c} \text{curl } \mathbf{E} = \text{curl}^2 \mathbf{H}$$

デアルカラ、(12)式ニヨリ

$$-\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} - \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \text{curl}^2 \mathbf{H} \\ = -\nabla^2 \mathbf{H} + \text{grad div } \mathbf{H}$$

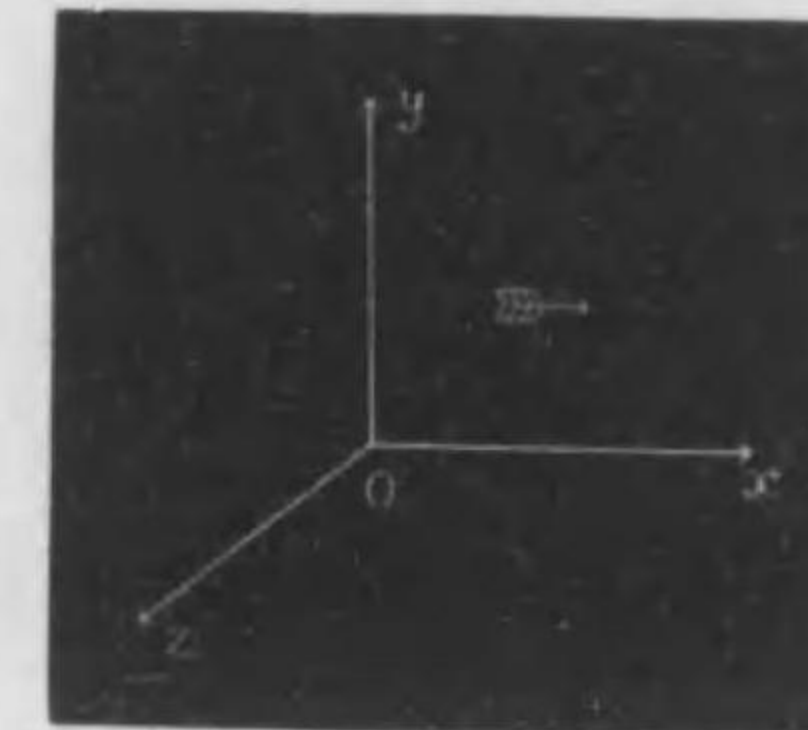
デアル、随テ(14)式ニヨリ

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \nabla^2 \mathbf{H} \dots \dots \dots (16)$$

デアル。

上記ノ諸式ハ、一般ナルモノデアルガ、問題ヲ簡單ニスル爲メ、考フル所ノ媒體ハ、一ノ平面ヲ境界サレテアルトシヤウ、ソウシ

テ此ノ平面ヲ、yz 面ト選定シヤウ。ソウスルト、此ノyz 面ノ右方ニ位スル部分ガ、考フル所ノ媒體デアリ、随テx 軸ノ正方向ハ、此媒體內ニアル。第60圖ニ矢ヲ示ス如ク、一ノ平面的電磁波ガ、x 軸ノ方向ニ、媒體ニ向テ進來スルトスル。此圖ニ於テ坐標面 yoz ハ、媒體ノ表面デアル。



60

問題ヲ簡單ニスル爲メ、電波ニ於ケル電力ハ、y 軸ノ方向ノミニ極限セラレ、又磁力ハz 軸ノ方向ノミニ、極限セラレルトシヤウ。故ニ本論ニ於テハ、先ヅ電力Yニ關スル、微分方程式(6)ヲ考フレバ、ヨイノデアル。yz 面ハ、考フル所ノ電磁波ノ波面¹デアルカラ、坐標y、zニ對スル、Yノ微分係數ハ零トナル、随テ(6)式ハ次記ノ通りニナル。

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{4\pi k\mu}{c^2} \frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \dots \dots \dots (17)$$

電力Yハt及xノミノ函數デアルカラ、之ヲ下記ノ通り、t及xノ複素數函數ヲ表ハソウ。

$$Y = ae^{q(t - \frac{ax}{c})} \dots \dots \dots (18)$$

但此式ニ於テ、aハ或ル複素數デアリ、ソウシテqハ或ル複素數デアル。

此Yノ値ヲ、(17)式ニ置換スレバ

$$\frac{K\mu}{c^2} a^2 p^2 + \frac{4\pi k\mu}{c^2} aip = a^2 p^2 \frac{q^2}{c^2}$$

1. Wave front.

即

$$-K\mu p^2 + 4\pi k\mu i p = -p^2 q^2$$

デアル,随テ

$$q^2 = K\mu - \frac{4\pi k\mu i}{p} \dots\dots\dots (19)$$

デアル. 故ニ q ノ値ガ,此式ヲ満足スルナラ,(18)式ハ(17)式ノ解
デアル. 然ルニ此常数 q ハ,上記ノ通り,複素數デアルカラ

$$q = \nu - ix \dots\dots\dots (20)$$

トオカウ,ソウスルト,(18)式ハ

$$Y = ae^{-\frac{xpx}{c}} e^{ip(t-\frac{yx}{c})} \dots\dots\dots (21)$$

トナル.

此式中 c/ν ハ,明ニ考フル所ノ媒体内ニ於ケル,電磁波ノ速度ヲ,
表ハスモノデアルカラ, ν ハ媒體ノ屈折率ヲ表ハシテヲル. 真
空中,随テ實際空气中ニ於ケル,電磁波ノ波長ヲ λ トスレバ

$$c = \lambda/T, \quad p = 2\pi/T$$

デアルカラ

$$\frac{p}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

デアル,随テ

$$\frac{xpx}{c} = \frac{2\pi xx}{\lambda} \dots\dots\dots (22)$$

デアル. 故ニ(21)式ハ

$$Y = ae^{-\frac{2\pi xx}{\lambda}} e^{ip(t-\frac{yx}{c})} \dots\dots\dots (23)$$

トナル. 此式ヲ一見スレバ,直ニ分カル通り,電波ガ媒体内ヲ, λ
ニ等シキ距離ダケ,進行スレバ,其振幅ハ原値ノ

$$\frac{1}{e^{\frac{2\pi x}{\lambda}}}$$

ニ減少スル. ソコデ常数 x ヲ名ヅケテ,媒體ノ消滅係數ト謂フ
ノデアル.

サテ(20)式ヲ二乗スレバ

$$q^2 = \nu^2 - 2i\nu x - x^2$$

トナルカラ,之ヲ(19)式ト比較スレバ,分カル通り

$$\nu^2 - x^2 = K\mu \dots\dots\dots (24)$$

デアル,ソウシテ

$$\frac{2\pi k\mu}{p} = \nu x,$$

即

$$\nu x = k\mu T \dots\dots\dots (25)$$

デアル. 故ニ(24)式ヲ二乗シ,之ニ(25)式ヲ二乗シタモノノ四倍
ヲ加フレバ

$$\nu^4 + 2\nu^2 x^2 + x^4 = K^2 \mu^2 + 4k^2 \mu^2 T^2$$

トナル,随テ

$$\nu^2 + x^2 = \mu \sqrt{K^2 + 4k^2 T^2} \dots\dots\dots (26)$$

デアル. 然ルニ電波ノ場合ニ於テハ,媒體ノ透磁率 μ ノ値ハ, 1
ニ等イト考ヘテヨイカラ,上記(24)式ト,(26)式トニヨリ,次ノ重要
ナル式ヲ得ルノデアル.

$$\left\{ \begin{aligned} \nu^2 &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{K^2 + 4k^2 T^2} + K \right) \dots\dots\dots (27), \\ x^2 &= \frac{1}{2} \left(\sqrt{K^2 + 4k^2 T^2} - K \right) \dots\dots\dots (28). \end{aligned} \right.$$

1. Extinction coefficient.

消滅係数 κ は、上述ノ通り、電波ガ半導電的媒体内ヲ通過スル際ニ起ル、吸収作用ヲ表ハスモノデアアル。此作用ニ因テ、電力ノ振幅隨テ電波ノエネルギーハ、段々減少スルノデアアル。然ラバ此減少ノ度ハ、如何ニ之ヲ表ハスノガ、便利デアアルカト云フト、ソレハ電力ノ原振幅ガ、其 $1/e$ 即約其 $1/3$ ニ減少スルマデニ、電波ガ通過スル行程ヲ、計算スレバヨイ。

(21)式ニヨリ、此行程ヲ、特ニ d デ表ハセバ

$$d = \frac{c}{\kappa p} \dots \dots \dots (29)$$

デアアル。之ヲ見レバ、明カナル通り、消滅係数 κ ノ値ガ大ナル程、吸収作用ハ顯著デアアル。觀念ヲ明確ニスル爲メ、此所ニ一例トシテ、電波ガ濕土及乾土内ヲ通過スル場合ヲ考ヤウ。

(i) 濕土

考フル所ノ電波ノ波長ヲ、600メートル隨テ

$$T = 2 \times 10^{-6} \text{ 秒}$$

トシヤウ、ソウシテ濕土ノヂエレキ常数ヲ

$$K = 10$$

トシ、其導電率ヲ

$$5 \times 10^{-14} \text{ 電磁單位 C.G.S.}$$

トシヤウ、隨テ

$$\begin{aligned} k &= (3 \times 10^{10})^2 \times 5 \times 10^{-14} \\ &= 5 \times 9 \times 10^6 \text{ 靜電單位 C.G.S.} \end{aligned}$$

デアアル。故ニ(28)式ニヨリ

$$\kappa^2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{10^2 + 4 \times 5^2 \times 9^2 \times 10^{12} \times 4 \times 10^{-12}} - 10 \right)$$

$$\doteq 85$$

デアアル、隨テ

$$\kappa \doteq 9.2$$

トナルカラ、振動電力ノ原振幅ガ、其 $1/e$ 即約其 $1/3$ ニ減少スルマデニ、電波ガ濕土内ヲ通過スル距離ハ、(29)式ニヨリ

$$d = \frac{3 \times 10^{10}}{9.2 \times 2\pi / 2 \times 10^{-6}}$$

$$\doteq 1.04 \times 10^3 \text{ センチメートル}$$

$$= 10.4 \text{ メートル}$$

デアアル。

(ii) 乾土

電波ノ波長ハ、前ト同様ニ 600メートルトシ、ソウシテ乾土ノヂエレキ常数ヲ

$$K = 6$$

トシ、其導電率ヲ

$$10^{-15} \text{ 電磁單位 C.G.S.}$$

トシヤウ、隨テ

$$k = (3 \times 10^{10})^2 \times 10^{-15}$$

$$= 9 \times 10^5 \text{ 靜電單位 C.G.S.}$$

デアアル。故ニ(28)式ニヨリ

$$\kappa^2 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{36 + 4 \times 9^2 \times 10^{10} \times 4 \times 10^{-12}} - 6 \right)$$

$$= \frac{1}{2} (\sqrt{36+12.96}-6)$$

$$\doteq 0.5$$

デアル,随テ

$$x \doteq 0.7$$

トナル. 故ニ所求ノ距離ハ

$$d = \frac{3 \times 10^{10}}{0.7 \times 6.3 \times 5 \times 10^5}$$

$$\doteq 1.4 \times 10^4 \text{ センチメートル}$$

$$= 140 \text{ メートル}$$

デアル.

此所ニ注意ス可キ,大切ナコトガアル. (29)式ガ示ス通り, d ハ p ニ逆比例スル,即電力ノ振動數ニ逆比例スル,随テ電波ノ波長ニ正比例スル. 故ニ波長ガ短クナルニ從ヒ, d ノ値ハ之ニ應ジテ,減少スルノデアル. 上記ノ一例ニ於テハ,電波ノ波長ハ, 600メートルトシテアル. 此ノ如ク波長ガ長イカラ,乾土ノ場合ニハ, d ノ値ハ 140メートル,ソウシテ湿度ノ場合ニテモ,尙10メートル位デアル.

サテ次ニ磁波ヲ考ヤウ. 此磁波ハ,明ニ次式ヲ以テ表ハシテヨイ.

$$N = be^{\psi(t-\frac{rx}{c})} \dots \dots \dots (30).$$

但此式ニ於テ, b ハ或ル複素數デアル.

本論ニ於テハ,電力ハ Y ノミデアリ,磁力ハ N ノミデアリ,ソウシテ坐標 Y ト N ニ對スル, Y ノ微分係數ハ,零デアルカラ,(2)式ノ代リニ,唯ダ次ノ一式ヲ考フレバヨイ.

$$-\frac{\mu}{c} \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial x} \dots \dots \dots (31).$$

(18)式デ表ハサルル Y ノ値ト,(30)式デ表ハサルル N ノ値ヲ,此式ニ置換スレバ

$$\mu b = aq$$

トナル,随テ

$$b = \frac{a}{\mu} q$$

$$= \frac{a}{\mu} (\nu - ix) \dots \dots \dots (32)$$

デアル. 故ニ複素數 a ト b ノ間ニ,此關係ガ成立スレバ,(30)式ハ電磁方程式ヲ満足スルノデアル.

複素數 a ト b ノ絶對值ヲ,各々 $|a|, |b|$ デ表ハセバ

$$\begin{cases} a = |a| e^{i\alpha}, \\ b = |b| e^{i\beta} \end{cases}$$

トオイテヨイ. 但此式ニ於テ, α, β ハ各々或ル實數デアル.

故ニ(23)式ト(30)式ハ,各々

$$\begin{cases} Y = |a| e^{i\alpha} e^{-\frac{2\pi\nu x}{\lambda}} e^{\psi(t-\frac{rx}{c})}, \\ N = |b| e^{i\beta} e^{-\frac{2\pi\nu x}{\lambda}} e^{\psi(t-\frac{rx}{c})} \end{cases}$$

トナルカラ,此二式ノ實數部ノミヲ取レバ,求ムル所ノ電力及磁力,随テ電波ト磁波ハ,各々次式デ與ヘラルルノデアル.

$$Y = |a| e^{-\frac{2\pi\nu x}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi\nu x}{\lambda} + \alpha\right) \dots \dots (33),$$

$$N = |b| e^{-\frac{2\pi\nu x}{\lambda}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi\nu x}{\lambda} + \beta\right) \dots \dots (34).$$

此所ニ一言ス可キコトガアル。前ニ述べタ通り、電波ハ媒體内ヲ通過スルニ隨ヒ、吸收作用ノ爲メ、其エネルギーガ段々減少スル。磁波モ亦同様ニ、無論此ノ如キ吸收作用ヲ蒙ルノデアアル。

上式(33)ト(34)ニ於ケル a ト β ハ、各々電波ト磁波ニ於ケル位相ヲ表ハシテヲル。然ラバ電波ト磁波ハ、其位相ニ於テ、如何ナル差ヲ有スルカ、之ヲ考フルコトハ必要デアアル。明ニ

$$\frac{b}{a} = \frac{|b|}{|a|} e^{i(\beta-a)}$$

$$= \frac{|b|}{|a|} \left\{ \cos(\beta-a) + i \sin(\beta-a) \right\}$$

デアアル。然ルニ

$$\frac{b}{a} = \frac{1}{\mu} (\nu - ix) \dots \dots \dots (35)$$

デアアルカラ

$$\begin{cases} \cos(\beta-a) = \frac{\nu}{\mu} \frac{|a|}{|b|}, \\ \sin(\beta-a) = -\frac{x}{\mu} \frac{|a|}{|b|} \end{cases}$$

デアアル、隨テ

$$\tan(\beta-a) = -\frac{x}{\nu}$$

即

$$\tan(a-\beta) = \frac{x}{\nu}$$

デアアル。故ニ

$$\tan \gamma = \frac{x}{\nu} \dots \dots \dots (36)$$

1. Phase.

トオケバ

$$\beta = a - \gamma \dots \dots \dots (37)$$

デアアル、隨テ磁波ハ電波ニ對シ、其位相ニ於テ、 γ ダケ遅レテヲル。

次ニ(35)式ニ於ケル、兩邊ノ絶對値ヲトレバ、(26)式ニヨリ

$$\frac{|b|}{|a|} = \frac{1}{\mu} \sqrt{\nu^2 + x^2}$$

$$= \left(\frac{1}{\mu} \sqrt{K^2 + 4k^2 \Gamma^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (38)$$

デアアル。コレハ磁波ニ於ケル、振動磁力ノ振幅ト、電波ニ於ケル振動電力ノ振幅トノ比ヲ、與フルノデアアル。

特別ナル場合トシテ、考フル所ノ媒體ガ、絶縁體デアアル場合、即其導電率 k ノ値ガ、零デアアル場合ニ於テハ、(25)式ガ示ス通り、 $x=0$ デアアル、隨テ吸收現象ハ起ラスノデアアル。此場合ニ於テハ、(36)式ニヨリ

$$\gamma = 0$$

デアリ、ソウシテ(38)式ニヨリ

$$\frac{|b|}{|a|} = \sqrt{\frac{K}{\mu}} \dots \dots \dots (39)$$

デアアル。故ニ絶縁的媒體例ヘバ空氣ノ如キ媒體ニ於テハ、電波ト磁波ノ位相ハ、全ク同一デアアル。又後式ヲ考フレバ、分カル通り、電波ニ於ケルエネルギート、磁波ニ於ケルエネルギーハ、其量ニ於テ、全ク相等イノデアアル。

終リニ説述ス可キコトガアル。考フル所ノ媒體ガ、絶縁體デアアル場合、即其導電率ガ、零デアアル場合ニ於テハ、電流ハ單ニ變位電流ノミデアアル。此場合ニ於テハ、電流ノ γ 分値ニ關スル、微分

方程式ハ

$$\frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x} \dots \dots \dots (40)$$

デア。前ニ述ベタ通り、考フル所ノ問題ハ、週期的即正弦又ハ餘弦的ノモノデアカラ、時ニ關スル項ハ、假ニ e^{ipt} デ表ハシテヨイ、随テ

$$\frac{\partial}{\partial t} = ip$$

デア。故ニ上式ノ左邊ハ

$$\frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{K}{c} ipY \dots \dots \dots (41)$$

デ表ハシテヨイ。然ルニ本論ノ場合ニ於テハ、媒體ハ半導電的ノモノデアカラ、(40)式ニ相當スル微分方程式ハ

$$\frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi kY}{c} = \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x} \dots \dots \dots (42)$$

デア。随テ此式ノ左邊ハ

$$\frac{1}{c} (Kip + 4\pi k) Y = \frac{1}{c} \left(K + \frac{4\pi k}{ip} \right) ipY$$

トナル。之ヲ(41)式ト比較スレバ、直ニ分カル通り、半導電的媒體ノ場合ニ於テハ、恰カモ其チエレキ常數ガ、實數デアリ代リニ、複素數ト爲タノト同一デア。換言スレバ、單ニ結果カラ言ヘバ、其チエレキ常數ガ、實數 K デアリ代リニ、一ノ複素數 K' 、即

$$K' = K + \frac{4\pi k}{ip}$$

ト爲タノト考ヘテヨイ。又此ノ如ク、チエレキ常數ガ、複素數ト爲ルト云フコトハ、吸收作用ノ起ルコトヲ、言ヒ表ハシテヲルト、

考ヘテモヨイノデア。

サテ媒體ガ絶縁體デア場合ニハ、波動ヲ表ハス微分方程式ハ

$$\frac{K\mu}{c^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2}$$

デア。故ニ本論ノ場合ニ於テハ、之ニ相當スル微分方程式ハ

$$\frac{1}{c^2} \left(K\mu + \frac{4\pi k\mu}{ip} \right) \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \dots \dots \dots (43)$$

デア。随テ

$$-\frac{p^2}{c^2} \left(K\mu + \frac{4\pi k\mu}{ip} \right) Y = \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \dots \dots \dots (44)$$

デア。此式ノ解ヲ求ムルニハ、(18)式ノ通り

$$Y = ae^{ip(t - \frac{x}{c})}$$

トオケバヨイ。ソウスルト、明ニ

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = -\frac{p^2 q^2}{c^2} Y$$

デアカラ、之ヲ(44)式ニ置換スレバ、直ニ(19)式ヲ得ルノデア。

2. 電磁波ノ反射ト定常電磁波.

本論ニ入ル前ニ、先ヅ考フ可キコトガアル。第1節ニ述ベタ通り、一ノ平面的電磁波ガ、第60圖ニ示ス如ク、 x 軸ノ正方向ニ進行シテヲルトシヤウ。電波ニ於ケル電力ハ、 y 分値 Y ノミデアリ、ソウシテ磁波ニ於ケル磁力ハ、 z 分値 N ノミデアルトシヤウ。此場合ニ於テハ、第二章第4節ニ述ベタ通り

$$\begin{cases} Y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (1), \\ N = \sqrt{\frac{K}{\mu}} A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (2) \end{cases}$$

デアル。但電磁波ノ速度ハ

$$v = \frac{c}{\sqrt{K\mu}} \dots\dots\dots (3)$$

デアル。

上記磁力 N ノ値ハ、第二章第 4 節ニ述べタ微分方程式即

$$-\frac{\mu}{c} \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial x} \dots\dots\dots (4)$$

ニ、上式(1)デ與ヘラルル Y ノ値ヲ置換シテ、運算スレバ直ニ分カ
ルノデアル。

上式(1)ト(2)ハ、前進波即 x 軸ノ正方向ニ進行スル、電波ト磁波
トヲ示スノデアル。然ルニ却進波即 x 軸ノ負方向ニ進行スル、
電波ト磁波ノ場合ニ於テハ、(1)式ト(2)式ニ於ケル x ニ、負號ヲ附
セネバナラス、隨テ先ヅ(1)式ハ

$$Y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (5)$$

トナル。トコロガ、磁力 N ハ(4)式ニヨツテ與ヘラルルカラ、其符
號ガ負トナラネバナラス、即

$$N = -\sqrt{\frac{K}{\mu}} A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (6)$$

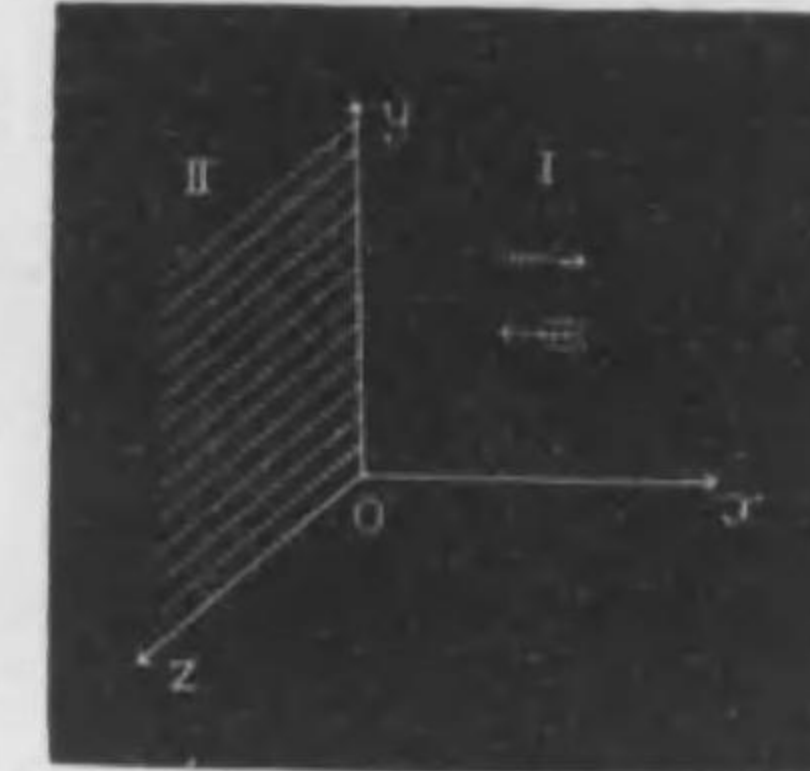
デアル、コレハ留意ス可キ大切ナコトデアル。

此所ニ一言ス可キコトガアル。考フル所ノ媒體ガ、磁性的ノ
モノデ無ケレバ、 $\mu = 1$ トシテヨイ、隨テ(2)式ト(6)式ハ、各々次記

ノ通りニナル。

$$\begin{cases} N = \sqrt{K} A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (7), \\ N = -\sqrt{K} A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (8). \end{cases}$$

サテ此所ニ二媒體 I ト II ガ、第 61 圖ニ示ス如ク、接觸シテアル
トシヤウ。圖ニ影線ヲ以テ示ス如ク、坐標面 yz ヲ、二媒體ノ接
觸面、即境界面デアルトシ、之ニ向テノ平面的電磁波ガ、大矢デ
示ス如ク、垂直的ニ進來スルトシヤ
ウ。ソウスルト、此進來波ノ或ル部
分ハ、境界面カラ反射シテ、媒體 I ノ
方ニ却進スル。然ルニ一部分ハ、媒
體 II ニ向テ、進入スルノデアル。



61

進來電波ト磁波ハ、x 軸ノ負方向
ニ進行シテアルカラ、コレハ各々(5)
式ト(8)トニヨツテ與ヘラルル、即

$$\begin{cases} Y = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (5), \\ N = -\sqrt{K} A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (8). \end{cases}$$

境界面ニ於テ反射シタ、電波ニ於ケル電力ヲ、 Y_r デ表ハシ、其
振幅ヲ A_r デ表ハセバ、明ニ

$$Y_r = A_r \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (9)$$

デアル、隨テ反射シタ磁波ニ於ケル磁力ハ

$$N_r = \sqrt{K} A_r \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (10)$$

デアル。

考フル所ノ媒體 I ハ空氣デアリ,ソウシテ媒體 II ハ,ヂエレキ
常數 K ヲ有スル,一ノ媒體デアルトシヤウ。此場合ニ於テハ,上
式(8)ト(10)ハ,各々

$$\begin{cases} N = -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (11), \\ N_r = A_r \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots\dots\dots (12) \end{cases}$$

トナル。

次ニ媒體 II ニ向テ進入スル,電波ニ於ケル電力ヲ Y, デ表ハ
シ,其振幅ヲ A, デ表ハシ,又磁波ニ於ケル磁力ヲ, N, デ表ハセバ

$$\begin{cases} Y_s = A_s \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda_s} \right) \dots\dots\dots (13), \\ N_s = -\sqrt{K} A_s \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda_s} \right) \dots\dots\dots (14). \end{cases}$$

但此式ニ於テ, λ_s ハ媒體 II ニ於ケル,電磁波ノ波長デアル。

翻テ考フルニ,第二卷第一章第14節ニ述べタ通り,二ヂエレキ
媒體ノ境界面ニ於テハ,電力ノ切線の分値ハ,連續的ノモノデア
ラネバナラス。又第二卷第二章第10節ニ述べタ通り,二媒體ノ
境界面ニ於ケル,磁力ノ切線の分値ハ,連續的ノモノデアラネバ
ナラス。故ニ本論ノ場合ニ於テ,即二媒體 I ト II ノ境界面,即
 $x=0$ ナル所ニ於テハ, (5), (9), (13) 式ト, (11), (12), (14) 式トニヨリ,各
各次記ノ關係ガ,成立セネバナラス。

$$\begin{cases} Y_{(x=0)} + Y_{r(x=0)} = Y_s(x=0) \\ N_{(x=0)} + N_{r(x=0)} = N_s(x=0) \end{cases}$$

隨テ

$$\begin{cases} A + A_r = A_s \dots\dots\dots (15), \\ -A + A_r = -\sqrt{K} A_s \dots\dots\dots (16) \end{cases}$$

デアル。此式ヲ A_r ト A_s トニ就テ解ケバ,直ニ次式ヲ得ル。

$$\begin{cases} A_r = -A \frac{\sqrt{K}-1}{\sqrt{K}+1} \dots\dots\dots (17), \\ A_s = A \frac{2}{\sqrt{K}+1} \dots\dots\dots (18). \end{cases}$$

然ルニ媒體 II ノ屈折率ヲ, ν デ表ハセバ,第二章第4節ニ述べ
タ通り

$$\nu = \sqrt{K} \dots\dots\dots (19)$$

デアル,隨テ上式(17)ト(18)ハ,各々次記ノ通りニナル。

$$\begin{cases} A_r = -A \frac{\nu-1}{\nu+1} \dots\dots\dots (20), \\ A_s = A \frac{2}{\nu+1} \dots\dots\dots (21). \end{cases}$$

此式ハ大切ナモノデアル。(20)式ガ示ス通り, A_r ハ負號ノモ
ノデアル,隨テ(5)式ト(9)式ヲ一見スレバ,直ニ分カル通り,入射電
波ト反射電波ニ於ケル,振動ノ位相ガ,全ク反對デアル。換言ス
レバ,反射電波ハ入射電波ニ對シ,其振動ノ位相ガ, π ダケ違ツテ
アルノデアル。之ニ反シテ,(11)式ト(12)式ヲ一見スレバ,直ニ分
カル通り,入射磁波ト,反射磁波ハ,其振動ノ位相ガ,一致シテアル
ノデアル。

終リニ定常電磁波¹ヲ考ヤウ。上記(20)式ニ於ケル ν ノ値ガ,1ニ
對シテ大ナルトキニハ,1ヲ ν ニ比較シ,之ヲ無視シテヨイ,隨テ

$$A_r = -A \dots\dots\dots (22)$$

1. Stationary electromagnetic wave.

トナル。此ノ如キ場合ニ於テハ、入射電波ト反射電波ハ、各々下式デ表ハサル。

$$\left. \begin{aligned} Y &= A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right), \\ Y_r &= -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (23).$$

又入射磁波ト反射磁波ハ、各々下式デ表ハサル。

$$\left. \begin{aligned} N &= -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right), \\ N_r &= -A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right). \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (24).$$

故ニ入射電波ト反射電波ヲ綜合シタモノヲ Y デ表ハシ、又入射磁波ト反射磁波ヲ綜合シタモノヲ N デ表ハセバ

$$\left\{ \begin{aligned} Y &= Y + Y_r, \\ &= A \left\{ \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) - \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right\} \dots\dots (25), \\ N &= N + N_r, \\ &= -A \left\{ \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right) + \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right\} \dots\dots (26) \end{aligned} \right.$$

デアル。随テ公式

$$\left\{ \begin{aligned} \cos a - \cos \beta &= -2 \sin \frac{1}{2} (a + \beta) \sin \frac{1}{2} (a - \beta), \\ \cos a + \cos \beta &= 2 \cos \frac{1}{2} (a + \beta) \cos \frac{1}{2} (a - \beta) \end{aligned} \right.$$

ヲ使用シテ、運算スレバ直ニ分カル通り、上式(25)ト(26)ハ、各々

$$\left\{ \begin{aligned} Y &= -2A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \frac{2\pi t}{T} \dots\dots\dots (17), \\ N &= -2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \frac{2\pi t}{T} \dots\dots\dots (28) \end{aligned} \right.$$

トナル。コレハ何ヲ表ハスカト云フト、各々定常電波ト定常磁波ヲ表ハスノデアル。

電波ニ於ケル電力ノ絶對値ハ、明ニ

$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, 2\frac{\lambda}{2}, \dots\dots n\frac{\lambda}{2}$$

ナル所ニ於テ零デアリ、ソウシテ

$$x = \frac{\lambda}{4}, 3\frac{\lambda}{4}, 5\frac{\lambda}{4}, \dots\dots (2n+1)\frac{\lambda}{4}$$

ナル所ニ於テ最大デアル。

次ニ磁波ニ於ケル磁力ノ絶對値ハ、明ニ

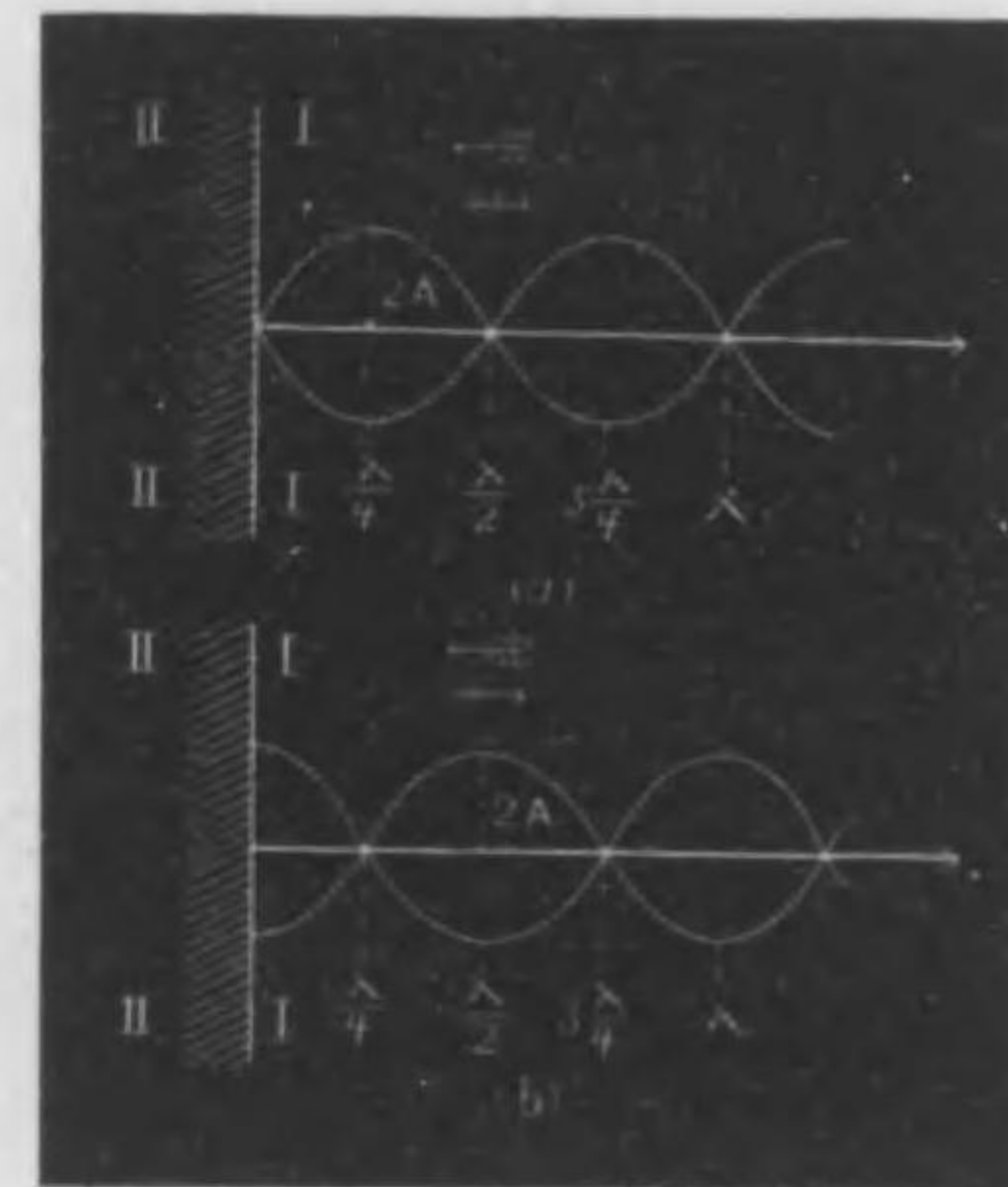
$$x = 0, \frac{\lambda}{2}, 2\frac{\lambda}{2}, \dots\dots n\frac{\lambda}{2}$$

ナル所ニ於テ最大デアリ、ソウシテ

$$x = \frac{\lambda}{4}, 3\frac{\lambda}{4}, 5\frac{\lambda}{4}, \dots\dots (2n+1)\frac{\lambda}{4}$$

ナル所ニ於テ零デアル。

由是觀之バ、レノ値ガ大ナル場合ニ於テハ、媒體 I ト II ノ境界面ニ向テ進來スル電波、即入射電波ト、之カラ却進スル電波、即反射電波ガ、互ニ干涉シテ、一ノ定常電波ヲ形成スル。此定常波ハ、第62圖ノ(a)ニ示ス如ク、境界面即 $x = 0$ ト、 $x = \lambda/2$ 、 $x = 2\lambda/2$ 等ノ



62

所ニ節ヲ有シ、ソウシテ $x = \lambda/4, x = 3\lambda/4$ 等ノ所ニ、腹ヲ有スルノ
 デアル。次ニ入射磁波ト、反射磁波ノ干涉ニ因テ、發起スル定常
 磁波ニ於テハ、其状態ガ定常電波ト、全ク反對デアル。即圖ノ(b)
 ニ示ス如ク、定常磁波ノ腹ハ、定常電波ノ節ニ相當シ、ソウシテ定
 常電波ノ節ハ、定常電波ノ腹ニ相當スルノデアル。

3. 電磁波ニ對スル金屬ノ反射能.

一ノ平面的電磁波ガ、金屬ノ表面ニ向テ、垂直的ニ進來スルト
 シヤウ。第63圖ニIデ示ス部分ハ、空氣デアリ、ソウシテIIデ示
 ス部分ハ、金屬デアルトシヤウ。

即坐標面 yoz ハ、金屬ノ表面デア
 ルトシヤウ。

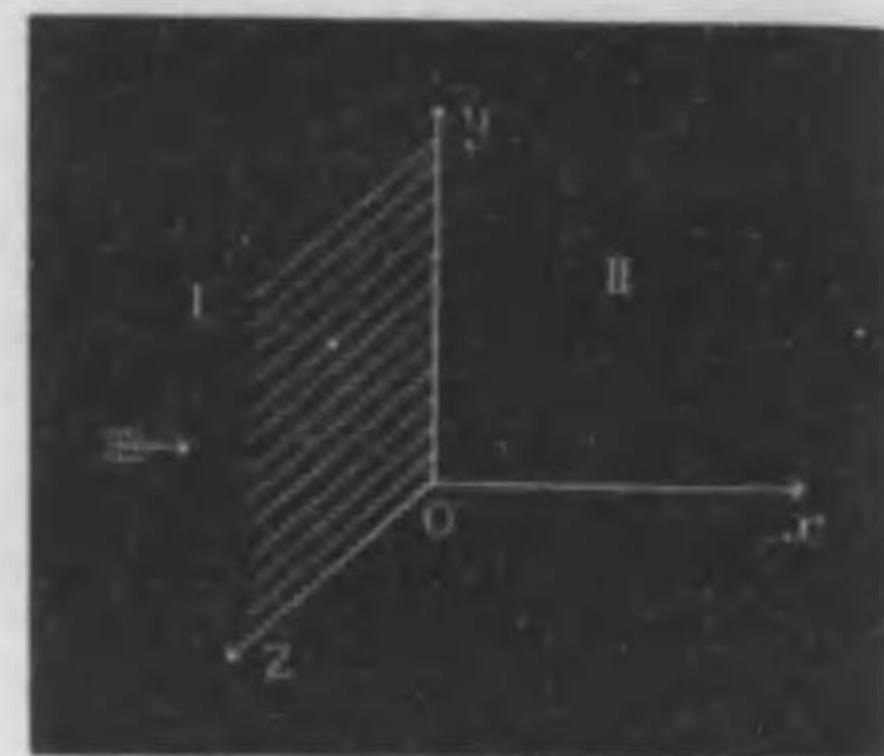
第2節ニ述べタ如ク、平面的電
 波ニ於ケル電力ハ、單ニ Y 分値 Y
 ノミデアリ、ソウシテ磁力ハ、單ニ
 N 分値 N ノミデアルトシヤウ。

第1節ヲ參照スレバ、明カナル
 通り、此場合ニ於テハ、電力ト磁力ハ、次式ニヨツテ之ヲ表ハシテ
 ヨイ。

$$\begin{cases} Y = a' e^{ip(t - \frac{x}{c})} \dots\dots\dots (1), \\ N = a' e^{ip(t - \frac{x}{c})} \dots\dots\dots (2). \end{cases}$$

但此式ニ於テ、 a' ハ或ハ複素數デアル。

1. Node. 2. Loop.



63

考フル所ノ電磁波ハ、空氣中ヲ進來スル、然ルニ空氣ノ場合ニ
 於テハ、 $K=1, \mu=1$ デアルカラ、電力ト磁力ノ絶對値ハ、無論相
 等イノデアル。此所ニ注意ス可キコトガアル。電力 Y ト磁力
 N ノ値ハ、無論各々上式(1)ト(2)ノ實數部デ、與ヘラルルノデアル。

此ノ如ク進來スル電波ト、磁波ノ或ル部分ハ、金屬ノ表面カラ
 反射シテ、左方即 x 軸ノ負方向ニ却行シ、殘部ガ右方即金屬體內
 ニ進入スルノデアル。第2節ニ述べタ通り、電波ハ反射ニ因テ
 其位相ガ變ハル、然ルニ之ニ反シテ、磁波ハ此ノ如キ位相變化ヲ
 蒙ルコトガ無イ。故ニ反射シタ電波ト磁波ハ、各々下式デ表ハ
 シテヨイ。

$$\begin{cases} Y_r = -a'' e^{ip(t + \frac{x}{c})} \dots\dots\dots (3), \\ N_r = a'' e^{ip(t + \frac{x}{c})} \dots\dots\dots (4). \end{cases}$$

但此式ニ於テ、 a'' ハ或ル複素數デアル。

進來スル電磁波ト、反射スル電磁波ニ於ケル振幅ハ、複素數 a'
 ト a'' ノ實數部ヲ取レバ、分カルノデアル。ヨク知レテヲル通り、
 振動的波動ノ場合ニ於テハ、其エネルギーハ、振幅ノ二乗ニ正比
 例スル、隨テ、電磁波ニ對スル、金屬ノ反射能ヲ R トスレバ、コレハ
 a'' ト a' トノ絶對値ノ二乗ノ比デ表ハサル、即

$$R = \frac{|a''|^2}{|a'|^2} \dots\dots\dots (5)$$

デアル。

然ルニ此大切ナル比ヲ見出スニハ、金屬體內ニ進入スル、電磁
 波ヲ考ヘネバナラス。トコロガ、此進入波、即電波ト磁波ヲ、各々

1. Reflecting power.

Y_m, N_m デ表ハセバ,コレハ第1節ノ(18)及(30),(32)式ヲ見レバ,分カル通り,各々次式デ與ヘラル.

$$\begin{cases} Y_m = a e^{ip(t-\frac{2x}{c})} \dots\dots\dots (6), \\ N_m = b e^{ip(t-\frac{2x}{c})} \\ = \frac{a}{\mu} (\nu - ix) e^{ip(t-\frac{2x}{c})} \dots\dots\dots (7). \end{cases}$$

然ルニ空氣 I ト金屬 II トノ境界面,即金屬ノ表面ニ於テハ,電力ノ切線的分値ト,磁力ノ切線的分値ハ,各々連続的ノモノデアラネバナラス. 故ニ

$$\begin{cases} Y_{(x=0)} + Y_{r(x=0)} = Y_{m(x=0)}, \\ N_{(x=0)} + N_{r(x=0)} = N_{m(x=0)}. \end{cases}$$

隨テ

$$\begin{cases} a' - a'' = a \dots\dots\dots (8), \\ a' + a'' = a \frac{\nu - ix}{\mu} \dots\dots\dots (9) \end{cases}$$

デアル.

此式ヲ a' ト a'' トニ對シテ解ケバ,明ニ

$$\begin{cases} a' = a \left(1 + \frac{\nu - ix}{\mu} \right), \\ a'' = a \left(-1 + \frac{\nu - ix}{\mu} \right) \end{cases} \dots\dots\dots (10)$$

デアル. 然ルニ電磁波ニ於ケル如キ,高振數ノ場合ニ於テハ,金屬媒體ノ透磁率 μ ノ値ハ,1デアルト考ヘテヨイ,隨テ上式ハ次ノ通りニ書イテヨイ.

$$\begin{cases} a' = a(1 + \nu - ix), \\ a'' = a(-1 + \nu - ix) \end{cases} \dots\dots\dots (11).$$

故ニ(5)式ハ

$$\begin{aligned} R &= \left| \frac{\nu - 1 - ix}{\nu + 1 - ix} \right|^2 \\ &= \frac{(\nu - 1)^2 + x^2}{(\nu + 1)^2 + x^2} \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

トナル. 但此式ニ於ケル ν ト x ノ値ハ,第1節ニ述ベタ通り,次式デ與ヘラル.

$$\begin{cases} \nu^2 = \frac{1}{2} (\sqrt{K^2 + 4k^2 T^2} + K) \dots\dots\dots (13), \\ x^2 = \frac{1}{2} (\sqrt{K^2 + 4k^2 T^2} - K) \dots\dots\dots (14). \end{cases}$$

サテ1908年ニ,ル I ベンストハ I ゲン²ハ,赤外線³ニ對スル,金屬ノ反射能ヲ測定シタ. 此赤外線ノ波長ハ

$$\lambda = 1.2 \times 10^{-3} \text{ センチメートル}$$

デアツタ,隨テ之ニ相當スル振動週期ハ

$$\begin{aligned} T &= \frac{\lambda}{c} \\ &= \frac{1.2 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{10}} = 0.4 \times 10^{-13} \text{ 秒} \end{aligned}$$

デアル. トコロガ,例ヘバ銅ノ場合ニ於テハ,其導電率ハ

$$k = 5.14 \times 10^{17} \text{ 靜電單位 C.G.S.}$$

デアル,隨テ

$$2kT = 4.11 \times 10^4$$

デアル. 次ニ金屬ノヂエレキ常數 K ノ値ハ,4ヨリ小ナルモノデアルトスレバ,銅ノ場合ニ於テハ

1. Rubens. 2. Hagen. 3. Infra-red ray.

$$\frac{K^2}{4k^2T^2} < 10^{-8}$$

故ニ獨リ銅ノ場合ニ於ケルノミナラズ、又之ヨリ導電率ノ小ナル金屬ノ場合ニ於テモ、 $2kT$ ニ比較シ、 K ヲ無視シテ差支ガ無イ、隨テ(13)及(14)式ハ、各々先ヅ

$$\begin{cases} v^2 = \frac{1}{2}(2kT+K), \\ x^2 = \frac{1}{2}(2kT-K) \end{cases}$$

トナルカラ、最後ニ次式ヲ得ルノデアル。

$$v = x = \sqrt{kT} \dots \dots \dots (15)$$

此レト x ノ値ヲ、(12)式ニ置換スレバ

$$\begin{aligned} R &= \frac{(\sqrt{kT}-1)^2+kT}{(\sqrt{kT}+1)^2+kT} \\ &= \frac{2kT-2\sqrt{kT}+1}{2kT+2\sqrt{kT}+1} \end{aligned}$$

トナル、隨テ $2kT$ ニ對シテ、 1 ヲ無視スレバ

$$\begin{aligned} R &= \frac{kT-\sqrt{kT}}{kT+\sqrt{kT}} \\ &= \frac{1-\frac{1}{\sqrt{kT}}}{1+\frac{1}{\sqrt{kT}}} \\ &= 1-\frac{2}{\sqrt{kT}} \dots \dots \dots (16) \end{aligned}$$

デアルト考ヘテヨイ。

上記銅ノ場合ニ於テ、波長

$$\lambda = 1.2 \times 10^{-3} \text{ センチメートル}$$

ノ電波ニ對シテハ

$$2kT = 4.11 \times 10^4$$

デアルカラ

$$R = 1 - \frac{2}{\sqrt{2.05 \times 10^4}}$$

トナル、隨テ反射能ノ値ハ、殆ド 1 ニ近イノデアル。此計算ノ結果ハ、測定ノ結果トヨク一致スルノデアル。

上式(16)ハ、下記ノ通りニ書イテヨイ。

$$1-R = \frac{2}{\sqrt{kT}} \dots \dots \dots (17)$$

コレハ何ヲ表ハスカト云フト、金屬ノ吸收能ヲ表ハスノデアル。上記ノ一例、即銅ノ場合ニ於テハ

$$1-R = \frac{2}{\sqrt{2.05 \times 10^4}}$$

デアルカラ、進來波ニ於ケルエネルギーハ、僅カニ其百分ノ一程度ダケ、體內ニ吸收サルルノデアル。

金屬ノ吸收能ハ、上式(17)ガ示ス通り、其導電率 k ノ平方根ニ逆比例シ、又進來波ニ於ケル振動週期ノ平方根ニ逆比例スルノデアル。故ニ導電率ノ値ガ、大ナレバ大ナル程、吸收現象ハ微弱ニナル。又進來波ノ振動週期ガ、大ナレバ大ナル程、隨テ其波長ガ、長ケレバ長キ程、吸收現象ハ僅少ニナル。

4. 金屬板ニ於ケル反射ニ因テ生ズル定常電磁波。

1. Absorbing power.

第3節ニ述ベタ通り、電磁波ニ對スル金屬ノ反射能ハ、次式デ與ヘラル。

$$R = 1 - \frac{2}{\sqrt{kT}} \dots \dots \dots (1).$$

第3節ニ於テハ、一例トシテ、赤外線ニ對スル、銅ノ反射能ヲ算出シタノデアアル。然ルニ此ノ如キ赤外線ヨリモ、波長ノ遙ニ大ナル電磁波ニ對シテハ、金屬ハ如何ニ作用スル乎、之ヲ考フルノガ、本節ノ目的デアアル。

ヘルツ振動器カラ發起スル、電磁波ノ波長λハ、約30センチメートル程度ノモノデアアル。此電磁波ニ於ケル、振動週期ハ

$$T = \frac{\lambda}{c} = \frac{30}{3 \times 10^{10}} = 10^{-9} \text{ 秒}$$

デアアルカラ、銅ノ場合ニ於テハ

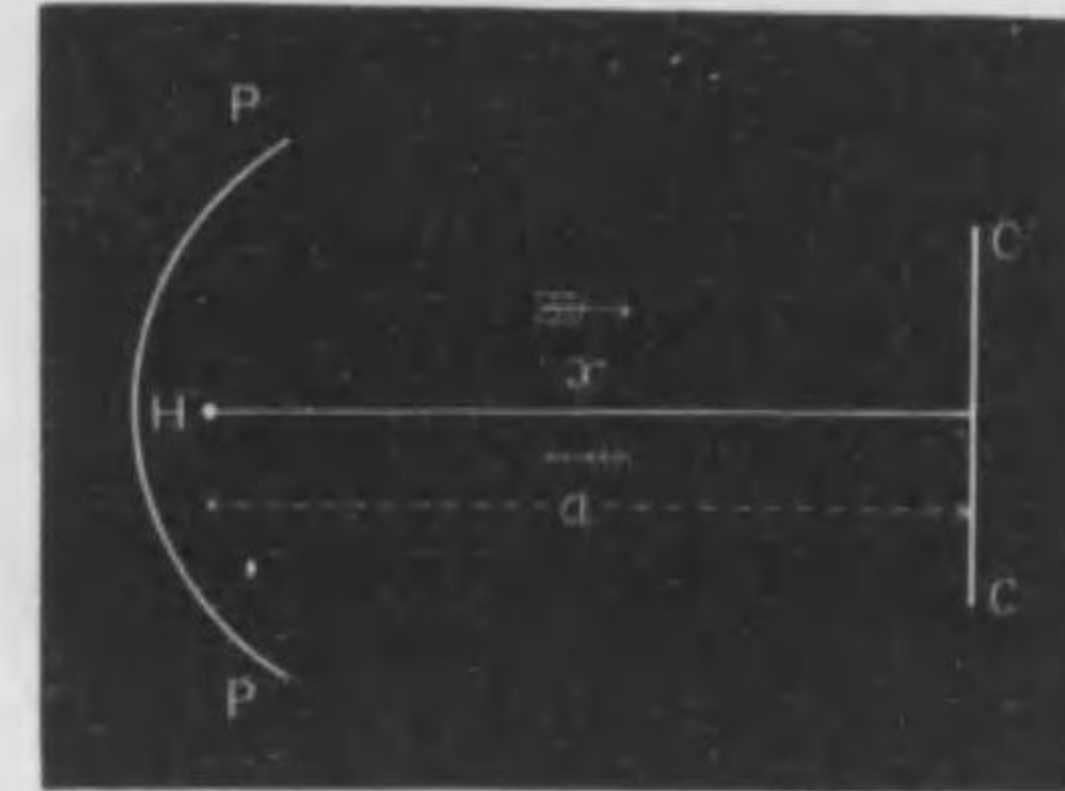
$$\sqrt{kT} = \sqrt{5.14 \times 10^{10} \times 10^{-9}} = \sqrt{5} \times 10^4$$

デアアル、隨テ(1)式ニヨリ

$$R = 1 - \frac{2}{\sqrt{5}} \times 10^{-4}$$

デアアル。此Rノ値ハ殆ド1デアルト考ヘテヨイ、隨テ波長ガ既ニ30センチメートル程度ノモノデアレバ、電磁波ハ完全ニ金屬面カラ反射サルルノデアアル。故ニ平面的電磁波ガ、金屬板例ヘバ銅板ニ向テ、直進シ來ルトキハ、此直進波ト反射波トノ干涉ニ由テ、定常電磁波ガ發起スルノデアアル。此ノ如キ定常電磁波ヲ

實驗スルコトハ、容易デアアル。第64圖ニ示ス如ク、拋物線¹Pヲ以テ、過半圍繞シタル、ヘルツ振動器Hノ前方、或ル適當ノ距離ノ所ニ、銅板C又ハ錫箔ヲ張り着ケタル板ヲ置ケバヨイ。ソウスルト、予ガ考案シタ錫箔²振器ヲ使用スレバ、容易ニ定常電磁波ノ存在ヲ、立證スルコトガ出來ル(予ノ著書無線電話大要參照)。



64

定常電磁波ノ發起スルコトハ、既ニ第2節ニ述ベタ通りニ、之ヲ説明シテヨ

イガ、觀念ヲ明確ニスル爲メ、此所ニ更ニ下記ノ通り、少シ異ナツタ論法ニ由テ、説明シヤウ。

第三章第1節ニ述ベタ通り、ヘルツ振動器カラ發起スル、電磁波ニ於ケル電力ト磁力ハ、微分方程式

$$\frac{\partial^2 \Pi}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 \Pi \dots \dots \dots (1)$$

ヲ満足スル函數Πカラ、之ヲ算出スルコトガ出來ル、即

$$\left. \begin{aligned} X &= c \frac{\partial^2 \Pi}{\partial x \partial z}, \\ Y &= c \frac{\partial^2 \Pi}{\partial y \partial z}, \\ Z &= -c \left(\frac{\partial^2 \Pi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Pi}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \right\} \dots (2), \quad \left. \begin{aligned} L &= \frac{\partial^2 \Pi}{\partial t \partial y}, \\ M &= -\frac{\partial^2 \Pi}{\partial t \partial x}, \\ N &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

デアアル。然ラバ(1)式ヲ満足スルΠノ値ハ、何デアアルカト云フト、

1. Parabolic cylinder. 2. Tin-foil resonator.

コレハ第三章第1節ニ述べタ通り、一般ニ

$$\Pi = \frac{1}{r} \{ f_1(r-ct) + f_2(r+ct) \} \dots \dots \dots (4)$$

デアル。此式中函數 f_1 ハ、前進波ヲ表ハシ、函數 f_2 ハ却進波ヲ表ハシテヲル。

第三章第1節ニ於テハ、單ニ前進波ノミヲ考ヘタカラ、 Π ノ値ヲ次記ノ通り選定シタ、

$$\Pi = \frac{\varpi}{cr} \sin (mr-pt) \dots \dots \dots (5).$$

トコロガ、本論ノ場合ニ於テハ、前進波ノ外ニ、又却進波ヲモ、考ヘネバナラスカラ

$$\Pi = \frac{\varpi}{cr} \sin (mr-pt) + \frac{\varpi}{cr} \sin (mr+pt+\delta) \dots \dots (6)$$

トシヤウ。但此式ニ於テ、 δ ハ或ル常數デアル。

サテ第64圖ニ示ス如ク、振動器ノ中點カラ、金屬板ノ表面ニ引イタ垂直線ヲ、 x 軸トシヤウ。ソウスルト、此垂直線上ニ於テハ、上式ハ無論下記ノ通りニ書イテヨイ。

$$\Pi = \frac{\varpi}{cx} \sin (mx-pt) + \frac{\varpi}{cx} \sin (mx+pt+\delta) \dots \dots (7).$$

金屬板ト振動器トノ距離ガ、相當ニ大ナレバ、之ニ向テ進來スル電磁波ハ、平面的ノモノデアルト、考ヘテヨイ。本論ニ於テハ、 x 軸ノ正及負方向ニ進行スル電磁波ヲ考フルカラ、 $X=0, Y=0$, ソウシテ $L=0$ デアル、隨テ(2)式ト(3)式ハ、各々

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = -c \frac{\partial^2 \Pi}{\partial x^2} \dots \dots \dots (8), \\ M = -\frac{\partial^2 \Pi}{\partial t \partial x} \dots \dots \dots (9) \end{array} \right.$$

ト書イテヨイ。

サテ(7)式ヲ x ニ對シテ、微分スレバ

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x} = \frac{m\varpi}{cx} \cos (mx-pt) - \frac{\varpi}{cx^2} \sin (mx-pt) + \frac{m\varpi}{cx} \cos (mx+pt+\delta) - \frac{\varpi}{cx^2} \sin (mx+pt+\delta)$$

トナル。然ルニ x^2 ニ逆比例スル項ハ、 x ニ逆比例スル項ニ對シテ、之ヲ無視シテヨイカラ

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x} = \frac{m\varpi}{cx} \cos (mx-pt) + \frac{m\varpi}{cx} \cos (mx+pt+\delta) \dots (10)$$

トナル。更ニ之ヲ x ニ對シテ、今一回微分スルトキニモ、同様ノ省略ヲ施シテ、差支ガナイカラ、(8)式ニヨリ電力ノ値ハ、次式デ與ヘラル。

$$Z = \frac{\varpi m^2}{x} \sin (mx-pt) + \frac{\varpi m^2}{x} \sin (mx+pt+\delta) \dots (11).$$

此式ノ右邊ニ於ケル第一項ハ、振動器カラ金屬板ニ向テ前進スル電波ヲ表ハシ、ソウシテ第二項ハ、之カラ反射シテ却進スル電波ヲ表ハスノデアル。振動器ノ中點ト、金屬板トノ距離ヲ、 a デ表ハソウ。ソウスルト、金屬ノ表面、即 $x=a$ ナル所ニ於テハ、電力ハ零デアラネバナラス。但金屬板ノ導電率ハ、甚ダ大ナルモノトスル。故ニ上式(11)ニ於テ、 $x=a$ トスレバ

$$\sin (ma-pt) + \sin (ma+pt+\delta) = 0 \dots \dots \dots (12),$$

隨テ

$$\sin ma \cos pt - \cos ma \sin pt + \sin (ma+\delta) \cos pt + \cos (ma+\delta) \sin pt = 0,$$

即

$$\begin{aligned} & \cos pt \{ \sin ma + \sin (ma + \delta) \} \\ & + \sin pt \{ -\cos ma + \cos (ma + \delta) \} = 0 \end{aligned}$$

デアル。然ルニ此式ガ、時 t ニ無關係ニ成立スル爲メニハ、括弧内ノ量ガ、各々零デアラネバナラス、即

$$\begin{cases} \sin ma + \sin (ma + \delta) = 0, \\ -\cos ma + \cos (ma + \delta) = 0 \end{cases}$$

デアラネバナラス、随テ

$$\tan (ma + \delta) = -\tan ma$$

デアル。トコロガ、此關係ガ成立スル爲メニハ、明ニ

$$2ma + \delta = 0$$

デアレバヨイ、随テ

$$\delta = -2ma \dots \dots \dots (13)$$

デアル。故ニ此 δ ノ値ヲ、(11)式ニ置換スレバ

$$Z = \frac{\omega m^2}{x} \{ \sin (mx - pt) + \sin (mx + pt - 2ma) \}$$

デアル、随テ公式

$$\sin (a + \beta) = 2 \sin \frac{1}{2} (a + \beta) \cos \frac{1}{2} (a - \beta)$$

ヲ使用スレバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$Z = \frac{2\omega m^2}{x} \sin (mx - ma) \cos (pt - ma) \dots \dots \dots (14).$$

次ニ磁波ニ於ケル磁力 M ハ、(9)、(10)及(13)トニヨリ

$$M = \frac{\omega mp}{cx} \{ \sin (mx + pt - 2ma) - \sin (mx - pt) \}$$

トナル。然ルニ $p/m = c$ デアルカラ、此式ハ

$$M = \frac{\omega m^2}{x} \{ \sin (mx + pt - 2ma) - \sin (mx - pt) \}$$

トナル、随テ公式

$$\sin (a - \beta) = 2 \sin \frac{1}{2} (a - \beta) \cos \frac{1}{2} (a + \beta)$$

ヲ使用スレバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$M = \frac{2\omega m^2}{x} \cos (mx - ma) \sin (pt - ma) \dots \dots \dots (15).$$

今 n ヲ任意ノ整数トシ

$$mx - ma = -n \frac{\pi}{2} \dots \dots \dots (16)$$

トオケバ、電力 Z ト磁力 M ハ、 n ガ奇數又ハ偶數ナルニ從ヒ、各々次記ノ絶對値ヲトルノデアル。

$$\begin{cases} Z = \frac{2\omega m^2}{ma - n \frac{\pi}{2}} \cos (pt - ma) \dots \dots \dots n \rightarrow \text{奇數}, \\ Z = 0 \dots \dots \dots n \rightarrow \text{偶數}, \\ M = 0 \dots \dots \dots n \rightarrow \text{奇數}, \\ M = \frac{2\omega m^2}{ma - n \frac{\pi}{2}} \sin (pt - ma) \dots \dots \dots n \rightarrow \text{偶數}. \end{cases}$$

換言スレバ、 n ガ奇數ノ場合ニハ、電力ノ絶對値ハ最大デアル、之ニ反シテ、磁力ノ絶對値ハ最小即零デアル。又 n ガ偶數ノ場合ニハ、電力ノ絶對値ハ最小即零デアル、之ニ反シテ磁力ノ絶對値ハ最大デアル。然リ進來スル電波ト磁波ハ、各々金屬板カラ反射シテ却進スル、電波ト磁波ト干涉シテ、第65圖ニ示ス如ク、定常波ヲ形成スルノデアル。圖ノ I ニ示スハ電波デ、金屬板ノ表

面ニ節ヲ有シ、ソウシテ II
ニ示スハ磁波デ、此表面ニ
腹ヲ有スルノデアアル。

今定常波ニ於ケル、任意
ノ腹又ハ節ニ相當スル點
ノ位置ヲ x_1 トシ、ソウシテ
各々之ニ隣レル腹又ハ節
ニ相當スル點ノ位置ヲ、 x_2
トスレバ

$$\begin{cases} mx_1 - ma = -n\frac{\pi}{2}, \\ mx_2 - ma = -(n+2)\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

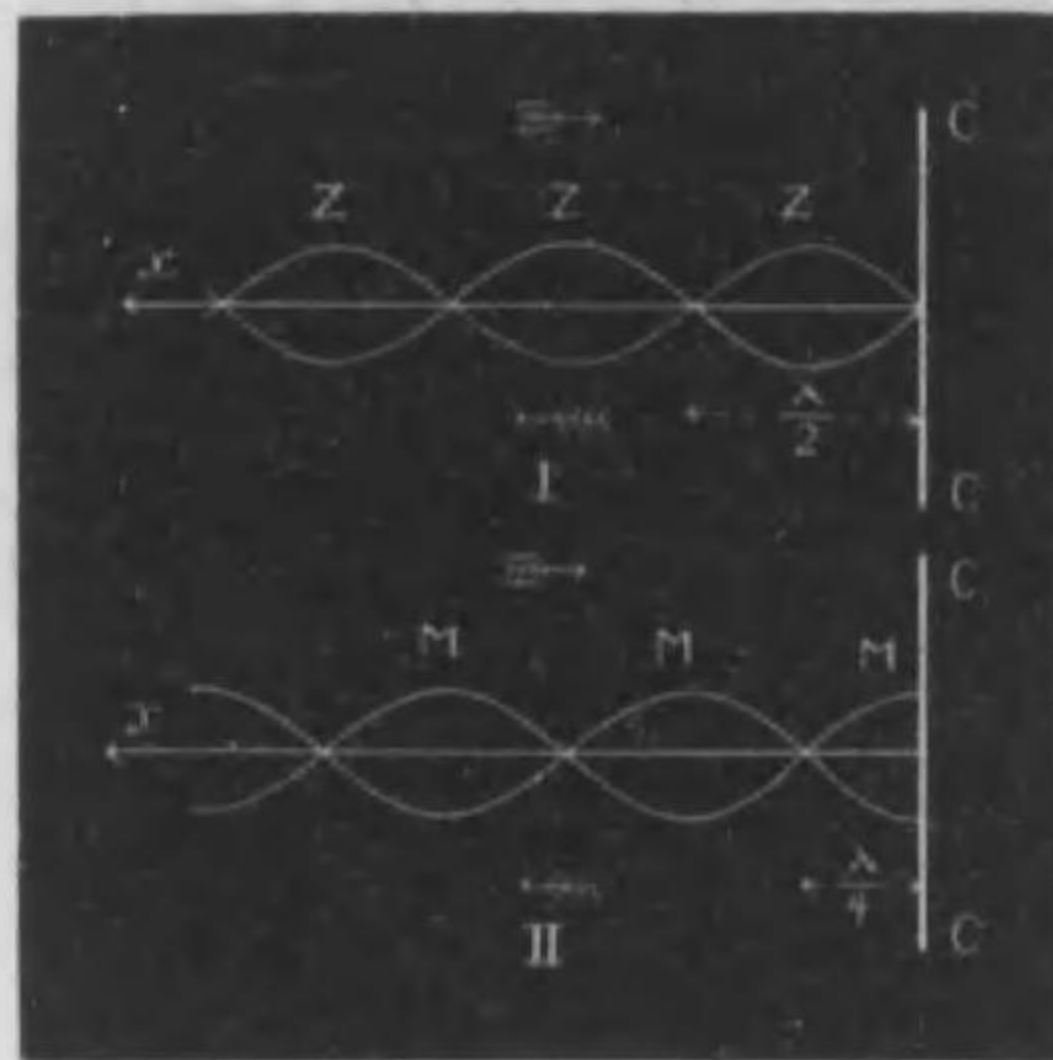
デアアル、隨テ

$$\begin{aligned} x_1 - x_2 &= \frac{\pi}{m} \\ &= \frac{\pi}{2\pi/\lambda} \\ &= \frac{\lambda}{2} \dots \dots \dots (17) \end{aligned}$$

デアアル。故ニ相隣レル腹ト腹、又節ト節ノ距離ハ、波長 λ ノ二分
ノ一ニ等イノデアアル。

ヘルツ振動器ノ場合ニ於テハ、前記ノ通り、電磁波ノ波長ガ、30
センチメートル程度ノモノデアアルカラ、其定常波ヲ實驗スルコ
トハ、比較的容易デアアル。然ルニ光波ノ場合ニ於テハ、其波長ハ
極メテ短イカラ、其定常波ヲ觀察スルコトハ、實ニ容易ノコトデ
ナイ。トコロガ、1890年ニ、¹ウ・I・ナハ、巧妙ナル方法ニ由テ、光波ノ

1. Wiener.



65

定常波ヲ、寫眞ニトツタノデアアル。此所ニ一言ス可キ、大切ナコ
トガアル。ソレハ光波ハ電波ノ一種デアアル、磁波デハナイノデ
アル。此ノコトハ、大ニ留意ス可キコトデアアル。

5. チエレキ球ニ基因スル電波ノ散亂.

此所ニ一ノチエレキ球ガアリ、之ニ向テ平面的電波ガ進來ス
ルトシヤウ。此電波進來ノ方向ヲ、 x 軸ノ方向トシ、ソウシテ其
電氣振動ノ方向ヲ、 z 軸ノ方向トシヤウ。ソウスルト、此電波ハ
下式ノ實數部デ表ハシテヨイ。

$$Z_0 e^{i\left(t - \frac{x}{v}\right)} \dots \dots \dots (1).$$

但此式ニ於テ、 Z_0 ハ電氣振動ノ振幅デアアル。

チエレキ球ノ半徑ヲ a トシ、其チエレキ常數ヲ K デ表ハソウ。
今假ニ此ノ如キ球ガ、一ノ均等電場ニ位シテヨリ、ソウシテ此電
場ニ於ケル、電力ヲ Z_0 トスレバ、結果ハ如何。第三卷、第三章第1
節及第3節ヲ參照スレバ、分カル通り、此ノ如キ場合ニ於テハ、チ
エレキ球ハ、 z 軸ノ方向ニ變極シタル、一ノ電氣的變極球トシテ
作用スル、隨テ一ノ對電トシテ作用スル、ソウシテ其電氣能率ハ

$$\varpi = \frac{K-1}{K+2} Z_0 a^2 \dots \dots \dots (2)$$

デアアル。故ニ此場合ニ於テハ、チエレキ球ニ基因スル電力ハ、次
式デ與ヘラル。

$$X = \varpi \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \left(\frac{1}{r} \right) \quad |$$

$$\left. \begin{aligned} Y &= \varpi \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \left(\frac{1}{r} \right), \\ Z &= -\varpi \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left(\frac{1}{r} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3).$$

サテチエレキ球ノ半径 a ハ、進來電波ノ波長ト比較シテ、小ナルモノデアルトシヤウ。此場合ニ於テハ、(1)式ニ於ケル Z_0 ノ値ハ、チエレキ球ノ表面上、到ル所同一デアルト考ヘテヨイ。進來電波ニ於ケル、電力ノ振幅 Z_0 ハ、此ノ如ク球面上、同一デアリ均等デアルガ、此電力ハ時々刻々、振動的ニ其値ヲ變ズルノデアル。故ニ既ニ第三章第1節ノ末尾ニ述ベタコトヲ參考スレバ、分カル通り、チエレキ球ハ、進來電波ノ影響ヲ蒙リ、一ノヘルツ對電ノ様ニ、作用スルト考ヘテヨイ、隨テ之ニ基因スル電力ハ、次式ノ實數部デ與ヘラル。

$$\left. \begin{aligned} X &= \varpi \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\}, \\ Y &= \varpi \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\}, \\ Z &= -\varpi \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4).$$

但此式ニ於テ

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \dots\dots\dots (5)$$

デアル。

上式(4)ノ第一式ニ於テ

$$\frac{\partial}{\partial z} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} = \frac{\partial}{\partial r} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} \frac{\partial r}{\partial z}$$

$$= -e^{\psi(t-\frac{r}{c})} \left(\frac{ip}{cr^2} + \frac{1}{r^3} \right) z$$

デアル。更ニ之ヲ x ニ對シテ微分スレバ

$$-\frac{\partial}{\partial r} \left\{ e^{\psi(t-\frac{r}{c})} \left(\frac{ip}{cr^2} + \frac{1}{r^3} \right) z \right\} \frac{\partial r}{\partial x} = e^{\psi(t-\frac{r}{c})} \left(-\frac{p^2}{c^2 r} + \frac{3ip}{cr^2} + \frac{3}{r^3} \right) \frac{xz}{r^2}$$

トナル。然ルニ

$$e^{\psi(t-\frac{r}{c})} = \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) + i \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right)$$

デアルカラ、上式ノ實數部ヲ取レバヨイ、隨テ

$$X = \varpi \left\{ \frac{3}{r^3} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) - \frac{3}{r^2} \frac{p}{c} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) - \frac{p^2}{c^2} \frac{1}{r} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right\} \frac{xz}{r^2} \dots (6)$$

デアル。同様ニ

$$\left\{ Y = \varpi \left[\frac{3}{r^3} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) - \frac{3}{r^2} \frac{p}{c} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) - \frac{p^2}{c^2} \frac{1}{r} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] \frac{yz}{r^2} \dots (7), \right.$$

$$\left. Z = \varpi \left[\frac{3z^2 - r^2}{r^2} \left\{ \frac{1}{r^3} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) - \frac{1}{r^2} \frac{p}{c} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right\} + \frac{x^2 + y^2}{r^2} \frac{p^2}{c^2} \frac{1}{r} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] \dots\dots\dots (8). \right.$$

次ニ對電のチエレキ球ニ基因スル磁力ハ、次式ノ實數部デ與ヘラルルノデアル。コレハ第三章第1節ヲ見レバ分カルノデアル。

$$\left. \begin{aligned} L &= \varpi \frac{\partial^2}{\partial t \partial y} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} \\ &= \varpi ip \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\}, \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} M &= -\varpi \frac{\partial^2}{\partial t \partial x} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} \dots\dots\dots (9), \\ &= -\varpi ip \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\}, \\ N &= 0 \end{aligned} \right\}$$

然ルニ上式ノ第一式ニ於テ

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} &= \frac{\partial}{\partial r} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} \frac{\partial r}{\partial y} \\ &= -e^{\psi(t-\frac{r}{c})} \left(\frac{ip}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \frac{y}{r} \end{aligned}$$

デアルカラ

$$\begin{aligned} \varpi ip \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{e^{\psi(t-\frac{r}{c})}}{r} \right\} &= -\varpi ip e^{\psi(t-\frac{r}{c})} \left(\frac{ip}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \frac{y}{r} \\ &= -\varpi ip \left[\cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) + i \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] \left(\frac{ip}{cr} + \frac{1}{r^2} \right) \frac{y}{r} \end{aligned}$$

デアル随テ此式ノ實數部ノミヲ取レバヨイカラ

$$L = \varpi p \left\{ \frac{1}{r^2} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) + \frac{p}{cr} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right\} \frac{y}{r}$$

デアル。同様ノ計算ヲ施セバ、Mノ値モ直ニ分カルノデアル。

即一括シテ之ヲ列記スレバ、下ノ通りデアル。

$$\left. \begin{aligned} L &= \varpi p \left\{ \frac{1}{r^2} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) + \frac{p}{cr} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right\} \frac{y}{r}, \\ M &= -\varpi p \left\{ \frac{1}{r^2} \sin p \left(t - \frac{r}{c} \right) + \frac{p}{cr} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right) \right\} \frac{x}{r}, \\ N &= 0. \end{aligned} \right\} \dots\dots (10).$$

上式(6),(7),(8)及(10)ハ、各々チエレキ球ニ基因スル電波ト磁波ヲ表ハスモノデアル。由是觀之バ、進來スル電波ニハ、チエレキ球ノ爲メ、散亂現象ガ起ルノデアル。

考フル所ノ場所ガ、チエレキ球カラ遠ザカリタル場所、即rノ値ガ大ナル場所ニ於テハ、(6),(7),(8)式ノ第一項ト第二項ハ、之ヲ第三項ニ比較スレバ、無視シテ差支ガナイ。又(10)式ノ第一項ハ、第二項ニ對シ、之ヲ無視シテ差支ガ無い。故ニ(6),(7),(8)式ト(10)式ハ、各々下記ノ通りニナル。

$$\left. \begin{aligned} X &= -\varpi \frac{xz}{r^3} \frac{p^2}{c^2} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right), \\ Y &= -\varpi \frac{yz}{r^3} \frac{p^2}{c^2} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right), \\ Z &= \varpi \frac{x^2+y^2}{r^3} \frac{p^2}{c^2} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right). \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11),$$

$$\left. \begin{aligned} L &= \varpi \frac{y}{r^2} \frac{p^2}{c} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right), \\ M &= -\varpi \frac{x}{r^2} \frac{p^2}{c} \cos p \left(t - \frac{r}{c} \right), \\ N &= 0. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12).$$

上式ガ示ス通り、散亂波ニ於ケル振幅ハ、pノ二乗ニ正比例スルノデアル、コレハ注目ス可キ大切ナコトデアル。然ルニ

$$p = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi c}{\lambda}$$

デアルカラ、此振幅ハ波長λノ二乗ニ逆比例スルノデアル。トコロガ、散亂波ニ於ケルエネルギーハ、振幅ノ二乗随テp²ノ二乗ニ正比例スル、随テ波長λノ四乗ニ逆比例スルノデアル。故ニ

散亂現象ハ、波長ガ短カケレバ短キ程顯著デアアル。彼ノ天空ノ色ガ青イノハ、何故デアアルカト云フト、コレハ氣層ニ於ケル空氣分子ノ爲メ、光波ガ散亂セラレルカラデアアル。此散亂現象ハ、日光スペクトル中ノ青色、及ソレ以上ニ相當スル光波ニ於テ顯著デアアル。隨テ吾人ノ眼ニハ、空ノ色ガ主トシテ青ク感ズルノデアアル。此青空説ハ、ロイドレイレイガ始テ論出シタモノデアアル。終リニ附言ス可キコトガアル。無線電信上、吾人ガ使用スル電波ハ、氣層ヲ通過スル際ニ、空氣分子ノ爲ニ散亂セラレル様ナコトハ、ナイノデアアル、何トナレバ、其波長ガ大ナルカラデアアル。

1. Lord Rayleigh.

第六章

電波ノ傳播

1. 半導電的媒體ノ表面ヲ沿フテ進行スル電磁波。

第二章第2節ヲ参照スレバ分カル通り、半導電的媒體ニ關スル、電磁基礎微分方程式ハ、下記ノ通りデアアル。

$$\left. \begin{aligned} \frac{K}{c} \frac{\partial X}{\partial t} + \frac{4\pi kX}{c} &= \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}, \\ \frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi kY}{c} &= \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, \\ \frac{K}{c} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{4\pi kZ}{c} &= \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1),$$

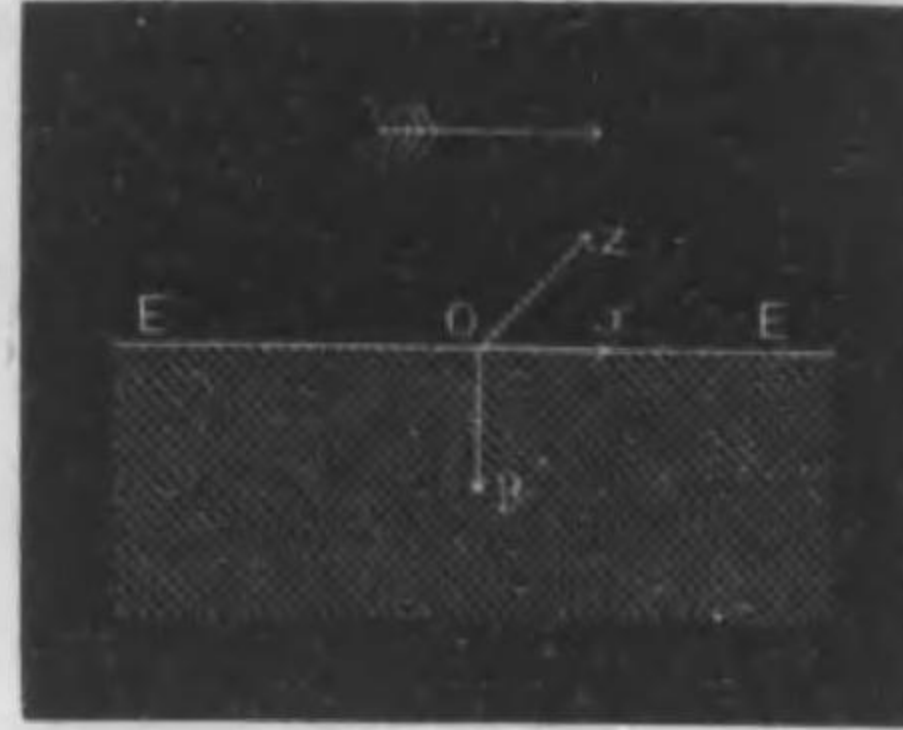
$$\left. \begin{aligned} -\frac{\mu}{c} \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}, \\ -\frac{\mu}{c} \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}, \\ -\frac{\mu}{c} \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2).$$

考フル所ノ半導電的媒體ノ表面上ニ、直角坐標軸ノ原點ヲトリ、ソウシテ此表面ヲ、 xy 面トシヤウ。第66圖ハ考フル所ノ媒體ト、坐標軸ヲ表ハスモノデアアル。斜線ヲ附スル部分ハ、媒體ヲ示シ、 xy 面ハ其表面デアアル。y軸ハ媒體内ニアツテ、其正方向ハ、表面カラ下方ニ向テアルトスル。

今平面的電磁波ガ、矢デ示ス如ク、媒體ノ表面ヲ沿ヒ、進行シテ

ヲルトシヤウ。電波ヲ形成スル電力ハ、xy面ニ存在シ、随テ磁波ヲ形成スル磁力ハ、單ニz軸ノ方向ノミニ、存在スルト考ヤウ。故ニ本論ノ場合ニ於テハ

$$\begin{cases} Z=0, \\ L=0, M=0 \end{cases}$$



66

デアルカラ、上記ノ一般式(1)ト(2)ハ、下記ノ形ヲトル。

$$\left. \begin{aligned} wK \frac{\partial X}{\partial t} + kX &= cw \frac{\partial N}{\partial y}, \\ wK \frac{\partial Y}{\partial t} + kY &= -cw \frac{\partial N}{\partial x}, \\ \mu \frac{\partial N}{\partial t} &= c \left(\frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3).$$

但此式ニ於テ

$$w = \frac{1}{4\pi} \dots \dots \dots (4)$$

トオイテアル。

然ラバ上式(3)ノ解ハ、何デアルカト云フト、コレハ次式ヲ以テ表ハシテヨイ。

$$\left. \begin{aligned} X &= X_0 e^{i(qt+sy)}, \\ Y &= Y_0 e^{i(qt+sy)}, \\ N &= N_0 e^{i(qt+sy)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5).$$

但此式ニ於テ、 X_0, Y_0, N_0 ハ坐標yノ函数デアリ、ソウシテsハ或ル複素數デアル。

此X, Y, Nノ値ガ、(3)式ヲ満足スルニハ、之ヲ置換シテミレバ、

分カル通り、次記ノ關係ガ、成立セネバナラス。

$$\left. \begin{aligned} (iwpK+k)X_0 &= cw \frac{\partial N_0}{\partial y}, \\ (iwpK+k)Y_0 &= -icwsN_0, \\ i\mu pN_0 &= c \left(\frac{\partial X_0}{\partial y} - isY_0 \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6).$$

然ルニ此式ノ第三式ハ、第一及第二式ニヨリ

$$i\mu pN_0 = c \left(\frac{cw}{k+iwpK} \frac{\partial^2 N_0}{\partial y^2} + \frac{cwi^2s^2}{k+iwpK} N_0 \right)$$

トナル、随テ

$$\frac{\partial^2 N_0}{\partial y^2} = \frac{i\mu p(k+iwpK) + c^2ws^2}{c^2w} N_0 \dots \dots \dots (7)$$

デアル。

媒體ノ表面以上ハ、空氣デアルトシヤウ。ソコデ空氣中ニ於ケル、電力ト磁力ヲ、媒體内ニ於ケル、電力及磁力ト、區別スル爲メ、以下各々數字1ト2ヲ、之ニ附記シヤウ。此區別法ニ從ヒ、空氣中ニ於ケル磁力ヲ

$$N_{0,1} = a_1 e^{-ir_1 y} \dots \dots \dots (8)$$

デ表ハソウ。但此式ニ於テ、 a_1 ハ或ル常數デアリ、 r_1 ハ或ル複素數デアル。

此値ヲ(7)式ニ置換スレバ、明ニ

$$-r_1^2 = \frac{i\mu_1 p(k_1+iwpK_1)}{c^2w} + s^2$$

即

$$r_1^2 + s^2 = -\frac{i\mu_1 p(k_1+iwpK_1)}{c^2w} \dots \dots \dots (9)$$

デアル。但此式中、數字1ヲ附記シテアル文字、即 r_1, μ_1, k_1, K_1 ハ、皆

各々空氣ニ關スルト云フコトヲ表ハシテアル。

次ニ(8)式ヲ(6)式ノ第一及第二式ニ置換スレバ

$$\begin{cases} X_{0,1} = \frac{cw}{k_1 + iwpK_1} \frac{\partial N_{0,1}}{\partial y} \\ = -ir_1 a_1 \frac{cw}{k_1 + iwpK_1} e^{-ir_1 y} \dots\dots\dots (10), \\ Y_{0,1} = -\frac{cw}{k_1 + iwpK_1} is N_{0,1} \\ = -\frac{iscw}{k_1 + iwpK_1} a_1 e^{-ir_1 y} \dots\dots\dots (11) \end{cases}$$

デアアル。

同様ニ媒體内ニ於ケル磁力ヲ

$$N_{0,2} = a_2 e^{-ir_2 y} \dots\dots\dots (12)$$

トスレバ、次記ノ關係ガ成立スルノデアアル。

$$\begin{cases} r_2^2 + s^2 = -\frac{i\mu_2 p (k_2 + iwpK_2)}{c^2 w} \dots\dots\dots (13), \\ X_{0,2} = -ir_2 a_2 \frac{cw}{k_2 + iwpK_2} e^{-ir_2 y} \dots\dots\dots (14), \\ Y_{0,2} = -isa_2 \frac{cw}{k_2 + iwpK_2} e^{-ir_2 y} \dots\dots\dots (15). \end{cases}$$

ナラ媒體ノ表面即 $y=0$ ナル所ニ於テハ、電力モ磁力モ、連続的ノモノデアアルカラ

$$\begin{cases} (N_{0,1})_{y=0} = (N_{0,2})_{y=0}, \\ (X_{0,1})_{y=0} = (X_{0,2})_{y=0} \end{cases}$$

デアアル、隨テ(8)式ト(10)式及(10)式ト(14)式ニヨリ、各々

$$\begin{cases} a_1 = a_2 \dots\dots\dots (16), \\ \frac{r_1}{k_1 + iwpK_1} = \frac{r_2}{k_2 + iwpK_2} \dots\dots\dots (17) \end{cases}$$

デアアル

然ルニ(9)式ト(13)式ヲ、各々 $(k_1 + iwpK_1)^2$ ト $(k_2 + iwpK_2)^2$ デ除スレバ

$$\begin{cases} \frac{r_1^2 + s^2}{(k_1 + iwpK_1)^2} = -\frac{i\mu_1 p}{c^2 w (k_1 + iwpK_1)} \dots\dots\dots (18), \\ \frac{r_2^2 + s^2}{(k_2 + iwpK_2)^2} = -\frac{i\mu_2 p}{c^2 w (k_2 + iwpK_2)} \dots\dots\dots (19) \end{cases}$$

トナル。故ニ(19)式ヲ、(18)式カラ減ジ、(17)式ガ示ス關係ヲ利用スレバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$s^2 = -\frac{ip}{c^2 w} \frac{(k_1 + iwpK_1)(k_2 + iwpK_2)}{(k_1 + iwpK_1) + (k_2 + iwpK_2)} \dots\dots\dots (20).$$

但此式ニ於テ、空氣ノ透磁率ハ、無論1トシテアル。又媒體ノ透磁率 μ_2 モ、1トシテアル。何故デアアルカト云フト、振動數ガ多大ナル磁力ニ對シテハ、媒體ハ磁的作用ヲ呈セスカラデアアル。

簡單ニスル爲メ

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{k_2 p}{w}, & q_1 &= \frac{wpK_1}{k_2} \\ \beta &= \frac{k_1}{k_2}, & q_2 &= \frac{wpK_2}{k_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

トオケバ、上式(20)ハ

$$s^2 = -\frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2) + (\beta+iq_1)}$$

トナル、隨テ

$$s = -\frac{1}{c} \sqrt{-\frac{ia(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2) + (\beta+iq_1)}} \dots\dots\dots (22)$$

デアアル。此式ニ於テ、平方根ノ前ニ、負號ヲ取テアルノハ、 x ノ値ガ増スニ隨ヒ、即電磁波ガ媒體ノ表面ヲ沿フテ進行スルニ隨ヒ、(5)式ニヨツテ表ハサルル、電力ト磁力ノ値ハ、段々減少スルカラ

デアム.

(9)式ニ於テ, $\mu_1 = 1$ トオキ, 之ニ上記 s^2 ノ値ヲ置換スレバ

$$\begin{aligned} r_1^2 &= -\frac{ip(k_1 + i\omega p K_1)}{c^2 \omega} + \frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \\ &= -\frac{ipk_2(\beta+iq_2)}{c^2 \omega} + \frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \\ &= (\beta+iq_1) \left\{ -\frac{ipk_2}{c^2 \omega} + \frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \right\} \\ &= (\beta+iq_1) \left\{ -\frac{ia}{c^2} + \frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \right\} \\ &= -\frac{ia}{c^2} \frac{(\beta+iq_1)^2}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \end{aligned}$$

デアム, 隨テ

$$r_1 = \frac{(\beta+iq_1)}{c} \sqrt{-ia \frac{1}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)}} \dots \dots \dots (23)$$

デアム.

次ニ(13)式ニ於テ, $\mu_2 = 1$ トオキ, 之ニ s^2 ノ値ヲ置換スレバ

$$\begin{aligned} r_2^2 &= -\frac{ip(k_2 + i\omega p K_2)}{c^2 \omega} + \frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \\ &= -\frac{ia}{c^2} \frac{(1+iq_2)^2}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)} \end{aligned}$$

トナル, 隨テ

$$r_2 = \frac{(1+iq_2)}{c} \sqrt{-ia \frac{1}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)}} \dots \dots \dots (24)$$

デアム.

サテ(10)式ト(11)式トニヨリ

$$\frac{X_{0,1}}{Y_{0,1}} = \frac{r_1}{s}$$

デアム. 然ルニ空氣中ニ於テハ, $k_1 = 0$ デアルカラ, $\beta = 0$ デアル, 隨テ(22)式ト(23)式トニヨリ

$$\begin{aligned} \frac{X_{0,1}}{Y_{0,1}} &= -\sqrt{\frac{iq_1}{1+iq_2}} \\ &= -\sqrt{iq_1 \frac{1-iq_2}{1+q_2^2}} \\ &= -\sqrt{\frac{q_1}{\sqrt{1+q_2^2}} \frac{q_2}{\sqrt{1+q_2^2}} \left(1 + \frac{i}{q_2}\right)} \dots \dots \dots (25) \end{aligned}$$

デアム. トコロガ

$$\tan 2\varphi_0 = \frac{1}{q_2} \dots \dots \dots (26)$$

トオケバ

$$\begin{cases} \cos 2\varphi_0 = \frac{q_2}{\sqrt{1+q_2^2}}, \\ 1 + i \tan 2\varphi_0 = 1 + \frac{i}{q_2} \end{cases}$$

デアムカラ, 上式(25)ハ

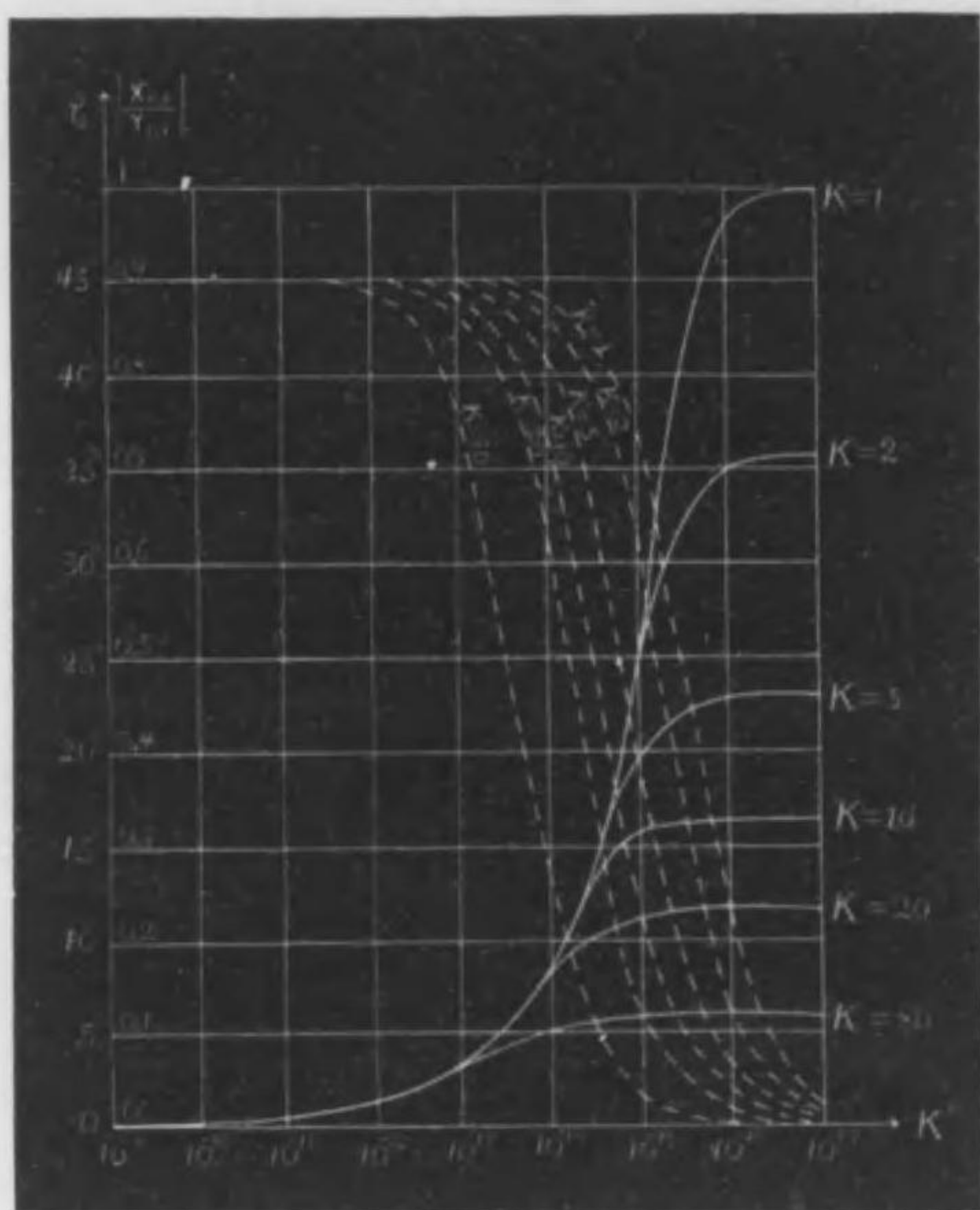
$$\begin{aligned} \frac{X_{0,1}}{Y_{0,1}} &= -\sqrt{\frac{q_1}{\sqrt{1+q_2^2}}} \sqrt{\cos 2\varphi_0 (1 + i \tan 2\varphi_0)} \\ &= -\sqrt{\frac{q_1}{\sqrt{1+q_2^2}}} \sqrt{\cos 2\varphi_0 + i \sin 2\varphi_0} \\ &= -\sqrt{\frac{q_1}{\sqrt{1+q_2^2}}} e^{i\varphi_0} \dots \dots \dots (27) \end{aligned}$$

トナル.

故ニ媒體ノ表面ノ上部, 即空氣中ニ於ケル, 水平的電力 $X_{0,1}$ ト, 垂直的電力 $Y_{0,1}$ ノ振動ノ位相ハ, φ_0 ダケ異ツテアル. ソウシテ, 此水平的電力ト, 垂直的電力ノ振幅ノ比ハ, 上式ノ絶対値デ與ヘラル, 即

$$\left| \frac{X_{0,1}}{Y_{0,1}} \right| = \sqrt{\frac{q_1}{1+q_1^2}} \dots \dots \dots (28)$$

デアル。



67

第67圖ノ曲線ハ、此振幅ノ比ヲ、導電率ノ函數トシテ、畫イタモノデアル。上記ノ諸式ニ於ケル、導電率 k_1, k_2 ハ、皆靜電單位 C.G.S. デ表ハシテアル。然ルニ上圖ニ於テハ、導電率ハ便宜上、電磁單位 C.G.S. デ表ハシテアル、即圖ニ k' トシテアルハ、媒體ノ導電率ヲ、電磁單位 C.G.S. デ表ハシタモノデアル。次ニ位相角 φ_0 ハ、(26) 式ヲ使用シテ算出スレバヨイ、圖ニ示ス點曲線ハ、即導電率ノ函

數トシテ、 φ_0 ヲ表ハシタモノデアル。此所ニ一言ス可キコトガアル。上記振幅ノ比モ、位相角モ、共ニ媒體ノヂエレキ常數 K ノ函數デアル。圖ノ諸曲線ハ、 K ノ値ガ 1, 2, 5, 10, 20 及 80 ノ場合ニ相當スルモノデアル。空氣ノヂエレキ常數ハ $K_1=1$ デアリ、區別ノ必要ガナイカラ、媒體ノヂエレキ常數ハ、 K_2 ノ代リニ、單ニ K トシテアル。又此所ニ一言ス可キコトガアル。上圖ハ振動數ガ 5×10^3 、隨テ波長ガ 600 メートルデアル、電磁波ノ場合ヲ表ハシタモノデアル。

次ニ進ンデ媒體内ニ於ケル、水平的電力 $X_{0,2}$ ト、垂直的電力 $Y_{0,2}$ ノ比ヲ考ヘネバナラス。明ニ(14)式ト(15)式トニヨリ

$$\frac{X_{0,2}}{Y_{0,2}} = \frac{r_2}{s}$$

デアル、隨テ(22)式ト(24)式トニヨリ

$$\begin{aligned} \frac{X_{0,2}}{Y_{0,2}} &= -\sqrt{\frac{1+iq_2}{\beta+iq_1}} \\ &= -\sqrt{\frac{1+iq_2}{iq_1}} \\ &= -\sqrt{\frac{1+q_2^2}{iq_1(1-iq_2)}} \\ &= -\sqrt{\frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_1} \frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_2} \frac{1}{1+\frac{i}{q_2}}} \dots \dots (29) \end{aligned}$$

デアル。故ニ今

$$\tan 2\varphi = -\frac{1}{q_2} \dots \dots \dots (30)$$

トオケバ

$$\begin{cases} \cos 2\varphi = \frac{q_2}{\sqrt{1+q_2^2}}, \\ 1-i \tan 2\varphi = 1+i \frac{1}{q_2} \end{cases}$$

デアラカラ、上式(29)ハ

$$\begin{aligned} \frac{X_{0,2}}{Y_{0,2}} &= -\sqrt{\frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_1} \frac{1}{\cos 2\varphi} \frac{1}{1-i \tan 2\varphi}} \\ &= -\sqrt{\frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_1} \frac{1}{e^{-2i\varphi}}} \\ &= -\sqrt{\frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_1} e^{i2\varphi}} \dots\dots\dots (31) \end{aligned}$$

トナル。故ニ媒體内ニ於ケル、水平的電力ト、垂直的電力ノ振幅ノ比ハ、此式ノ絶対値デ與ヘラル、即

$$\left| \frac{X_{0,2}}{Y_{0,2}} \right| = \sqrt{\frac{\sqrt{1+q_2^2}}{q_1}} \dots\dots\dots (32)$$

デアラ。

此式ヲ(23)式ト比較スレバ、直ニ次記ノ重要ナル關係ヲ得ル。

$$\left| \frac{X_{0,2}}{Y_{0,2}} \right| = \frac{1}{\left| \frac{X_{0,1}}{Y_{0,1}} \right|} \dots\dots\dots (33)$$

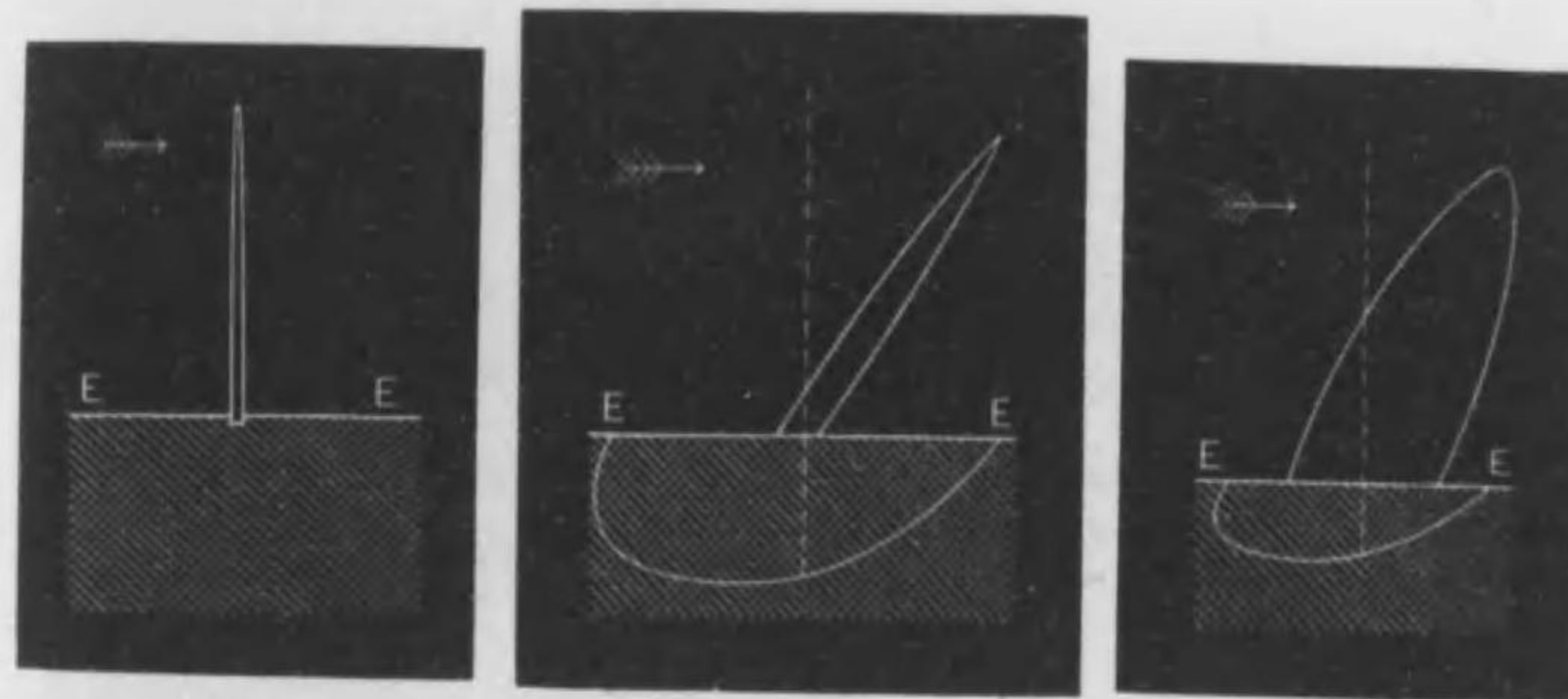
此式ガ示ス通り、媒體内ニ於ケル、水平的電力ト、垂直的電力ノ振幅ノ比ハ、媒體ノ表面ノ上部、即空氣中ニ於ケル、振幅ノ比カラ、直ニ算出スルコトガ出來ルノデアラ。又(30)式ヲ(26)式ト比較スレバ、直ニ下記ノ關係ヲ得ル。

$$2\varphi = \pi - 2\varphi_0 \dots\dots\dots (34)$$

故ニ媒體内ニ於ケル、水平的電力ト、垂直的電力ノ位相角φハ、媒體ノ表面ノ上部ニ於ケル、位相角φ₀カラ、直ニ算出スルコトガ

出來ルノデアラ。

サテ第67圖ヲ一見スレバ、直ニ明カナル通り、媒體ノ導電率ガ大ナル程、水平的電力ハ小デアラ。之ニ反シテ、導電率ガ小ナル程、水平的電力ハ大デアラ。考フル所ノ平面的電磁波ガ、若シエ軸ノ方向ニ進行シ、何等其附近ニ導電的媒體ガ存在セヌナラ、電力ハy軸ノ方向、即垂直線ノ方向ノミニ、極限セララルノデアラ。然ルニ上記ノ如ク、導電的媒體ノ表面ヲ沿フテ、電磁波ガ進行スルカラ、新ニエ軸ノ方向、即水平線ノ方向ニ、電力ガ誘起セララルノデアラ。此垂直的電力ト、水平的電力ニハ、或ル位相差ガアルカラ、其綜合電力ノ状態ハ、橢圓ヲ以テ表ハシテヨイ。換言スレバ、綜合電力ヲ表ハス、ベクトルノ端ハ、一ノ橢圓ヲ畫イテ動キ、漸エズ其値ト其方向ヲ變ズルノデアラ。



68

69

70

媒體ノ導電率ガ、大ナレバ大ナル程、水平的電力ハ益々小トナル、随テ橢圓ノ面積ハ減縮シ、ソウシテ綜合電力ハ、垂直状態ニ近づくノデアラ。第68圖ハ、導電率トガ餘リ小ナラス媒體、例ヘバ

10⁻¹² C.G.S. ト, 10⁻¹³ C.G.S. トノ間ニ存スル導電率ヲ有スル媒體ノ表面ヲ沿フテ, 波長 600 メートルノ電波ガ, 進行スル場合ヲ示スモノデアアル。此ノ如キ場合ニ於テハ, 水平的電力ハ, 極メテ小デアアル。隨テ電力ヲ表ハスベクトルハ, 小面積ノ橢圓ヲ畫ク。又此場合, 媒體內ニ於テハ, 垂直的電力ハ殆ド悉無デ, 唯ダ微弱ナル水平的電力ガアルノミデアアル。海水ノ場合ニ於テハ, 上記ノベクトルハ, 殆ド垂直位置ヲトリ, 水平的電力ハ殆ド存在セス。隨テ電波ノ進行状態ハ, 完全導電體ノ場合ニ近似スルノデアアル。第69圖ハ, $k' = 10^{-16}$ C.G.S., $K = 2$ ノ場合ニ於ケル媒體ノ面上ト, 其内部ニ於ケル電力ノ状態ヲ示ス。第70圖ハ, $k' = 10^{-13}$ C.G.S., $K = 2$ ノ場合ニ相當スルモノデアアル。此ノ如キ電力ノ状態ハ, 考フル所ノ電磁波ガ乾土上ヲ進行スル場合ナドニ, 實際發現スルノデアラウ。

終リニ附記ス可キコトガアル。海水, 濕土及乾土ノ導電率 k' ト, チエレキ常數 K ノ値ハ, 各々大略下記ノモノト考ヘテ, 差支ナカラウ。

{	海水..... $k' = 10^{-11}$ 電磁單位 C.G.S..... $K = 80,$
	濕土..... $k' = 10^{-13}$ — 10^{-14} " " $K = 5$ — $15,$
	乾土..... $k' < 10^{-13}$ " " $K = 2$ — $6.$

2. 電磁波ノ吸收.

第1節ニ述ベタ通り, 平面的電磁波ガ, 或ル半導電的媒體ノ表面ヲ沿フテ, 進行スル場合ニハ, 其電力及磁力ハ, 各々下式デ與ヘラル。

$$\left. \begin{aligned} X &= X_0 e^{i(jt+sz)}, \\ Y &= Y_0 e^{i(jt+sz)}, \\ N &= N_0 e^{i(jt+sz)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1).$$

此式ニ於ケル s ハ, 電磁波ノ吸收ヲ決定スルモノデ, コレハ第1節ニ述ベタ通り, 一般ニ

$$s = -\frac{1}{c} \sqrt{-ia \frac{(1+iq_2)(\beta+iq_1)}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)}} \dots\dots\dots (2)$$

デアアル。然ルニ媒體ノ表面隨テ空氣中ニ於テハ, $\beta = 0$ デアルカラ, 上式ハ次ノ通りニナル。

$$\begin{aligned} s &= -\frac{1}{c} \sqrt{aq_1 \frac{1+iq_2}{1+i(q_1+q_2)}} \\ &= -\frac{1}{c} \sqrt{aq_1 \frac{1+q_2(q_1+q_2)-iq_1}{1+(q_1+q_2)^2}} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

トコロガ, 一般ニ

$$\sqrt{m-in} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{m^2+n^2}+m} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{m^2+n^2}-m} \cdot i \dots (4)$$

デアアルカラ, 此式ニ據リ今

$$C = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{aq_1}{2} \frac{\sqrt{\{1+q_2(q_1+q_2)\}^2+q_1^2} + \{1+q_2(q_1+q_2)\}}{1+(q_1+q_2)^2}} \dots\dots (5),$$

$$D = c \sqrt{\frac{2}{aq_1} \frac{1+(q_1+q_2)^2}{\sqrt{\{1+q_2(q_1+q_2)\}^2+q_1^2} - \{1+q_2(q_1+q_2)\}}} \dots\dots (6)$$

トオケバ, 上式(3)ハ次形即

$$s = -\left(C - \frac{i}{D}\right) \dots\dots\dots (7)$$

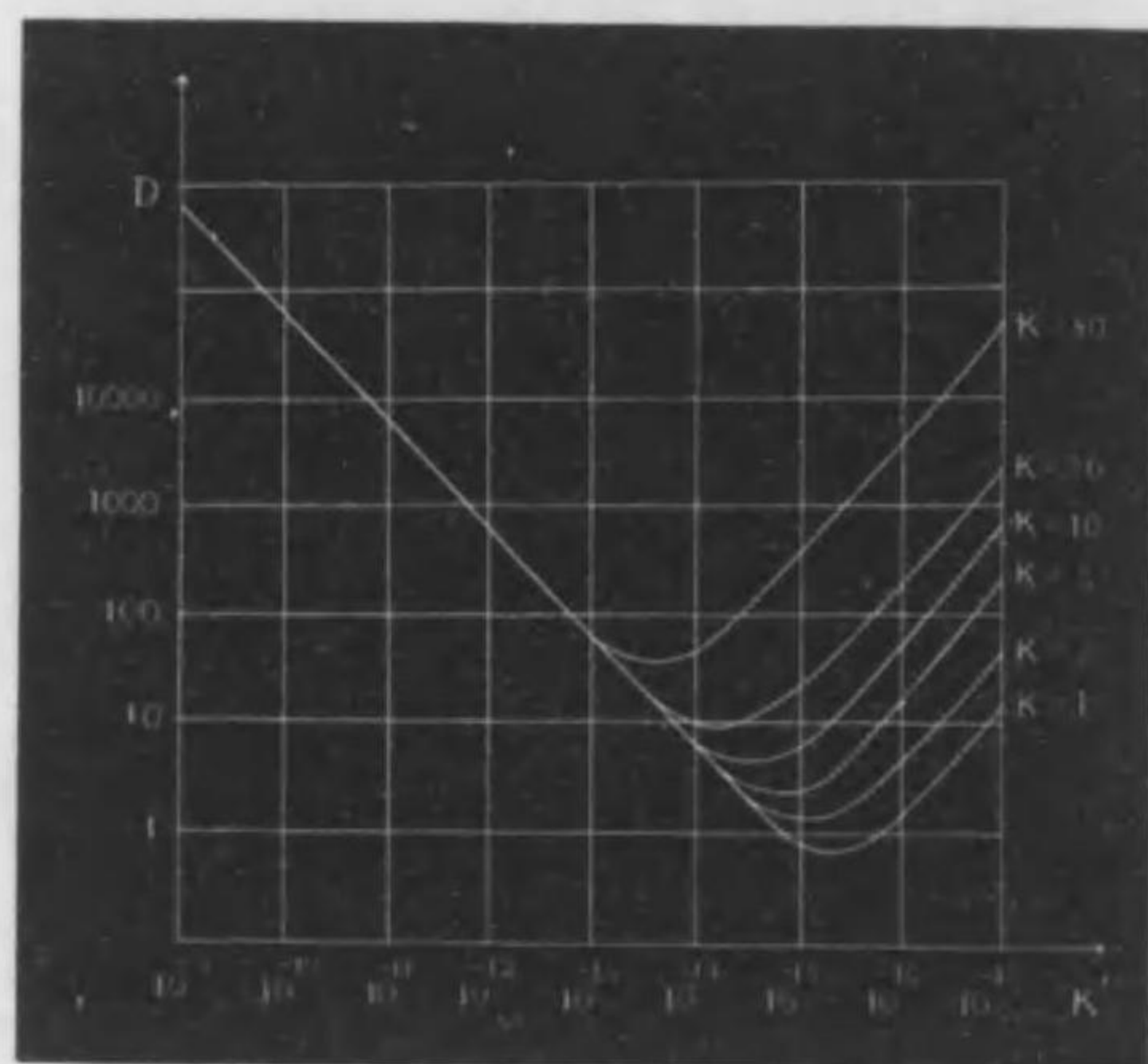
ヲトルカラ, 之ヲ(1)式ニ置換スレバ, 重要ナル因數即指數函數¹

1. Exponential function.

$$e^{-\frac{x}{D}}$$

ヲ得ル。電力ト磁力ハ、無論(1)式ノ實數部デ、與ヘラルルカラ、常數Cハ、之ヲ考フル必要ガナイ。

故ニ電磁波ガ距離Dダケ進行スレバ、即 $x=D$ トスレバ、上記ノ因數ハ、 $1/e$ トナル。換言スレバ、常數Dハ電磁波ニ於ケル、振動ノ電力ト磁力ノ振幅ガ、其初値ノ $1/e$ 、即約 $1/3$ ニ減少スルマデニ、電磁波ガ進行スル距離ヲ、表ハスノデアアル。然ラバ何故ニ、此ノ如ク電磁波ガ進行スルニ從ヒ、其振幅ガ減少スル、隨テ其エネルギーIガ、減少スルノデアアル乎。コレハ明ニ、考フル所ノ媒體内ニ、電磁振動ガ誘起セラレ、之ガ爲ニ電磁波ニ於ケル、エネルギーノ一部分ガ、吸收消費セララルルカラデアアル。第71圖ハ、常數Dヲ導電率 k ノ函數トシテ、畫イタモノデアアル。但此Dノ値ハ、キロ



71

メートルデ表ハシテアル。6個ノ曲線ハ、媒體ノチエレキ常數Kノ値ガ、1, 2, 5, 10, 20及80ノ場合ヲ表シテアル。

第71圖ハ電磁波ニ於ケル、振動數ガ 5×10^8 、隨テ其波長ガ600メートルノ場合ニ、相當スルモノデアアル。 q_1 ト q_2 及 α ハ共ニ p 、隨テ振動數ニ正比例スルモノデアアルカラ、(5)式ヲ見レバ、分カル通り、 p ノ値ガ増スニ從ヒ、Dノ値ハ減少スル。故ニ波長ガ短キ程、吸收現象ハ顯著デアアル。

次ニ媒體内ニ進入スル電磁波ヲ、考ヘネバナラス。第1節ニ於ケル、(12)、(14)及(15)式ヲ一見スレバ、直ニ分カル通り、磁力ト電力ノ進入度ハ、共ニ指數函數

$$e^{-ir_2 y}$$

デ決定スル。然ルニ一般ニ

$$\begin{aligned} r_2 &= \frac{(1+iq_2)}{c} \sqrt{-ia \frac{1}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)}} \\ &= \frac{1}{c} \sqrt{-ia \frac{(1+iq_2)^2}{(1+iq_2)+(\beta+iq_1)}} \\ &= \frac{1}{c} \sqrt{\frac{\alpha}{(1+\beta)^2+(q_1+q_2)^2} \left[\frac{\{(1+\beta)2q_2-(1-q_2^2)(q_1+q_2)\}}{-i\{(1+\beta)(1-q_2^2)+2q_2(q_1+q_2)\}} \right]} \dots (8) \end{aligned}$$

デアアル。トコロガ、空氣ノ導電率ハ零デアアルカラ、 $\beta=0$ デアアル、隨テ

$$r_2 = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{\alpha}{1+(q_1+q_2)^2} \left[\frac{\{2q_2-(1-q_2^2)(q_1+q_2)\}}{-i\{(1-q_2^2)+2q_2(q_1+q_2)\}} \right]} \dots (9)$$

デアアル。故ニ今

$$\left. \begin{aligned} a &= 2q_2 - (1 - q_2^2)(q_1 + q_2), \\ b &= (1 - q_2^2) + 2q_2(q_1 + q_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

トオケバ, 上式(9)ハ

$$r_2 = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{a(a-ib)}{1+(q_1+q_2)^2}} \dots\dots\dots (11)$$

トナル, 随テ(4)式ニ據リ

$$\left\{ \begin{aligned} C' &= \frac{1}{c} \sqrt{\frac{a}{2} \frac{\sqrt{a^2+b^2}+a}{1+(q_1+q_2)^2}} \dots\dots\dots (12), \\ D' &= c \sqrt{\frac{2}{a} \frac{1+(q_1+q_2)^2}{\sqrt{a^2+b^2}-a}} \dots\dots\dots (13) \end{aligned} \right.$$

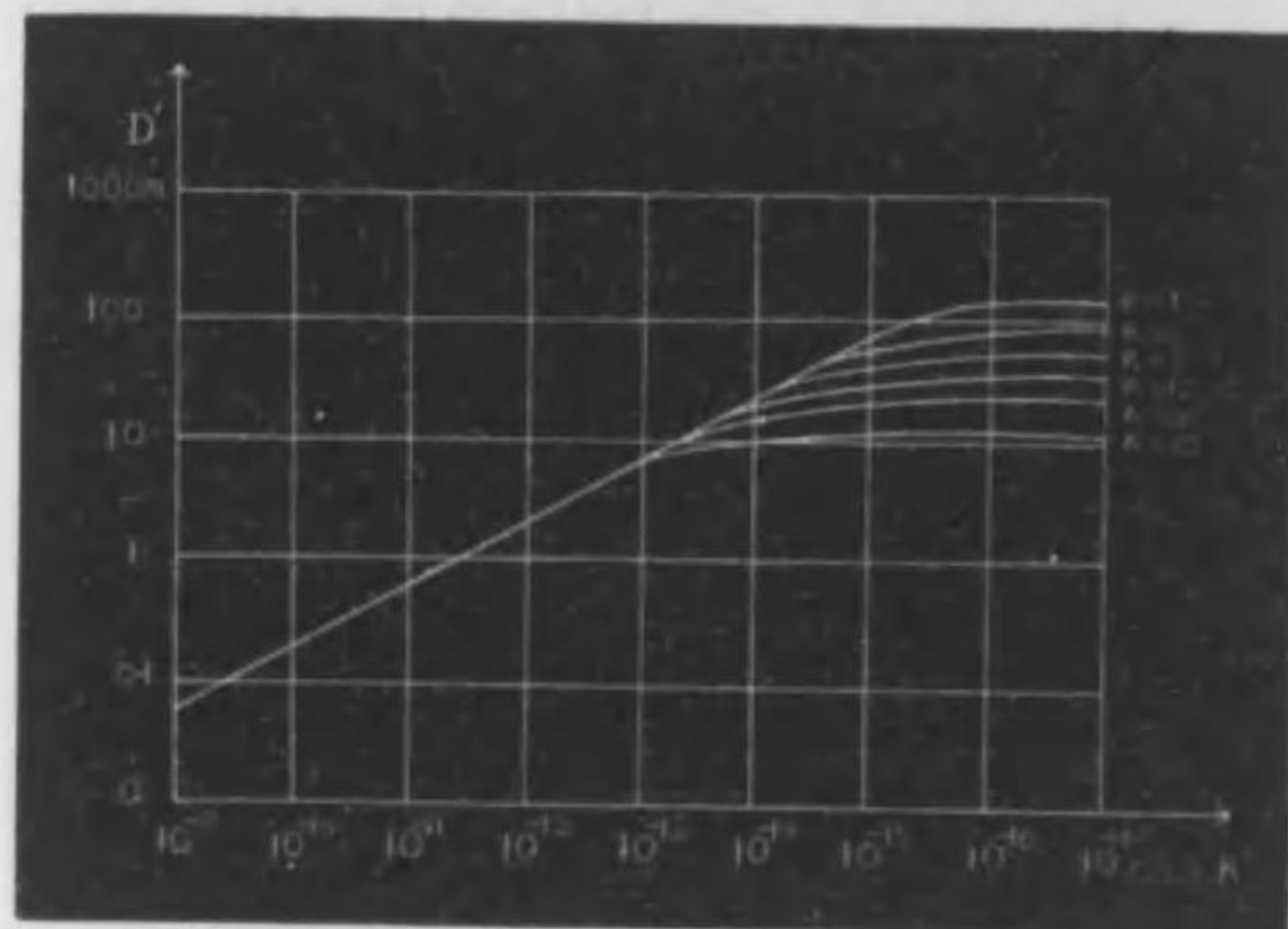
トオケバ

$$r_2 = C' - \frac{i}{D'} \dots\dots\dots (14)$$

デア。故ニ電磁波ノ進入度ハ, 指數函數

$$e^{-\frac{x}{D'}}$$

ヲ決定スル。D'ハ何ヲ表ハスカト云フト, コレハ明ニ電磁波ノ



振幅ガ, 其初値ノ 1/c, 即約 1/3ニ減少スルマデ, 媒体内ニ進入スル距離ヲ表ハスノデア。ル。

第72圖ハ, D'ヲDノ函數トシテ, 畫イタモノデア。ル。但此圖ハ, 電磁波ノ波長ガ, 600メートルノ場合ニ相當スルモノデ, 媒體ノヂエレキ常數Kノ値ガ, 1, 2, 5, 10, 20及80ノ場合ヲ表ハシテアル。圖ヲ一見スレバ, 明カナル通り, 海水ノ場合ニハ, 電磁波ガ之ニ進入スル距離ハ, 1メートル以下デア。ル。然ルニ之ニ反シ, 濕土及乾土ノ場合ニ於テハ, 此進入距離ハ, 10メートル以上ニ達スルノデア。ル。

附言

第1節ト本節ハ, ツェンネック¹ノ論說ヲ, 理解シ易キ様ニ記述シタモノデア。ル。

3. 電波ノ屈折ニ關スル微分方程式。

電波ガ一ノ媒体内カラ, 他ノ媒体内ニ進入スルトキニハ, 光波ノ場合ニ於ケル如ク, 屈折ノ現象ガ起ルノデア。ル。此現象ヲ論ズルニハ, 先ヅ豫メ屈折ニ關スル觀念ヲ, 明確ニナシオクコトガ必要デア。ル。電波ト光波ハ, 同一性質ノモノデア。ルカラ, 此所ニハ先ヅ光波ニ關スル屈折ヲ考ヘテオケバ, ヨイノデア。ル。

光ガ一ノ媒体内カラ, 他ノ媒体内ニ進入スルトキノ入射角ヲ θ_1 トシ, ソウシテ屈折角ヲ θ_2 トスレバ, 屈折法則²ハ, 次式デ與ヘラレルノデア。ル。

1. Zenneck. 2. The law of refraction.

$$\nu_{12} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \dots \dots \dots (1).$$

此式ニ於テ、 ν_{12} ハ比屈折率ト稱スルモノデ、コレハ第一媒體ト、第二媒體トニ於ケル、光學的相互關係ヲ示スモノデアアル。實驗上カラ證明ナルル通り、 ν_{12} ノ値ハ無論一定シタモノデアアル。入射角 θ_1 ガ變ハレバ、屈折角 θ_2 モ、之ニ應ジテ變ハル、シカシ其正弦ノ比ハ一定シテアル。

實驗上カラ考ヘテモ、明カナル通り、光ノ行路ハ可逆的ノモノデアアル。即屈折シタ光ガ、其屈折行路ヲ逆ニシテ、第二媒體カラ、第一媒體ノ方ニ進行スレバ、此光ハ初メニ入射シタ光ノ行路ト、同一ナル行路ヲ、逆ニ進行スルノデアアル。考フル所ノ第一及第二媒體ヲ、各々數字 1, 2 デ表ハソウ。第一媒體 1 對、第二媒體 2 ノ屈折率ヲ ν_{12} トシ、ソウシテ第二媒體 2 對、第一媒體 1 ノ屈折率ヲ、 ν_{21} デ表ハセバ、光ノ行路ハ、上述ノ通り、可逆的ノモノデアアルカラ

$$\begin{cases} \nu_{12} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}, \\ \nu_{21} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \end{cases}$$

デアアル、隨テ此二式カラ、 θ_1 ト θ_2 ヲ消去スレバ

$$\nu_{12} \cdot \nu_{21} = 1 \dots \dots \dots (2)$$

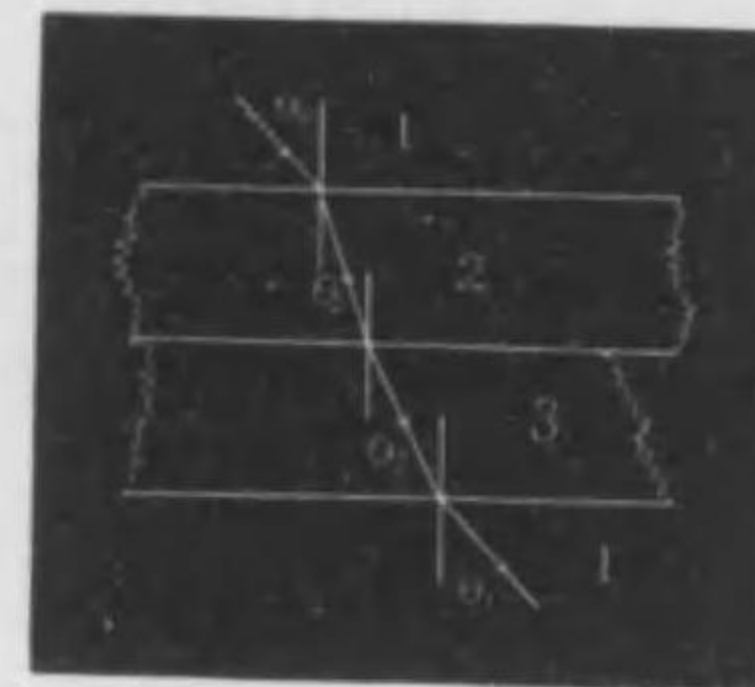
トナル。

次ニ考フ可キコトハ、光ガ平行平面ニヨツテ限界サルル、種々ナル媒體內ヲ通過スル場合デアアル。此ノ如キ場合ニ於テ、第一ノ媒體ト、最終ノ媒體ガ、同一性質ノモノデアレバ、光ノ最初ノ行

1. Relative refractive index.

路ト、最後ノ行路ハ、互ニ平行デアアル。

第 73 圖ハ、説明ノ爲メ、假ニ媒體ガ三種デアアル場合ヲ表ハシテアル。第一媒體 1, 第二媒體 2 對ノ場合ニ於ケル、入射角ヲ θ_1 トシ、屈折角ヲ θ_2 トシヤウ。ソウスルト、第二媒體 2, 第三媒體 3 對ノ場合ニ於テハ、入射角ハ明ニ θ_2 デアル。



73

以下説明ヲ待タズシテ明カデアアル。

上圖ハ媒體ノ數ガ四個ナル場合デアアルガ、今一般ニ媒體ノ數ヲ n トシヤウ。此場合ニ於テハ、次記ノ關係ガアル。

$$\begin{cases} \nu_{12} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}, \\ \nu_{23} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3}, \\ \dots \dots \dots \\ \nu_{n-1,1} = \frac{\sin \theta_{n-1}}{\sin \theta_1} \end{cases}$$

デアアル、隨テ

$$\nu_{12} \cdot \nu_{23} \dots \nu_{n-1,1} = 1 \dots \dots \dots (3)$$

デアアル。

特別ナル場合トシテ、媒體ノ數ガ 4 デアル場合ニハ、此一般式ハ、下記ノ通り、即

$$\nu_{12} \cdot \nu_{23} \cdot \nu_{31} = 1$$

トナル、隨テ

$$\nu_{13} = \nu_{12} \cdot \nu_{23} \dots \dots \dots (4)$$

デアル。

サテ上述ノ屈折率ハ、二個ノ媒體ニ關スル比較的ノモノデアル。換言スレバ、コレハ光ガ第一媒體カラ、第二媒體ニ進入スル際ニ於ケル、屈折度ヲ標榜スルモノデアル。然ルニ考フル所ノ第一媒體ガ、特種ノ媒體デナク、否ナ全ク真空デアル場合ヲ考フルコトガ、又必要デアル。光ガ真空内カラ、一ノ媒体内ニ進入スル場合ノ屈折率ヲ、吾人ハ名ヅケテ、此媒体ノ絶対屈折率¹ト謂フノデアル。

今第一媒体 1 ト、第二媒体 2 ノ絶対屈折率ヲ、各々 ν_1 ト ν_2 デ表ハソウ。真空ヲ記號 0 ヲ以テ表ハセバ

$$\nu_{10} = \nu_1 \cdot \nu_{01}$$

デアル。然ルニ

$$\nu_{10} \cdot \nu_{01} = 1$$

デアル。隨テ

$$\nu_{12} = \frac{\nu_{02}}{\nu_{01}}$$

デアル。トコロガ、 ν_{01} ト ν_{02} ハ、各々第一媒体 1 ト、第二媒体 2 ノ絶対屈折率ヲ表ハシテアル、即

$$\begin{cases} \nu_{01} = \nu_1 \\ \nu_{02} = \nu_2 \end{cases}$$

デアルカラ

$$\nu_{12} = \frac{\nu_2}{\nu_1} \dots \dots \dots (5)$$

1. Absolute refractive index.

デアル。

故ニ考フル所ノ第一媒体ト、第二媒体ノ比屈折率ハ、後者ノ絶対屈折率ヲ、前者ノ絶対屈折率デ除シタモノデアル。

上記ノ式(5)ハ、光ノ波動論上カラ、無論直ニ之ヲ算出スルコトガ出来ル。波動論ニ於テ、知レテアル通り、一ノ媒体ノ絶対屈折率ハ、真空ニ於ケル光ノ速度 c ト、此媒体ニ於ケル其速度トノ比デ與ヘラル。媒体 1 ト 2 ニ於ケル光ノ速度ヲ、各々 v_1, v_2 デ表ハセバ、其絶対屈折率ハ各々

$$\begin{cases} \nu_{01} = \frac{c}{v_1} \\ \nu_{02} = \frac{c}{v_2} \end{cases}$$

デアル、ソウシテ比屈折率ハ、(5)式ノ通りデアル、即

$$\begin{aligned} \nu_{12} &= \frac{v_1}{v_2} \\ &= \frac{\nu_{02}}{\nu_{01}} \\ &= \frac{\nu_2}{\nu_1} \end{aligned}$$

デアル。

二媒体ノ比屈折率ハ、此ノ如ク、其絶対屈折率ノ値 ν_1 ト ν_2 デ、表ハスコトガ出来ルカラ、屈折法則ヲ表ハス式(1)ハ

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \dots \dots \dots (6)$$

ト書イテヨイ、隨テ

$$\nu_1 \sin \theta_1 = \nu_2 \sin \theta_2 \dots \dots \dots (7)$$

デアル、コレハ重要ナル式デアル。

此所ニ一言ス可キコトガアル。第73圖ニ示ス場合ニ於テハ、媒體1, 2, 3ノ絶対屈折率ヲ、各々 ν_1, ν_2, ν_3 トスレバ、次記ノ關係ガアル。

$$\begin{cases} \nu_1 \sin \theta_1 = \nu_2 \sin \theta_2, \\ \nu_2 \sin \theta_2 = \nu_3 \sin \theta_3, \\ \nu_3 \sin \theta_3 = \nu_1 \sin \theta_4. \end{cases}$$

但此式ニ於テ、光ガ媒體3カラ、第四番目ノ媒體、即1ニ進入スルトキノ屈折角ハ、假ニ θ_4 トシテアル。

此三式ヲ一見スレバ、直ニ分カル通り、 $\theta_4 = \theta_1$ デアラネバナラス。故ニ光ノ第一入射角ト、最後ノ屈折角ハ、第73圖ニ示ス如ク、全ク相等イノデアル。

尙進ンデ議論スル前ニ、此所ニ考フ可キ大切ナコトガアル。今考フル所ノ第二媒體ハ、其屈折能¹ニ於テ、第一媒體ヨリ大ナルモノデアルトシヤウ、即

$$\nu_2 > \nu_1$$

デアルトシヤウ。此ノ如キ場合ニ於テ、 θ_1 ガ與ヘラレテヲルトキハ、 θ_2 ノ値ハ下式デ與ヘラル。

$$\sin \theta_2 = \frac{\nu_1}{\nu_2} \sin \theta_1.$$

ν_1 ノ値ハ ν_2 ヨリ小デアアルカラ、 $\sin \theta_2$ ノ値ハ1ヨリ小デアアル、随テ入射角 θ_1 ニ相當スル屈折角 θ_2 ガ、必ず存在スルノデアル。然リ屈折能ノ小ナル媒體カラ、其ノ大ナル媒體ニ向ツテ、光ガ進入

1. Refracting power.

スルトキハ、必ず屈折現象ガ起ルノデアル。

然ルニ之ニ反シ、屈折能ノ大ナル媒體カラ、其ノ小ナル媒體ニ向ツテ、光ガ進入スル場合ニハ、問題ガ其趣ヲ異ニスルノデアル。此ノ如キ場合ニ於テ、 θ_2 ガ與ヘラレテヲルトキハ、 θ_1 ノ値ハ下式デ與ヘラル。

$$\begin{aligned} \sin \theta_1 &= \frac{\nu_2}{\nu_1} \sin \theta_2 \\ &= \frac{1}{\nu_1/\nu_2} \sin \theta_2. \end{aligned}$$

此ノ場合ニ於テハ、 $\nu_1/\nu_2 < 1$ デアアルカラ、若シ $\sin \theta_2$ ノ値ガ、之ヨリ大ナルトキハ、 $\sin \theta_1$ ノ値ハ、1ヨリ大ナルコトニナル、コレハ起リ得ナイコトデアアル。故ニ此ノ如キ場合ニ於テハ、入射角 θ_2 ニハ、一ノ制限ガアル、即其最大値ハ、次式

$$\frac{1}{\nu_1/\nu_2} \sin \theta = 1,$$

即

$$\sin \theta = \frac{\nu_1}{\nu_2} \dots \dots \dots (8)$$

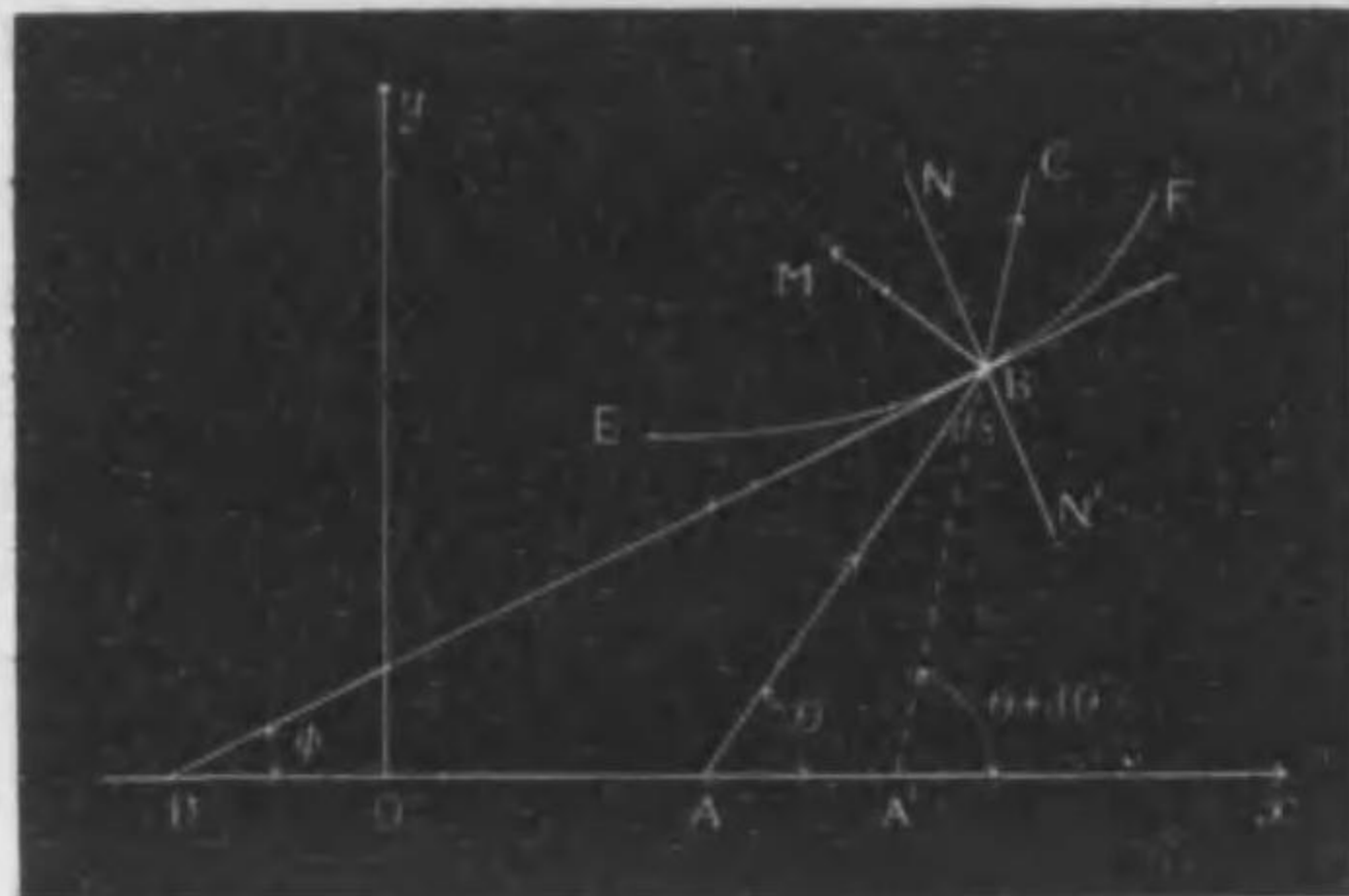
デ限定サルルノデアル。入射角ハ此限定値ヲ、超過スルコトハ出来ナイ、然リ入射角ガ此限定値ニ達スル場合ニハ、最早屈折ハ起ラズ、所謂全内反射¹ト稱スル現象ガ起ル。上式(8)ニヨツテ限定サルル角、即

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\nu_1}{\nu_2}$$

ヲ、臨界角²ト名ヅクルノデアル。

1. Total internal reflection. 2. Critical angle.

サテ此所ニ一ノ媒體ガアルトシ、ソウシテ其屈折率ハ一定ノ値ヲ有セズ、否ナ或ル法則ニ從テ變化スルトシヤウ。今光ガ此ノ如キ媒體内ニ於ケル一平面内ヲ、進行シテアルトシヤウ。但考フル所ノ媒體ハ、此平面ニ對シテ、對稱的ノモノデアルトスル。



74

第74圖ニ示ス如ク、光ガ通過スル平面ヲ、 xy 面トシヤウ。媒體ノ絶對屈折率ハ、坐標 x, y ノ或ル函數デ表ハサルモノデアルトシヤウ、即

$$\nu = f(x, y) \dots\dots\dots (9)$$

デ表ハソウ。Bヲ媒體内ニ於ケル任意ノ點トスレバ、此點ヲ通過スル一ノ曲線 EBF, 即

$$f(x, y) = C \dots\dots\dots (10)$$

ニ於テハ、到ル所屈折率ハ一定ノ値、即Cト云フ値ヲ有スルノデアル。此ノ如ク一定シタル屈折能ヲ有スル層ニ向テ、光ガ進來スルトスレバ、無論矢デ示ス如ク、屈折現象ガ起ル。屈折前ニ於ケル光ノ行路ヲ、ABデ表ハシ、屈折後ニ於ケル行路ヲBCデ表

ハソウ。次ニABガx軸ト爲ス角ヲ θ トシ、ソウシテBC即A'BCガ、此軸ト爲ス角ヲ、 $\theta + d\theta$ トシヤウ。Bニ於テ、曲線EBFニ切線BDト、方線BNヲ引キ、ソウシテ此切線ガx軸ト爲ス角ヲ ϕ トシヤウ。

曲線EBFニ相當スル媒體ノ屈折率ヲ、上述ノ通り ν トシ、ソウシテ光ガ丁度之ヲ通過シタ後ニ於ケル、媒體ノ屈折率ヲ、 $\nu + d\nu$ トシヤウ。ソウスルト、前記屈折ヲ表ハス重要ナル式(7)ニ據リ、直ニ次式ヲ得ルノデアル。

$$\begin{aligned} \nu \sin ABN' &= (\nu + d\nu) \sin CBN \\ &= (\nu + d\nu) \sin A'BN', \end{aligned}$$

即

$$\nu \cos(\theta - \phi) = (\nu + d\nu) \cos(\theta + d\theta - \phi) \dots\dots\dots (11).$$

之ヲ展開シテ書キ表ハセバ

$$\begin{aligned} \nu \cos(\theta - \phi) &= (\nu + d\nu) \cos\{(\theta - \phi) + d\theta\} \\ &= (\nu + d\nu) \{ \cos(\theta - \phi) \cos d\theta - \sin(\theta - \phi) \sin d\theta \} \end{aligned}$$

デアル。然ルニ $d\theta$ ハ小量デアルカラ、コレハ

$$\begin{aligned} \nu \cos(\theta - \phi) &= (\nu + d\nu) \{ \cos(\theta - \phi) - \sin(\theta - \phi) d\theta \} \\ &= \nu \cos(\theta - \phi) - \nu \sin(\theta - \phi) d\theta \\ &\quad + d\nu \cos(\theta - \phi) - \sin(\theta - \phi) d\nu d\theta, \end{aligned}$$

即

$$-\nu \sin(\theta - \phi) d\theta + d\nu \cos(\theta - \phi) - \sin(\theta - \phi) d\nu d\theta = 0$$

ト書イテヨイ。トコロガ小量ノ積、即 $d\nu d\theta$ ハ無視シテ差支ナイ

カラ、次式ヲ得ルノデアル。

$$dv \cos(\theta - \phi) = v d\theta \sin(\theta - \phi) \dots\dots\dots (12).$$

然ルニ BD ハ、(10)式ヲ表ハサルル曲線 EBF ニ對スル切線デア
ルカラ、コレハ方線 BN ニ垂直デアル、隨テ

$$\frac{dv}{dx} \cos \phi + \frac{dv}{dy} \sin \phi = 0 \dots\dots\dots (13)$$

デアル。又 B ニ於ケル光ノ行路ノ微小部ヲ ds トスレバ、其方向
餘弦ハ

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{ds} &= \cos \theta, \\ \frac{dy}{ds} &= \sin \theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

デアル。

故ニ上式(13)ト(14)ニヨリ、各々次式ヲ得ル。

$$\left. \begin{aligned} \tan \phi &= -\frac{\frac{dv}{dx}}{\frac{dv}{dy}}, \\ \tan \theta &= \frac{\frac{dy}{ds}}{\frac{dx}{ds}}, \end{aligned} \right\}$$

然ルニ

$$\tan(\theta - \phi) = \frac{\tan \theta - \tan \phi}{1 + \tan \theta \tan \phi}$$

デアルカラ、上記 tan φ ト tan θ ノ値ヲ、之ニ置換スレバ

$$\tan(\theta - \phi) = \frac{\frac{dv}{dx} \frac{dx}{ds} + \frac{dv}{dy} \frac{dy}{ds}}{\frac{dv}{dy} \frac{dx}{ds} - \frac{dv}{dx} \frac{dy}{ds}}$$

デアル。然ルニ又

$$\frac{dv}{ds} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{ds} + \frac{dv}{dy} \frac{dy}{ds}$$

デアルカラ上式ハ

$$\frac{dv}{ds} \cot(\theta - \phi) = \frac{dv}{dy} \frac{dx}{ds} - \frac{dv}{dx} \frac{dy}{ds} \dots\dots\dots (15)$$

トナルノデアル。

サテ屈折ヲ表ハス式(12)ハ

$$dv \cot(\theta - \phi) = v d\theta$$

ト書イテヨイ、隨テ

$$\frac{dv}{ds} \cot(\theta - \phi) = v \frac{d\theta}{ds}$$

デアル。然ルニ考フル所ノ點 B ニ於ケル、光ノ行路ノ曲率半徑¹
ヲ ρ デ表ハセバ

$$\rho = \frac{ds}{d\theta} \dots\dots\dots (16)$$

デアル、隨テ上式ハ

$$\frac{dv}{ds} \cot(\theta - \phi) = \frac{v}{\rho} \dots\dots\dots (17)$$

トナル。

故ニ此式ト(15)式トニヨリ、光ノ行路ヲ表ハス微分方程式ハ

$$\frac{v}{\rho} = \frac{dv}{dy} \frac{dx}{ds} - \frac{dv}{dx} \frac{dy}{ds} \dots\dots\dots (18)$$

デアル。トコロガ、BM ヲ B ニ於ケル光ノ行路ニ引イタ方線ト
スレバ、コレハ ds ニ垂直デアルカラ、其方向餘弦ハ明ニ

1. Radius of curvature.

$$-\frac{dy}{ds}, \frac{dx}{ds}$$

デアアル随テ上式(18)ハ次記ノ形ヲトル。

$$\frac{\nu}{\rho} = \frac{d\nu}{dn} \dots\dots\dots (19).$$

但此式ニ於テ, dn ハ上記方線ノ微小部ヲ表ハシテヲル。

此ノ屈折ヲ表ハス式ハ, 又次記ノ通り書キ表ハシテヨイ。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\nu} \frac{d\nu}{dn} \dots\dots\dots (20),$$

$$= \frac{d}{dn} (\log \nu) \dots\dots\dots (21).$$

此所ニ一言ス可キコトガアル。上式ニ於テハ, 方線ハ光波ノ行路ノ彎曲方向ニ引イテアル。若シ此方線ヲ, 反對ノ方向ニ引クナラバ, 符號ヲ變エネバナラス, 随テ(20)式ト(21)式ハ, 各々

$$\left\{ \frac{1}{\rho} = -\frac{1}{\nu} \frac{d\nu}{dn} \dots\dots\dots (22), \right.$$

$$\left. \frac{1}{\rho} = -\frac{d}{dn} (\log \nu) \dots\dots\dots (23) \right.$$

トナル。

次ニ又一言ス可キコトガアル。上記ノ四式ニ於テハ, 屈折率 ν ヲ使用シテアルガ, 其代リニ, 考フル所ノ媒體ニ於ケル, 光波ノ速度 v ヲ使用シテヨイ。真空随テ空氣中ニ於ケル, 光波ノ速度ヲ c トスレバ

$$\nu = \frac{c}{v}$$

デアアルカラ

$$\frac{d\nu}{dn} = -\frac{c}{v^2} \frac{dv}{dn}$$

デアアル随テ(20)式ハ

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{1}{v} \frac{dv}{dn} \dots\dots\dots (24)$$

トナル, 方線ノ方向ヲ, 上記彎曲ノ方向ト, 反對ニトルナラバ, 此式ハ明ニ

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{v} \frac{dv}{dn} \dots\dots\dots (25)$$

トナルノデアアル。

附言. 本節ハ主トシテヒリス¹ノ幾何光學書ニ據ル。

4. 電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播ニ關スル エックルスノ説。

太氣ノ上層ニ電離サレタ部分, 即多數ノ陰陽イオンヲ含有スル氣層ガ存在スルトスレバ如何。此ノ如キ氣層中ヲ電波ガ通過スル際ニハ, 明ニ屈折ノ現象ガ發起スルデアラウ。此ノ屈折現象ニ關シテ, 始テ數理的ノ解説ヲ試ミタノハ, 英國ノ物理學者エックルス²デアツテ, 1912年即今カラ16年前ニ, 其論說ヲ公ニシタノデアアル。以下此ノ有益ナル論說ヲ, 良ク理解シ得ル様ニ, 計算ヲ省略セズ, 又少シ之ヲ敷衍シテ説明シヤウ。

平面的電波ガ, 電離氣層内ヲ進行シテヲルト考ヤウ。第75圖ニ示ス如ク, 一ノ直角坐標ニ於ケル x 軸ノ正方向ヲ, 電波進行ノ

1. Heath (Geometrical optics). 2. Eccles (Proc. Roy. Soc. London, 1912).

方向トシヤウ。電波ニ於ケル電力ハ、y軸ノ方向ニ作用スルトスレバ、其磁力ハ之ト直角ナル方向、即ニ軸ノ方向ニ作用スルノデアアル。

本論ニ於テハ、電波ニ基因スル電流ハ、變位電流ト、陰陽イオンニ基因スル輸動電流¹トデアアル。電力ハ上述ノ通り、y分力ノミデアツテ、之ヲYデ表ハセバ、變位電流ハ、第二卷第3章第5節ニ述ベタ通り

$$\frac{K}{4\pi} \frac{\partial Y}{\partial t}$$

デアアル。又陰陽イオンガ、電波ニ於ケル電力ノ爲メ、各々其ノ平衡位置カラ變位スル量ヲ η デ表ハシ、ソウシテ各イオンノ電荷ヲ e デ表ハセバ、輸動電流ハ、之ヲ其速度ニ乗ジタモノ、即

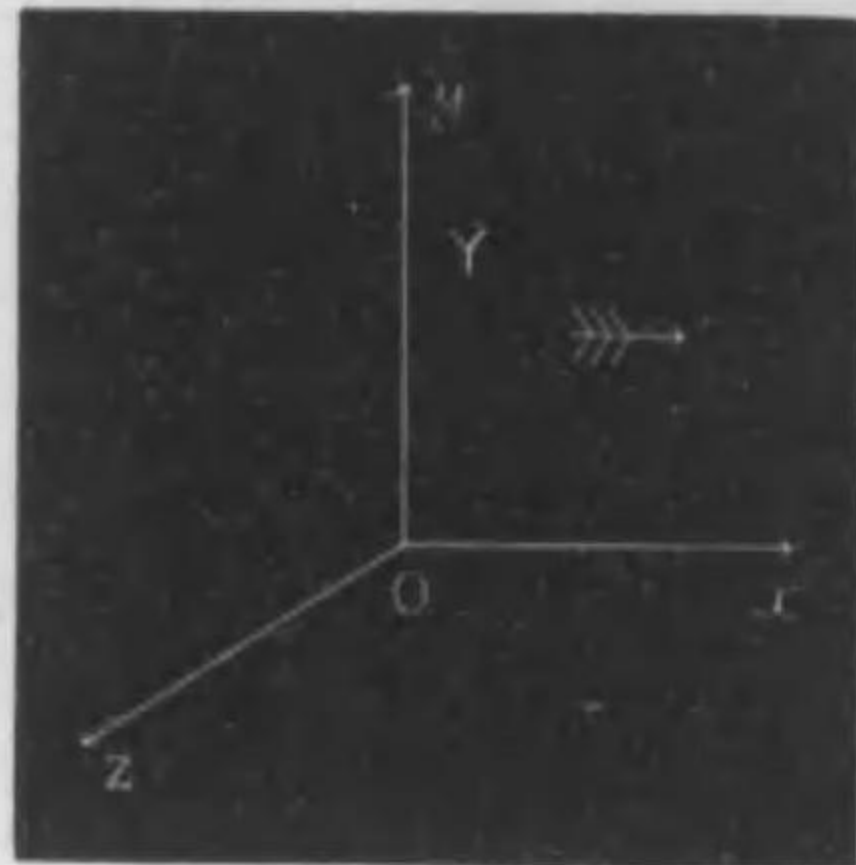
$$e \frac{d\eta}{dt}$$

デアアル。然ルニ氣層中ニハ、陰陽イオンガ、多數存在スルノデアアル。故ニ單位容積、即1立方センチメートル内ニ存在スル陰陽イオンノ總數ヲ、Nデ表ハセバ、此等ノイオンニ基因スル輸動電流ハ

$$Ne \frac{d\eta}{dt}$$

デアアル。

1. Convection current.



75

此所ニ觀念ヲ明カニスル爲メ一言シヤウ。陽イオンハ、電力Yガy軸ノ正方向ニ作用スルトキハ、此方向ニ一ノ速度 dy/dt ヲ得テ進行スル、然ルニ陰イオンハ反對ノ方向、即y軸ノ負方向ニ、同一速度ヲ得テ、進行スルノデアアル。此ノ如ク陽イオンガ、一ノ方向ニ進行シ、又同時ニ陰イオンガ、之ト反對ナル方向ニ進行スルノガ、一ノ輸動電流ヲ形成スルノデアアル。

サテ本論ニ於テハ、電流ハy軸ノ方向ニ於ケル變位電流ト、輸動電流ノ和、即

$$\frac{K}{4\pi} \frac{\partial Y}{\partial t} + Ne \frac{d\eta}{dt}$$

デアツテ、x軸トニ軸ノ方向ニハ、全クナイノデアアル。次ニ磁力ハ、上述ノ通り、單ニニ軸ノ方向ノミニ作用シ、x軸トy軸ノ方向ニハ、全ク作用セヌノデアアル。ソコデ、今此磁力ヲNデ表ハソウ。

故ニ一般的第一及第二基礎電磁方程式、即

$$\begin{cases} 4\pi u = \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}, & \begin{cases} -\mu \frac{\partial L}{\partial t} = \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}, \\ -\mu \frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}, \\ -\mu \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} \end{cases} \\ 4\pi v = \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, \\ 4\pi w = \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}, \end{cases}$$

ニ於テ

$$\begin{cases} u = w = 0, \\ X = Z = 0, \\ L = M = 0 \end{cases}$$

トオケバヨイノデアアル。此所ニ注意ス可キコトガアル。ソレハ電力Yハ坐標ニニ無關係デアリ、ソウシテ磁力Nハ坐標yニ

無關係デアルト云フコトデアル。又此所ニ注意ス可キコトガアル。上記變位電流ト、輸動電流ハ、皆電磁單位 C.G.S. デ表ハシテアル。

此等ノ條件ヲ考フレバ、直ニ次記ノ微分方程式ヲ得ルノデア
ル。

$$\begin{cases} K \frac{\partial Y}{\partial t} + 4\pi N e \frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \dots\dots\dots (1), \\ -\mu \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial x} \dots\dots\dots (2). \end{cases}$$

次ニ考フ可キコトハ、各イオンノ運動方程式デアル。電力 Y ノ作用下ニ運動スル、イオントイオンノ間ニハ、一ノ摩擦ガアルトシヤウ。此摩擦力ハ、イオンノ速度ニ正比例スルカラ、イオンノ運動方程式ハ、明ニ次記ノ通りデアル。

$$m \frac{d^2 \eta}{dt^2} + f \frac{d\eta}{dt} = eY \dots\dots\dots (3).$$

但此式中、m ハ各イオンノ質量ヲ表ハシ、ソウシテ f ハ摩擦係數ヲ表ハシテアル。

本論ニ於テ考フル所ノイオンハ、分子的ノモノ、或ハ分子ノ集合シタモノデアル、隨テ質量 m ハ、之ヲ電子ナドニ比較スルト、遙ニ大ナルノデアル。此ノ如キ重イオンノ場合ニ於テハ、電力 Y ノ作用下ニ、其ノ獲得スル速度ハ、比較的甚ダ小ナルモノデアルトシヤウ。

サテ電力 Y ハ、振動的ノモノデアツテ、其振動週期ヲ T デ表ハソウ。此電力ハ無論時 t 及坐標 x ノ函數デアル。然ルニ單ニ

1. Friction coefficient. 2. Heavy ion.

時ノミニ就テ考フルトキハ、之ヲ下記ノ通りニ表ハシテヨイ。

$$Y = e^{ipx}$$

但此式ニ於テ

$$\begin{cases} i = \sqrt{-1}, \\ p = \frac{2\pi}{T} \end{cases}$$

デアル。

故ニイオンノ運動方程式(3)ニ於テ

$$\frac{d\eta}{dt} = \frac{eY}{mip+f} \dots\dots\dots (4)$$

トオイテヨイ。何故デアルカト云フト、此値ト之ヲ i ニ對シテ微分シタモノヲ、(3)式ニ置換スレバ、明ニ満足セラレルカラデア
ル。

上記ノ式(1),(2)及(4)カラ、磁カ^δト^δヲ消去スレバ、計算ハ簡單デアルカラ之ヲ省略シ、直ニ電力 Y ニ關スル、次記ノ重要ナル微分方程式ヲ得ルノデアル。

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = \mu K \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{4\pi \rho N e^2}{mip+f} \frac{\partial Y}{\partial t} \dots\dots\dots (5).$$

然ルニ Y ハ電波ニ於ケル電力デアル、ソウシテ此電波ガ電離氣層内ヲ進行スルトキハ、吸收ノ現象ガ起ラネバナラス。由是觀之バ、上式(5)ノ解ハ、次式デアラシテヨイノデアル。

$$Y = e^{-\alpha x + ip(t - \frac{x}{v})} \dots\dots\dots (6).$$

但此式中、α ハ吸收因數ヲ表ハシ、ソウシテ v ハ、電離氣層内ニ於ケル、電波ノ速度ヲ表ハシテアル。

1. Absorption factor.

計算ガ少シ複雑ニナルカラ、此所ニハ特ニ丁寧ニ運算ヲ記述シテ、理解シ易キ様ニシヤウ。(6)式ヲx及tニ對シテ微分スレバ

$$\begin{cases} \frac{\partial Y}{\partial x} = e^{-xz + \psi(t - \frac{x}{v})} \left(-x - \frac{ip}{v} \right), \\ \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = e^{-xz + \psi(t - \frac{x}{v})} \left(x^2 - \frac{p^2}{v^2} + \frac{2ipx}{v} \right), \\ \frac{\partial Y}{\partial t} = ipe^{-xz + \psi(t - \frac{x}{v})}, \\ \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} = -p^2 e^{-xz + \psi(t - \frac{x}{v})}, \end{cases}$$

デアルカラ、之ヲ(5)式ニ置換スレバ、次式ヲ得ル。

$$\begin{aligned} x^2 - \frac{p^2}{v^2} + \frac{2pxi}{v} &= -\mu K p^2 + \frac{4\pi\mu N e^2 i p}{f + mip} \\ &= -\mu K p^2 + \frac{4\pi\mu N e^2 (f - mip) ip}{f^2 + m^2 p^2} \\ &= -\mu K p^2 + \frac{4\pi\mu N e^2 i p f}{f^2 + m^2 p^2} \\ &\quad + \frac{4\pi\mu N e^2 m p^2}{f^2 + m^2 p^2}. \end{aligned}$$

此式ニ於テ、實數ト虚數部ヲ分離シテ考フレバ、次記ノ關係ガ成立セネバナラス。

$$\begin{cases} x^2 - \frac{p^2}{v^2} = -\mu K p^2 + \frac{4\pi\mu N e^2 m p^2}{f^2 + m^2 p^2} \dots\dots\dots (7), \\ \frac{2x}{v} = \frac{4\pi\mu N e^2 f}{f^2 + m^2 p^2} \dots\dots\dots (8). \end{cases}$$

故ニ今

$$\gamma = \frac{4\pi N e^2 m}{K (f^2 + m^2 p^2)} \dots\dots\dots (9)$$

トオケバ、(8)式ニヨリ

$$\begin{aligned} x &= \frac{2\pi\mu N e^2 f}{f^2 + m^2 p^2} v \\ &= \frac{\mu K \gamma f}{2m} v \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

トナルノデアル。

次ニ(7)式ハ

$$v^2 x^2 - p^2 = -\mu K p^2 v^2 + \mu K \gamma p^2 v^2$$

ト書イテヨイカラ、之ニ γ^2 ノ値ヲ置換スレバ、次式ヲ得ル。

$$\frac{\mu^2 K^2 \gamma^2 f^2}{4m^2} v^4 - \mu K p^2 (\gamma - 1) v^2 - p^2 = 0,$$

隨テ

$$v^4 - \frac{4m^2 p^2 (\gamma - 1)}{\mu K \gamma^2 f^2} v^2 - \frac{4m^2 p^2}{\mu^2 K^2 \gamma^2 f^2} = 0.$$

故ニ之ヲ v^2 ニ對シテ解ケバ

$$v^2 = -\frac{2m^2 p^2 (1 - \gamma)}{\mu K \gamma^2 f^2} \pm \sqrt{4 \left[\frac{m^2 p^2 (1 - \gamma)}{\mu K \gamma^2 f^2} \right]^2 + \frac{4m^2 p^2}{\mu^2 K^2 \gamma^2 f^2}}$$

トナル、隨テ

$$\begin{aligned} v &= \frac{mp}{\gamma f} \sqrt{\frac{2(1 - \gamma)}{\mu K}} \left\{ \left[4 \left[\frac{m^2 p^2 (1 - \gamma)}{\mu K \gamma^2 f^2} \right]^2 \left[\frac{\mu K \gamma^2 f^2}{2m^2 p^2 (1 - \gamma)} \right]^2 \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{4m^2 p^2}{\mu^2 K^2 \gamma^2 f^2} \left[\frac{\mu K \gamma^2 f^2}{2m^2 p^2 (1 - \gamma)} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{mp}{\gamma f} \sqrt{\frac{2(1 - \gamma)}{\mu K}} \left\{ \sqrt{1 + \left[\frac{\gamma f}{mp (1 - \gamma)} \right]^2} - 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

デアル。

由是觀之バ, x ガ (10) 式ニヨツテ與ヘラルル値ヲ有シ, 又 v ガ 上式(11)デ與ヘラルル値ヲ有スルナラ, 明ニ(6)式ハ(5)式ヲ満足スル, 即其解デアル.

サテ(11)式ノ第二平方根内ニ於ケル量

$$\frac{\gamma f}{mp(1-\gamma)}$$

ハ, 1ニ比較シテ小ナルモノデアルカラ, 此式ハ次記ノ通りニナル.

$$\begin{aligned} v &= \frac{mp}{\gamma f} \sqrt{\frac{2(1-\gamma)}{\mu K} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left[\frac{\gamma f}{mp(1-\gamma)} \right]^2 - 1 \right\}^{\frac{1}{2}}} \\ &= \frac{mp}{\gamma f} \sqrt{\frac{2(1-\gamma)}{\mu K}} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\gamma f}{mp(1-\gamma)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\mu K}} \frac{1}{\sqrt{1-\gamma}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{\mu K}} (1-\gamma)^{-\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (12). \end{aligned}$$

然ルニ(9)式ヲ考フレバ, 分カル通り, γ ハ1ニ比較シテ, 小ナルモノデアルカラ

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu K}} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right) \dots \dots \dots (13)$$

トナル, 随テ又(10)式ニヨリ

$$\begin{aligned} x &= \frac{\mu K \gamma f}{2m} \frac{1}{\sqrt{\mu K}} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right) \\ &= \frac{\sqrt{\mu K} \gamma f}{2m} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right) \dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

デアル.

電波ノ波長ヲ λ デ表ハセバ

$$\lambda = vT = \frac{2\pi}{p} v$$

デアル, 随テ考フル所ノ電波ガ, 電離氣層内ヲ, 一波長ダケ進行スルトキノ吸收係數ヲ x' デ表ハセバ

$$\begin{aligned} x' &= x\lambda \\ &= \frac{\sqrt{\mu K} \gamma f}{2m} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right) \cdot \frac{2\pi}{p} \frac{1}{\sqrt{\mu K}} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right) \\ &= \frac{\gamma f \pi}{mp} \left(1 + \frac{1}{2} \gamma \right)^2 \\ &= \frac{\gamma f \pi}{mp} (1 + \gamma) \\ &= \frac{\gamma f \pi}{mp} \frac{1}{(1 + \gamma)^{-1}} \\ &= \frac{\pi}{1 - \gamma} \frac{\gamma f}{mp} \dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

デアル.

サテ(12)式随テ(13)式ヲ一見スレバ, 電離氣層ヲ進行シテアル電波ノ速度ハ, 之ヲ通常ノ空氣中, 即電離シテヲラス氣層中ニ於ケル速度ト比較スルト, 大ナルト云フコトガ, 直ニ分カルデアル. ソウスルト, 電波ガ空氣ノ上層, 即電離シテアル氣層ニ進入スルトキハ, 屈折ノ現象ガ起ラネバナラス. 第3節ニ述ベタ(25)式, 即

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{v} \frac{dv}{dn}$$

ニ據リ, 電離氣層中ニ於ケル, 電波ノ行路ノ曲率ハ, 次式デ與ヘラル.

1. Absorption coefficient.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\sqrt{K\mu}}{\left(1 + \frac{1}{2}\gamma\right)} \frac{1}{2\sqrt{K\mu}} \frac{d\gamma}{dz}$$

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{1 + \frac{1}{2}\gamma} \right) \frac{d\gamma}{dz} \dots\dots\dots (15).$$

但此式ニ於テ、 z ハ考フル所ノ氣層ノ高サヲ表ハシテヲル。此高サニ相當スル場所ニ於ケル、電波ノ彎曲ヲ考フルカラ、此所ニハ、電波ノ行路ニ引イタ方線 n ノ代リニ、高サニヲ使用スルノデアアル。

γ ノ値ハ小ナルモノデアアルカラ、上式ノ右邊括弧内ヲ、1ト略置スレバ、次式ヲ得ル。

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{2} \frac{d\gamma}{dz} \dots\dots\dots (16).$$

此式ニヨツテ與ヘラレル曲率ガ、地表面ノ曲率ヨリ大ナレバ、屈折シタ或ル電波ハ、地表面ニ到達スルコトガ、出來得ルノデアアル。エックルスハ、次記ノ如ク、一ノ假定下ニ、上式(16)ノ解ヲ求メタ。

今電離シテヲル氣層ヲ進行スル、屈折電波ノ曲率半徑ハ、 $R+z$ デアアルト假定シヤウ。但 R ハ地球ノ半徑ヲ表ハシテヲル。氣層ノ電離ガ、此ノ如キモノデアアルトスレバ、(16)式ニヨリ

$$\frac{1}{R+z} = \frac{1}{2} \frac{d\gamma}{dz} \dots\dots\dots (17)$$

デアアル、隨テ

$$\frac{dz}{R+z} = \frac{1}{2} d\gamma$$

デアアル。故ニ之ヲ積分スレバ

$$\log(R+z) = \frac{1}{2}\gamma + C$$

トナル。但此式ニ於テ、 C ハ積分常數デアアル。

然ルニ地表面、即 $z=0$ ナル所ニ於テハ、 $\gamma=0$ デアルカラ

$$C = \log R$$

デアアル、隨テ

$$\gamma = 2 \log \frac{R+z}{R}$$

$$= 2 \log \left(1 + \frac{z}{R} \right)$$

デアアル。トコロガ、 z/R ハ小量デアアルカラ、公式

$$\log(1+x) = \frac{x}{1} + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + \dots\dots\dots$$

ニヨリ、直ニ次式ヲ得ル。

$$\gamma = 2 \frac{z}{R} \dots\dots\dots (18).$$

此式ニ(9)式デ與ヘラレル、 γ ノ値ヲ置換スレバ、上記假定ノ如キ、曲率半徑ニ相當スル、電離イオンノ密度、即此ノ如キ電波ノ彎曲ヲ惹キ起スニ要スル、電離イオンノ數ガ、決定スルノデアアル。

上ニ述べ來リタル議論ヲ、總括シテ言ヘバ、電波ガ地表面ノ彎曲ニモ拘ハラズ、著ルシク遠距離マデ進達シ得ルノハ、是レ空氣ノ上層、即電離氣層ニ於ケル、屈折現象ニ基因スルモノデアアルト考フレバ、之ヲ説明シ得ルノデアアル。

附言。

(9)式即

$$\gamma = \frac{4\pi N e^2 m}{K(f^2 + m^2 p^2)}$$

ニ於テ、 f^2 ヲ無視スレバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$\gamma = \frac{4\pi N e^2}{K m p^2} \dots \dots \dots (19).$$

高キ氣層、即稀薄ナル氣層ニ於テハ、氣體分子ノ自由行路ガ、比較的長クナル、隨テ其衝突ガ少クナルカラ、摩擦係數 f ノ二乗ハ、之ヲ無視シテモヨイ。然ルニ(12)式即

$$v = \frac{1}{\sqrt{K\mu}} (1-\gamma)^{-\frac{1}{2}}$$

ニ於テ、第二章第4節ニ於テ述べタ通り、空氣中ニ於ケル電波ノ速度ハ

$$\frac{1}{\sqrt{K\mu}} = c$$

デアルカラ、電離氣層ノ屈折率ヲトスレバ

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{c}{v} \\ &= (1-\gamma)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1 - \frac{\gamma}{2} \dots \dots \dots (20) \end{aligned}$$

デアル。

此式ニ(19)式ニヨツテ與ヘラルル、 γ ノ値ヲ置換スレバ

$$\nu = 1 - \frac{2\pi N e^2}{K m p^2}$$

トナル。然ルニ本節ニ於ケル電磁方程式ニ於テハ、電磁單位 C.G.S. ヲ使用シテアル、隨テ第一章第4節ニ述べタ通り

$$K = \frac{1}{c^2}$$

デアルカラ、上式ハ

$$\nu = 1 - \frac{2\pi N e^2}{m p^2} \dots \dots \dots (21)$$

トナル。

此式ニ於ケル電荷 e ハ、電磁單位 C.G.S. デ表ハシテアル。トコロガ、此電荷ヲ靜電單位 C.G.S. デ表ハスニハ、之ニ c ヲ乗ズレバヨイ。故ニ此式ハ、本章第8節ニ於ケル(9)式ト、全く同一ノモノデアル。

5. 電離氣層ニ於ケルイオンノ衝突.

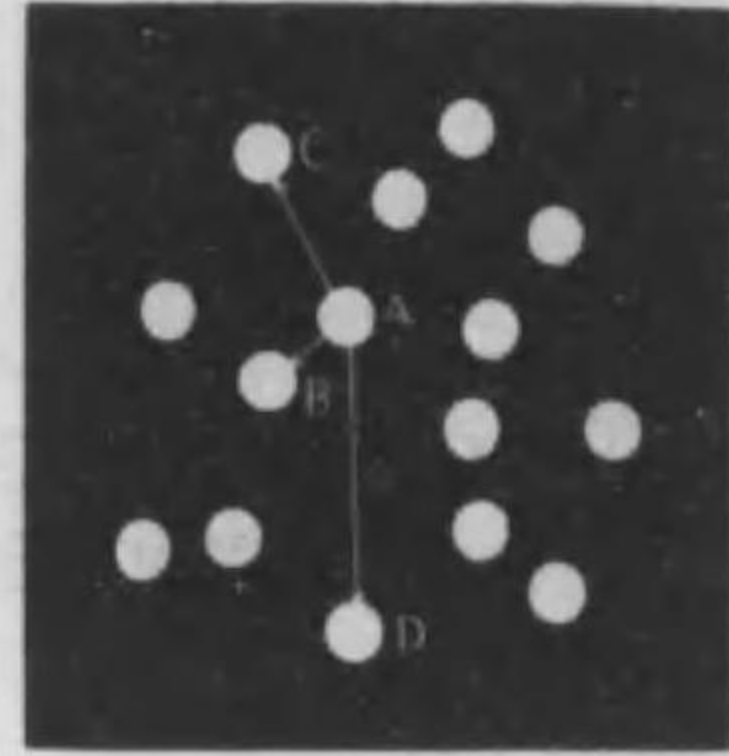
電離氣層ニ於ケル、多數ノ陰陽イオンハ、四方八方ニ亂動シテヲル、即皆各々不規律ナル運動ヲ爲シテヲル。此亂動狀態ハ、彼ノ氣體分子ニ於ケル亂動狀態ト、同様ナルモノデアルト、考ヘテヨイ。故ニイオンノ亂動、隨テ其相互衝突ヲ考フルトキニハ、氣體分子ノ場合ニ於ケル論法ヲ、適用シテヨイノデアル。

多數ノ分子ガ、亂動シテヲルトキハ、無論衝突ガ起ル。一ノ分子ガ、他ノ分子ト衝突スルマデニ、無事ニ通過スル行路ヲ、自由行路¹ト名ヅクルノデアル。然ルニ此ノ自由行路ナルモノハ、一定シタモノデハナイ、一般ニ言フト、分子ト分子トノ相互位置關係ニ從テ、其値ヲ異ニスルノデアル。第76圖ニ示ス、白小球 A, B, C, D 等ハ、亂動狀態ニ在ル多數ノ氣體分子ヲ表ハスモノデアル。此等分子ノ運動ハ、固ヨリ決シテ或ル一ノ方向ノミニ、局限シテヲラス、否ナ右ニ動クコトモ、左ニ動クコトモ、又前ニ動クコトモ、

1. Free path.

後ニ動クコトモ、皆イヅレモ、差別ハ無
イ、換言スレバ、四方八方ニ動ク機會ハ、
皆全ク均等的ノモノデアアル。

圖ニ例示スル如ク、一ノ分子Aガ、分
子Bト衝突スル場合ノ自由行路ハ、之
ヲ分子Cト衝突スル場合ノ自由行路
ニ比較スルト、短イノデアアル。然ルニ
分子Aガ、分子Dト衝突スル際ノ自由



76

行路ハ、之ヲ上記兩者ト比較スレバ、遙カニ長イノデアアル。此ノ
如ク、自由行路ト云フモノハ、甚ダ短キコトモアリ、又比較的甚ダ
長キコトモアリ、如何ニモ長短種々様々デアアル。トコロガ、衝突
隨テ自由行路ト云フモノハ、實ニ全ク偶然ノモノデアアルカラ、種
々様々ナル自由行路ノ値ヲ、考フル代リニ、或ル一ノ平均値、即平
均自由行路ト稱スルモノヲ、考フルコトガ出來ル。

今任意ノ分子ガ、或ル速度ヲ以テ、或ル方向ニ進行シテヲルト
シヤウ。ソウスルト、此分子ガ他ノ分子ト衝突スルコト無ク、距
離xヲ安全ニ通過シ得ル機會、隨テ公算ハ如何ナルモノデアアル
乎。分子ガ距離1ダケ、衝突無クシテ、通過シ得ル公算ヲ、Pデ表
ハソウ。此Pノ値ハ、無論或ル一ノ眞分數デアアル。距離1ノ代
リニ、其二倍、即距離2ダケ、衝突無クシテ、通過シ得ル公算ハ、明ニ

$$P \cdot P = P^2$$

デアアル。同様ニ三倍ノ距離、即距離3ダケ、無事ニ通過シ得ル公
算ハ

1. Chance. 2. Mean free path. 3. Probability.

$$P \cdot P \cdot P = P^3$$

デアアル。由是觀之バ、考フル所ノ分子ガ、他ノ分子ト衝突スルコ
トナク、無事ニ距離xダケ通過シ得ル公算ハ

$$P^x$$

デアアル。隨テ今

$$F = -\frac{1}{\log P}$$

トオケバ、明ニ

$$P^x = e^{-\frac{x}{F}} \dots \dots \dots (1)$$

デアアル。但此式ニ於テ、eハ自然對數ノ基數デアアル。

考フル所ノ分子ト、同速度ヲ以テ、同方向ニ進行シテヲル分子
ノ數ヲ、Nデ表ハソウ。ソウスルト、此等ノ分子中デ、

$$n_x = N e^{-\frac{x}{F}} \dots \dots \dots (2)$$

ダケノ分子ガ、他ノ分子ト衝突スルコトナク、距離xダケ、無事ニ
通過シ得ルノデアアル。同様ニ距離x+dxダケ、無事ニ通過シ得
ル分子ノ數ハ

$$n_{x+dx} = N e^{-\frac{(x+dx)}{F}} \dots \dots \dots (3)$$

デアアル。故ニ行路xダケヲ通過シタ分子中デ、次ノ微小行路dx
ニ於テ、更ニ衝突ノ厄ニ遇フ分子ノ總數ヲ、n_cデ表ハセバ

$$\begin{aligned} n_c &= n_x - n_{x+dx} \\ &= N \left\{ e^{-\frac{x}{F}} - e^{-\frac{(x+dx)}{F}} \right\} \\ &= N e^{-\frac{x}{F}} \left(1 - e^{-\frac{dx}{F}} \right) \end{aligned}$$

デアアル。然ルニ一般ニ

$$e^{-z} = 1 - \frac{z}{1} + \frac{z^2}{2!} - \frac{z^3}{3!} + \dots$$

デアルカラ、小量ノ二乗及其以上ヲ無視スレバ上式ハ

$$n_v = N \frac{e^{-\frac{x}{F}}}{F} dx \dots \dots \dots (4)$$

トナルノデアル。此式ハ分子ノ衝突ニ關スル、大切ナ式デアル。

翻テ考フルニ、考ヘル所ノ總分子ガ通過シタ距離、即行路ノ總和ハ

$$x \times N \frac{e^{-\frac{x}{F}}}{F} dx$$

デアル。トコロガ、各分子ハ行路 $x=0$ ト、 $x=\infty$ トノ間ニ於テ、何所カデ確ニ衝突セネバナラスカラ、考フル所ノ總分子ガ、衝突前ニ通過スル行路ノ總和ハ

$$N \int_0^{\infty} \frac{x e^{-\frac{x}{F}}}{F} dx$$

デアル。然ルニヨク知レテアル通り、一般ニ

$$\begin{cases} \int x e^{ax} dx = \frac{e^{ax}}{a^2} (ax-1), \\ e^z = 1 + \frac{z}{1} + \frac{z^2}{2!} + \frac{z^3}{3!} + \dots \end{cases}$$

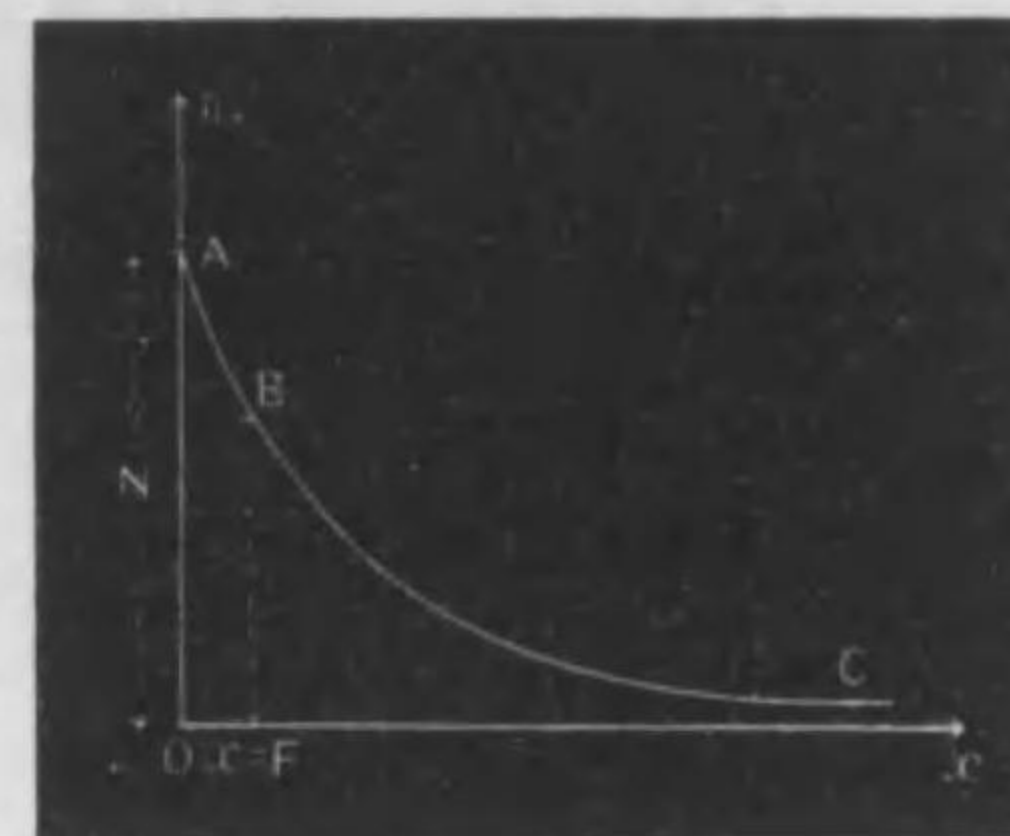
デアルカラ、上記積分ノ値ハ

$$\frac{N}{F} \left| \frac{e^{-\frac{x}{F}}}{1/F^2} \left(-\frac{x}{F} - 1 \right) \right|_0^{\infty} = NF$$

デアル、随テ F ハ N 自由行路ノ平均値デアル、即 F ハ前ニ述ベタ、所謂平均自由行路ナルモノヲ、表ハスノデアル。

(2)式ガ示ス通り、衝突ノ厄ニ遇フコト無ク、長サエダケノ行路ヲ、無事ニ切り抜ケ得ル分子ノ數ハ、 x ノ指數函數¹デ表ハサル。

第77圖ニ示ス如ク、横軸ニ行路 x ヲ表ハシ、縦軸ニ n_x ヲ表ハシテ、(2)式ヲ圖示スレバ、曲線 ABC ヲ得ル。所定ノ出發點、即 $x=0$ ナル所ニ於テハ、分子ノ總數ハ無論



$$n_{x=0} = N$$

デアルガ、行路ガ増大スルニ

77

隨ヒ、衝突ヲ免カルル分子ノ數ハ、段々減少スル。行路ノ長サガ、丁度平均自由行路ノ値 F ニ等シキ場合ニハ、無衝突分子ノ數ハ

$$n_{x=F} = \frac{N}{e}$$

トナル。觀念ヲ明カニスル爲メ、假ニ考フル所ノ分子ノ總數ヲ、1000トスレバ、 $e \doteq 2.7$ デアルカラ

$$n_{x=F} = \frac{1000}{2.7}$$

$$\doteq 370$$

デアル、即 1000 個ノ分子中デ、其ノ 630 個ダケハ、既ニ途中デ衝突シ、残り 370 個ダケガ、僅ニ無事デアル。曲線 ABC ニ於ケル點 B ハ、即此場合ニ相當スルノデアル。彈丸亂射ノ場裡ヲ、大兵ガ募進スルトキニハ、瞬ク間ニ殞ルモノ續出シ、殘兵刻々其數ヲ減

1. Exponential function.

ズルニ至ルノデア。分子ガ密集スル程、其衝突現象ハ、益々顯著ニナルデアラウ。

ナテ(2)式及(4)式ハ、平均自由行路Fヲ使用シテ、表ハシテアルガ、其ノ代リニ、平均衝突數ト稱スルモノヲ使用シテ、之ヲ表ハフコトモ出來ル。任意ノ分子ガ、一秒間ニ他ノ分子ト衝突スル回数ハ、多イコトモアラウ、又少イコトモアラウ、即此回数ハ一定シタモノデナイ、否種々様々デア。然ルニ衝突ト云フ現象ハ、全ク偶然的ノモノデア。自由行路ノ場合ニ於ケル如ク、平均衝突數ト稱スルモノヲ、考ヘルコトガ出來ル。一秒間ニ於ケル、平均衝突數ヲ、Zデ表ハソウ。ソウスルト、二衝突間ノ平均時間ハ

$$\frac{1}{Z}$$

デア。分子ノ平均速度ヲ、一秒ニ付uセンチメートルトスレバ、平均自由行路ノ値ハ、明ニ

$$F = u \times \frac{1}{Z} = \frac{u}{Z} \dots \dots \dots (5)$$

デア。此式ハ平均自由行路Fト、平均衝突數Zトノ關係ヲ示ス、重要ナル式デア。

(2)式ト(4)式ニ於ケル、平均自由行路Fノ代リニ、平均衝突數Zヲ使用スレバ、直ニ各々次記ノ大切ナ式ヲ得ル。

1. Mean collision number.

$$\begin{cases} n_x = Ne^{-\frac{Zx}{u}} \dots \dots \dots (6), \\ n_e = N \frac{Z}{u} e^{-\frac{Zx}{u}} dx \dots \dots \dots (7). \end{cases}$$

(2)及(4)式隨テ(6)及(7)式ハ、皆距離x、即行路ニ關スルモノデア。時間ヲ使用シテ、之ヲ書キ表ハスコトガ出來ル。明ニ次ノ關係、即

$$\begin{cases} x = ut, \\ dx = u dt \end{cases}$$

ガアルカラ、上記(6)及(7)式ハ、各々次記ノ重要ナル形ヲトルノデア。

$$\begin{cases} n_x = Ne^{-Zt} \dots \dots \dots (8), \\ n_e = NZe^{-Zt} dt \dots \dots \dots (9). \end{cases}$$

終リニ一言ス可キコトガアル。標準溫度即0°Cト、標準氣壓即760mmノ場合ニ於テ、一立方センチメートル内ニ存在スル、空氣分子ノ總數ハ、 2.7×10^{19} デア。此空氣分子ノ中ニハ、水素、窒素、酸素等ノ分子ガアル。此ノ如ク、分子ノ總數ガ多大デア。分子ノ平均自由行路ナルモノハ、無論甚ダ短小デア。隨テ其衝突數ハ實ニ多大デア。

觀念ヲ明カニスル爲メ、標準溫度ト氣壓ニ於ケル、水素分子、窒素分子及酸素分子ノ速度ト、其平均自由行路ノ値ヲ、各々下ニ記載シヤウ。

	速度(センチメートル/秒) u	平均自由行路(センチメートル) F
水素分子	18.4×10^4	18.3×10^{-6}
窒素分子	4.9×10^4	9.4×10^{-6}
酸素分子	4.6×10^4	10×10^{-6}

分子ノ速度 u ト、其平均自由行路 F ガ、此ノ如ク分カツテヲレバ、(5)式ニヨリ、直ニ分子ノ平均衝突數 Z ヲ算出スルコトガ出來ル。

上記ノ如ク、自由行路ノ長サガ短小デアリ、随テ衝突數ガ多大デアルノハ、是レ全ク分子ノ總數ガ莫大デアリ、随テ分子ガ密集シテヲルカラデアル。然ルニ第8節ニ至テ述ブル通り、空氣ノ上層ニ進ムニ從ヒ、溫度ハ降下シ、分子ノ速度ハ減少シ、又同時ニ氣壓ハ段々減少スル、随テ分子ノ總數ガ、段々減少スル。此ノ如ク、分子ノ總數ガ減少スレバ、其衝突數モ亦之ニ應ジテ減少セネバナラス。之ヲ要スルニ、分子衝突數ノ多少ハ、全ク氣壓ノ大小ニ關スルノデアル。氣層ガ稀薄ニナツテ、其氣壓ガ著ルシク減少スレバ、分子ノ衝突ハ、之ヲ無視シテモ差支無イコトニナル。

6. 電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播ニ關スルザルペタ1ノ説.

一ノ平面的電波ガ、電離氣層ヲ進行シヨル場合ニ於ケル基礎電磁方程式ハ

$$\frac{K}{e} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi e}{e} \sum \mathbf{V} = \text{curl} \mathbf{H} \dots \dots \dots (1)$$

デアル。此式ノ左邊ニ於ケル第一項ハ、電力 \mathbf{E} ニ基因スル變位電流ヲ表ハシ、ソウシテ第二項ハ、此電力ノ作用下ニ、電離イオンガ獲得スル速度 \mathbf{V} ニ基因スル、輸動電流ヲ表ハシテヲル。考フル所ノ媒體、即空氣ノ單位容積、即一立センチメートル内ニ存在スル、イオンノ數ハ N デアルトスル、随テ上式ニ於ケル綜和記號

ハ、此等ノイオンニ關係スルノデアル。

電波ガ進行シテヲル方向ヲ、第4節ノ第75圖ニ示ス如ク、 x 軸ノ正方向トシ、ソウシテ電波ニ於ケル電力ハ、 y 軸ノ方向ニ作用スルトシヤウ。此電力ヲ Y デ表ハセバ、上記ノ一般ベクトル式ノ代リニ、次記ノスカラ1方程式ヲ考フレバヨイ。

$$\frac{K}{e} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi e}{e} \sum v = \text{curl}_y \mathbf{H} \dots \dots \dots (2)$$

但此式ノ右邊ハ、第二章第1節ニ述ベタ通り、 $\text{curl} \mathbf{H}$ ノスカラ1 y 分値ヲ表ハス。

電力 Y ハ明ニ

$$Y = ae^{p(t-sx)} \dots \dots \dots (3)$$

デ表ハシテヨイ。但此式ニ於テ、其實數部ノミヲ取レバヨイ。

然ルニ

$$e^{p(t-sx)} = \cos p(t-sx) + i \sin p(t-sx)$$

デアルカラ、電力 Y ノ作用下ニ於ケル、イオンノ運動方程式ハ

$$m \frac{dv}{dt} = eY = ea \cos p(t-sx)$$

デアル。但此式ニ於テ、 m ハイオンノ質量デアリ、 e ハ其電荷デアル。

トコロガ、問題ヲ簡單ニスル爲メ、 $x=0$ ナル場所ニ存在スルイオンヲ考ヤウ。電力 Y ノ作用下ニ、各イオンガ獲得スル速度及加速度ハ、他ノ場所ニ於テモ、明ニ同量ノモノデアル。上式ニ於テ、 $x=0$ トオケバ、イオンノ運動方程式ハ、次記ノ通りニナル。

$$m \frac{dv}{dt} = ea \cos pt \dots \dots \dots (4)$$

サテ電離氣層ニ存在スル、多數ノ陰陽イオンハ互ニ衝突スル、隨テ此衝突ノ結果トシテ、其速度ガ多少減少スルノデアアル。今イオンガ衝突シタ最後ノ時刻ヲ、 t_0 デ表ハシ、ソウシテ此時刻 t_0 ト、他ノ次ノ時刻 t トノ差ヲ、 t' デ表ハソウ、即

$$t' = t - t_0 \dots \dots \dots (5)$$

トシヤウ。此時間 t' ニ於テハ、衝突ガ起ラズ、隨テイオンハ自由ニ無事ニ進行スルガ、次ノ微小時間 dt 、隨テ dt' 間ニ於テ衝突ガ起ルトシヤウ。考フル所ノイオンノ數即單位容積内ニ於ケルイオンノ數ヲ N トシヤウ。ソウスルト、第5節ヲ参照スレバ、直ニ分カル通り、此ノ如ク dt' 間ニ於テ、衝突スルイオンノ數ハ

$$NZ e^{-Zt'} \dots \dots \dots (6)$$

デアアル。

上ニ述ベタ通り、衝突ノ結果、イオンノ速度ハ多少減少スル、隨テ速度ノ値ニ變化ガ起ル、換言スレバ、負的ノ加速度ガ起ル。今此ノ如キ速度ノ變化ヲ、記號 $v(t, t')$ デ表ハソウ。

(4)式ヲ積分スレバ、直ニ分カル通り、イオンノ速度ハ

$$v = \frac{ea}{mp} \sin pt \dots \dots \dots (7)$$

デアアル、隨テ

$$\begin{aligned} v(t, t') &= \frac{e}{m} \frac{a}{p} \{ \sin pt - \sin pt_0 \} \\ &= \frac{e}{m} \frac{a}{p} \{ \sin pt - \sin p(t-t') \} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

デアアル。

然ルニ時刻 t ト、時刻 $(t+dt)$ 、隨テ時刻 t ト、時刻 $(t+dt)$ トノ間ニ於テ、衝突スルイオンノ數ハ、上記(6)式ガ示ス通りデアアル。此式中 Z ハ、1秒間ニ於ケル、イオンノ平均衝突數ヲ示シテヲル、隨テ時刻 t ニ於テ衝突シ始ムル、總テノイオンノ負的加速度ヲ、綜合シタモノハ

$$-NZ \int_0^\infty v(t, t') Ze^{-Zt'} dt' \dots \dots \dots (9)$$

デアアル。然ルニ時刻 t ニ於テ、未ダ衝突シテヲラス、イオンノ數ハ N デアルカラ、其綜合加速度ハ、(4)式ニヨリ

$$N \frac{dv}{dt} = N \frac{ea}{m} \cos pt \dots \dots \dots (10)$$

デアアル。故ニ總イオンノ加速度ヲ綜合シタモノハ

$$\sum \frac{dv}{dt} = N \frac{ea}{m} \cos pt - NZ \int_0^\infty v(t, t') Ze^{-Zt'} dt' \dots \dots (11)$$

デアアル。

サテ(8)式ヲ展開スレバ

$$v(t, t') = \frac{ea}{mp} \{ \sin pt - (\sin pt \cos pt' - \cos pt \sin pt') \}$$

デアアルカラ、(9)式ニ於ケル積分ハ、次記ノ通りニナル。

$$\begin{aligned} \int_0^\infty v(t, t') Ze^{-Zt'} dt' &= \frac{ea}{mp} \left\{ \sin pt \int_0^\infty Ze^{-Zt'} dt' \right. \\ &\quad \left. - \sin pt Z \int_0^\infty \cos pt' e^{-Zt'} dt' + \cos pt Z \int_0^\infty \sin pt' e^{-Zt'} dt' \right\}. \end{aligned}$$

然ルニ第一ノ積分ハ

$$\int_0^\infty Ze^{-Zt'} dt' = \left| -e^{-Zt'} \right|_0^\infty = 1$$

デアリ、ソウシテ第二及第三ノ積分ハ、既知ノ一般式

$$\begin{cases} \int_0^\infty e^{-sx} \cos rx \, dx = \frac{s}{s^2+r^2}, \\ \int_0^\infty e^{-sx} \sin rx \, dx = \frac{r}{s^2+r^2} \end{cases}$$

ニヨリ

$$\begin{cases} \int_0^\infty \cos pt' e^{-Zt'} \, dt' = \frac{Z}{Z^2+p^2}, \\ \int_0^\infty \sin pt' e^{-Zt'} \, dt' = \frac{p}{Z^2+p^2} \end{cases}$$

デアル、随テ

$$\begin{aligned} \int_0^\infty v(t, t') Z e^{-Zt'} \, dt' &= \frac{ea}{mp} \left(\sin pt - \sin pt \frac{Z^2}{Z^2+p^2} + \cos pt \frac{pZ}{Z^2+p^2} \right) \\ &= \frac{ea}{mp} \left(\frac{p^2}{Z^2+p^2} \sin pt + \frac{pZ}{Z^2+p^2} \cos pt \right) \end{aligned}$$

デアル。故ニ(11)式ハ次記ノ通りニナル。

$$\begin{aligned} \sum \frac{dv}{dt} &= \frac{Nea}{m} \cos pt - NZ \frac{ea}{mp} \left(\frac{p^2}{Z^2+p^2} \sin pt + \frac{pZ}{Z^2+p^2} \cos pt \right) \\ &= \frac{Nea}{m} \left(1 - \frac{Z^2}{Z^2+p^2} \right) \cos pt - \frac{Nea}{m} \frac{Z}{p} \frac{p^2}{Z^2+p^2} \sin pt \\ &= \frac{Nea}{m} \frac{p^2}{Z^2+p^2} \cos pt - \frac{Nea}{m} \frac{Z}{p} \frac{p^2}{Z^2+p^2} \sin pt \\ &= \frac{Ne}{m} \frac{(p/Z)^2}{1+(p/Z)^2} a \cos pt - \frac{Ne}{m} \frac{p/Z}{1+(p/Z)^2} a \sin pt \\ &= \frac{a}{e} a \cos pt - \frac{\sigma}{e} ap \sin pt \dots \dots \dots (12). \end{aligned}$$

但此式ニ於テ

$$\begin{cases} a = Ne \frac{e}{m} \frac{(p/Z)^2}{1+(p/Z)^2} \dots \dots \dots (13), \\ \sigma = Ne \frac{e}{m} \frac{1}{Z} \frac{1}{1+(p/Z)^2} \dots \dots \dots (14) \end{cases}$$

トオイテアル。

上式(12)ヲ積分スレバ、明ニ

$$\sum v = \frac{aa}{ep} \sin pt + \frac{\sigma a}{e} \cos pt \dots \dots \dots (15)$$

トナルカラ、微分方程式(2)ハ、次記ノ通りニナル。

$$\begin{aligned} \frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi e}{c} \sum v &= \frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi e}{c} \left(\frac{aa}{ep} \sin pt + \frac{\sigma a}{e} \cos pt \right) \\ &= \frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \left(\frac{aa}{p} \sin pt + \sigma a \cos pt \right) \\ &= \text{curl}_y \mathbf{H} \dots \dots \dots (16). \end{aligned}$$

然ルニ場所 $x=0$ ニ於テハ、(3)式ガ示ス通り

$$Y = a \cos pt \dots \dots \dots (17)$$

デアルカラ、之ヲ微分スレバ

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = -ap \sin pt$$

デアル、随テ上式(16)ハ

$$\frac{K}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} - \frac{4\pi}{c} \frac{a}{p^2} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi \sigma}{c} Y = \text{curl}_y \mathbf{H},$$

即

$$\frac{1}{c} \left(K - \frac{4\pi a}{p^2} \right) \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \sigma Y = \text{curl}_y \mathbf{H} \dots \dots \dots (18)$$

トナル。故ニ今

$$K' = K - \frac{4\pi a}{p^2} \dots \dots \dots (19)$$

トオケバ、上式ハ次ノ重要ナル形ヲトルノデアアル。

$$\frac{K'}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \sigma Y = \text{curl}_y \mathbf{H} \dots \dots \dots (20)$$

此重要ナル式ハ、何ヲ語ルカト云フト、氣層ニ存在スルイオンノ爲メニ、其チエレキ常數Kノ値ガ變ジテ、一ノ新シキ値K'トナルト云フコトヲ、語ルノデアアル。(13)式ニ於ケル α ノ値ヲ、(19)式ニ置換スレバ、此K'ノ値ハ

$$K' = K - \frac{4\pi N e^2}{p^2} \frac{e}{m} \frac{(p/Z)^2}{1+(p/Z)^2} \\ = K - \frac{4\pi N e^2}{m(Z^2+p^2)} \dots \dots \dots (21)$$

デアアル。

次ニ(18)式ノ第二項ニ於ケル σY ハ、一ノ電流ヲ表ハスモノデアアルカラ

$$\sigma = N e \frac{e}{m} \frac{1}{Z} \frac{1}{1+(p/Z)^2} \\ = \frac{N e^2}{m} \frac{Z}{Z^2+p^2} \dots \dots \dots (22)$$

ハ、明ニ電離氣層ノ導電率ヲ表ハスノデアアル。

終リニ言フ可キ大切ナコトハ、此ノ如ク氣層ガ導電性ヲ有スル爲メ、電氣エネルギーノ損失ガ起ルト云フコトデアアル。電波ニ基因スル振動電流ハ、(17)式ニヨリ

$$\sigma Y = \sigma a \cos pt \dots \dots \dots (23)$$

デアアル。然ルニ第一卷第二章第5節ヲ参照スレバ、直ニ分ル通り、電氣振動ノ半週期間ニ於ケル、電氣エネルギーノ損失ハ、實効電流ノ二乗ニ、電氣抵抗ヲ乗ジタモノデアアル、即

$$\frac{1}{\sigma} \frac{(\sigma a)^2}{2} = \frac{a^2}{2} \sigma \\ = \frac{a^2}{2} \frac{N e^2}{m} \frac{Z}{Z^2+p^2} \dots \dots \dots (24)$$

デアアル。此エネルギーノ損失ハ、全クイオンノ衝突ニ基因スルノデアアル。トコロガ、イオンハ電波ニ於ケル電力ノ作用下ニ、運動エネルギーヲ獲得スルカラ、此損失ハ、畢竟電波ニ歸スルノデアアル。換言スレバ、イオン衝突ノ爲メ、電波ノエネルギーガ、多少吸収サルルノデアアル。

上記ノ説ハ、1912年ニ、エックルスノ説ガ發表サレテカラ、少シ遅レテ獨國ノザルベタ¹ガ、發表シタモノデアアル。原文ノママデアアル。直ニ之ヲ了解スルコトガ、容易デハナイカラ、予ハ特ニ便宜上、記號ナドモ多少變更シ、運算ヲ省略セズ、充分敷衍シテ、此所ニ之ヲ説明シタノデアアル。

7. 電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播ニ關スル ライモアノ説。

第4節ニ述ベタ如ク、電波ハ始メ x 軸ノ正方向ニ進行シ、ソウシテ此電波ニ於ケル電力ハ、 y 軸ノ方向ニ作用スルトシヤウ。電波ニ於ケル此電力ヲ

$$Y = A \cos pt \dots \dots \dots (1)$$

デアアルセバ、其作用下ニ運動スル、イオンノ運動方程式ハ

1. Salpeter (Phys. Zeitschr. 1913).

$$m \frac{d^2y}{dt^2} = eY$$

$$= eA \cos pt \dots \dots \dots (2)$$

デアル。但此式ニ於テ、 m ハイオンノ質量デアリ、 e ハ其電荷デア
ル。

上式ヲ積分スレバ

$$m \frac{dy}{dt} = C + \frac{eA}{p} \sin pt$$

トナル。然ルニ $t=0$ ナル際ニハ、イオンハ未ダ速度ヲ得ヌカラ、
積分常數 C ノ値ハ零デアリ、隨テ上式ハ

$$m \frac{dy}{dt} = \frac{eA}{p} \sin pt \dots \dots \dots (3)$$

トナル。

此所ニ附言ス可キコトガアル。ソレハ上式ニ於ケル電力 Y
ト、電荷 e ハ、皆電磁單位 C.G.S. デ、表ハシテアルト云フコトデア
ル。

單位容積隨テ一立センチメートル内ニ存在スル陰陽イオン
ノ總數ヲ、 N デ表ハソウ。ソウスルト、此等ノイオンニ基因スル
輸動電流ハ

$$Ne \frac{dy}{dt} = N \frac{e^2}{mp} A \sin pt$$

デアル。然ルニ(1)式ヲ、 t ニ對シテ微分スレバ

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = -Ap \sin pt$$

デアルカラ、上式ハ

$$Ne \frac{dy}{dt} = -\frac{Ne^2}{mp^2} \frac{\partial Y}{\partial t}$$

トナル。

サテ電流ハ、第4節ニ述ベタ通り、變位電流ト輸動電流ノ和デ
アル。然ルニ變位電流ハ

$$\frac{K}{4\pi c^2} \frac{\partial Y}{\partial t}$$

デアル。但此式ニ於テ、 K ハ靜電單位 C.G.S. デ表ハシテアルカ
ラ、之ヲ電磁單位 C.G.S. ニ換算スル爲メ、 c^2 デ除シテアル。

故ニ考フル所ノ全電流ハ、下記ノ通りデア
ル。

$$\frac{K}{4\pi c^2} \frac{\partial Y}{\partial t} - \frac{Ne^2}{mp^2} \frac{\partial Y}{\partial t} = \left(\frac{K}{4\pi c^2} - \frac{Ne^2}{mp^2} \right) \frac{\partial Y}{\partial t}$$

$$= \frac{1}{4\pi c^2} \left(K - \frac{4\pi c^2 Ne^2}{mp^2} \right) \frac{\partial Y}{\partial t} \dots \dots (4)$$

由是觀之、直ニ分カル通り、チエレキ常數ガ、 K デア
ル代リニ、電離イオン存在ノ爲メ、其影響ヲ蒙リ減少シテ

$$K' = K - \frac{4\pi c^2 Ne^2}{mp^2} \dots \dots \dots (5)$$

トナルノデア
ル。

電波ノ波長ヲ λ トシ、振動週期ヲ T デ表ハセバ

$$T = \frac{2\pi}{p}$$

$$= \frac{\lambda}{c} \dots \dots \dots (6)$$

デア
ルカラ、上式(5)ハ次記ノ通りニ書イテヨイ。

$$K' = K - \frac{4\pi c^2 Ne^2 \lambda^2}{m \cdot 4\pi^2 c^2}$$

$$= K - \frac{Ne^2 \lambda^2}{m\pi} \dots \dots \dots (7)$$

空氣ノチエレキ常数Kノ値ハ殆ト1ニ等イト考ヘテ、差支ガ無イカラ、上式ハ

$$K' = 1 - \frac{Ne^2 \lambda^2}{m\pi} \dots \dots \dots (8)$$

ト書イテヨイ、隨テ第8節ニ於テ論述スル通り、電波屈折ノ現象が起ルノデアアル。

上式(5)、隨テ(7)及(8)ハ、所謂ラ1モア¹ノ式ナルモノデアアル。此所ニハ、第6節ニ對照シテ、記號ヲ統一スル爲メ、ラ1モアガ使用シタ記號ト異リタルモノヲ、多少使用シタノデアアル。

此所ニ附記ス可キコトガアル。電波ニ於ケル電力ハ、振動的ノモノデアアルカラ、(1)式ノ代リニ

$$Y = Ae^{ipt} \dots \dots \dots (9)$$

トオイテ運算スレバ、直ニ(5)式ヲ得ルノデアアル。此運算ノ方法ガ、上記ノ方法ヨリハ、少シ簡單デアアル。

イオンノ運動方程式ハ

$$m \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dt} \right) = eAe^{ipt} \dots \dots \dots (10),$$

即

$$d \left(\frac{dy}{dt} \right) = \frac{e}{m} A e^{ipt} dt$$

デアアルカラ、之ヲ積分スレバ

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= \frac{e}{m} \frac{A}{ip} e^{ipt} \\ &= \frac{e}{m} \frac{Y}{ip} \dots \dots \dots (11) \end{aligned}$$

1. Larmor (Phil. Mag. 1924).

デアアル、隨テ全電流ハ

$$\frac{K}{4\pi} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{Ne^2}{m} \frac{Y}{ip} = \frac{K}{4\pi} \frac{\partial Y}{\partial t} + \frac{Ne^2}{m} \frac{ipY}{i^2 p^2}$$

デアアル。然ルニ(9)式ヲ微分スレバ

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = ipY$$

デアアルカラ、上式ハ

$$\frac{1}{4\pi} \left(K - \frac{4\pi Ne^2}{mp^2} \right) \frac{\partial Y}{\partial t}$$

トナル、隨テ

$$K' = K - \frac{4\pi Ne^2}{mp^2} \dots \dots \dots (12)$$

デアアル。

此所ニ注意ス可キコトガアル。上記ノ諸式、即(9)、(10)等ニ於ケルYトeハ、靜電單位 C.G.S. デ表ハシテアル。然ルニ(5)式ニ於ケル電荷eハ、前ニ述ベタ通り、電磁單位 C.G.S. デ表ハシテアル。トコロガ、ccハ、此電荷eヲ丁度靜電單位 C.G.S. ニ換算シタモノニ相當スルカラ、(5)式ハ全ク(12)式ト同一デアアル。

終リニ一言セネバナラス。上記所謂ラ1モアノ式ナルモノ、即(5)式ハ、斬新ナルモノデハナイ。此式ハ第6節ニ述ベタ、ザルベタ1ノ式、即

$$K' = K - \frac{4\pi Ne^2}{m(Z^2 + p^2)}$$

ノ特別ナル場合ヲ表ハスノデアアル。然リ此一般式ニ於テ、イオンノ衝突ヲ無視スレバ、即Z=0トスレバ、直ニ(12)式隨テ(5)式ヲ得ルノデアアル。尙此所ニ一言セネバナラス。此ノ如ク、ラ1モ

アノ式ハ、ザルベタ1ノ式ノ特別ナルモノト、考ヘテヨイガ、廻テ之ヲ考フレバ、此式ハ第4節ニ述ベタ、エックルスノ式中ニ、既ニ含有セラレテアル。然リ第4節ニ、特別ナル場合トシテ述ベタ第(21)式ハ、(5)式随テ(12)式ト、其歸着ヲ同フスルノデアアル。

8. 無線電信上ニ於ケル電波ノ傳播.

無線電信ノ通達距離随テ電波傳播ノ距離ニ關シテハ、所謂オ1スチン-コ1ヘン實驗的式ナルモノガアル。コレハ1910年カラ1915年ニ至ル期間ニ、米國海軍ニ於テ舉行シタル、數多ノ實驗結果ヲ、オ1スチン及コ1ヘンガ、整理統一シテ得タモノデアアル。然ラバ此實驗的式ハ、如何ナルモノデアアルカト云フト、ソレハ下記ノ通りデアアル。

$$I_r = I_s \frac{190h_s h_r}{R} \frac{e^{-\frac{0.0015}{\sqrt{\lambda}} r}}{\lambda r} \dots \dots \dots (1).$$

但此式ニ於テ

- I_s …… 送信架空線ノ底部ニ於ケル電流,
- I_r …… 受信架空線ノ底部ニ於ケル電流,
- h_s …… 送信架空線ノ有効高,
- h_r …… 受信架空線ノ有効高,
- R …… 受信架空線ニ於ケル電氣抵抗,
- λ …… 送信電波ノ波長,
- r …… 送信所ト受信所トノ距離

1. Austin-Cohen empirical formula.

デアアル。電流 I_s, I_r ハ、アムペアデ表ハシ、h_s, h_r 及 λ, r ハ、キロメートルデ表ハシ、ソウシテ電氣抵抗 R ハ、オ1ムデ表ハシテアル。

實測上ノ結果、上式ハ數千 km(キロメートル)ノ所マデ、其適用ガ立證サレタトノコトデアアル。觀念ヲ明カニスル爲メ、タ1ナ1ノ書ニアルモノヲ、此所ニ引用シヤウ。今上式ニ於テ假ニ

$$\begin{cases} h_s = h_r = 0.1 \text{ km,} \\ \lambda = 4 \text{ km,} \\ I_s = 100 \text{ アムペア,} \\ R = 10 \text{ オ1ム} \end{cases}$$

トスレバ、運算スレバ分カル通り、次式ヲ得ルノデアアル。

$$I_r = 4.8 \frac{e^{-0.00075r}}{r} \text{ アムペア} \dots \dots \dots (2).$$

下表ハ此式ニ據リ、種々ナル距離 r ニ位スル、受信所ニ於ケル電流ヲ、算出シタモノデアアル。

r (km)	I _r (マイクロアムペア)
10	480,000
100	45,000
300	12,800
1000	2,300
3000	170
4000	60

此所ニ注目ス可キコトガアル。(1)式ヲ一見スレバ、明カナル如ク、受信所ニ於ケル電流 I_r ハ、波長 λ ノ函數デアアル。ソウスル

1. Turner: Outline of Wireless.

ト此電流 I_r が最大ナル様ナ、或ル特別ノ波長ガ有ルデハナイ乎、
換言スレバ、或ル一定ノ受信所ニ對シテハ、最有利ノ波長ガ有ル
デハナイ乎。然リ此所要ノ波長ハ、次式即

$$\frac{dI_r}{d\lambda} = 0,$$

隨テ

$$\frac{d}{d\lambda} \left(\frac{e^{-\frac{0.0015r}{\sqrt{\lambda}}}}{\lambda} \right) = 0$$

デ決定スルノデアアル。

微分ヲ行ヘバ、直ニ分カル通り

$$\frac{0.0015r}{2\lambda^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{\lambda} = 0$$

デアアル、隨テ所要ノ波長ハ、次式デ與ヘラル。

$$\lambda = \frac{(0.0015r)^2}{4} \dots\dots\dots (3).$$

上記オースチン¹コヘン¹ノ實驗的式ハ、長波長ノ電波ニ關
スルモノデアアル。然ルニ近時短波長ノ電波ニ關スル研究ガ勃
興シ、種々甚ダ興味アリ、且有益ナル現象ガ既ニ發見サレテヲル。
短波長例ヘバ30メートルトカ、40メートルト云フ様ナ、波長ノ短
キ電波ヲ使用シテ、通信ヲ行フ際ニハ、面白キ一見奇異ナル如キ
現象ガ起ル。送信所カラ遠ザカルニ隨ヒ、無論電波ノ勢力ハ段
々衰滅シテ終ニ零トナル。然ルニ之カラ或ル距離遠ザカルト、
再ビ電波ガ到來シ、或ル界域内ニ於テ、又受信ガ出來ル様ニナル。
一旦最初ノ通信ガ此ノ如ク停止シテ、然ル後再ビ第二ノ通信ガ

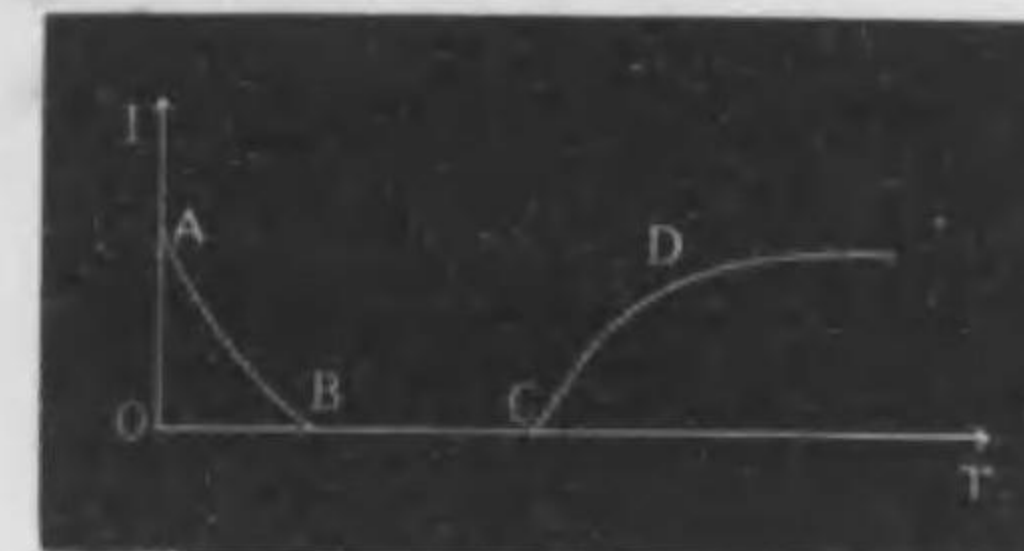
可能ニナルマデノ距離ハ、一ノ死帶¹デアルト考ヘテヨイ。ソウ
シテ、送信所ト此死帶ノ終點トノ距離ヲ名ヅケテ、跳越距離²ト稱
スルノデアアル。

第78圖ハ、此ノ如キ現象ヲ
表ハスモノデアアル。影線ヲ
附スル圓ハ、地球ヲ表ハシテ
ヲル。其表面ノ或ル場所S
ニ、一ノ送信所ガアルトシヤ
ウ。曲線ABトCDノ高サハ、
Sカラ或ル距離rトイフ所
ニ、到來スル電波ノ強度ヲ略
示シテヲル。第79圖ハ、更ニ
之ヲ圖示スルモノデ、横軸ニ
距離rヲ表ハシ、ソウシテ縦
軸ニ電波ノ強度Iヲ表ハシ
テアル。



78

前圖ニ於ケル距離SCト、此
圖ニ於ケル距離OCハ、所謂
上記ノ跳越距離ヲ表ハシテ
ヲル。



79

テイラー³トハルバ⁴トノ實驗的結果ニ據ルト、晝間ニ於ケル、
種々ナル短波長、即50メートル以下ノ短波長電波ノ跳越距離ハ、
下記ノ通りデアアル。

1. Dead zone. 2. Skip distance. 3. Taylor. 4. Hulburt.

波長(メートル)	跳越距離(マイル)
16	1300
21	700
32	400
40	175

此表ガ示ス通り、波長ガ短キ程、跳越距離ハ大ナルノデアアル。又此所ニ記述ス可キコトガアル。ソレハ、同一短波長ノ電波ノ場合、其跳越距離ハ、晝間ヨリモ、夜間ノ方ガ、大ナルトイフコトデアアル。

サテ短波長電波ノ傳播ト、長波長電波ノ傳播ニ關シテ、説明ヲ爲ス前ニ、豫メ此所ニ氣層ノ状態ニ就テ、大略記述スルコトハ、必要デアリ、又甚ダ有益デアアル。ハンス¹及ウエゲナ²ノ調査ニ據ルト、空氣ノ溫度、氣壓及成分ノ氣層的配布状態ハ、下表ニ示ス通りデアアル。

空氣ノ溫度		空氣ノ氣壓	
氣層ノ高	溫度(平均)	氣層ノ高	氣壓
0→10 km	-23°C	0 km	760 mm
10→20 "	-55 "	20 "	41.7 "
20→30 "	-60 "	40 "	1.78 "
30→40 "	-65 "	50 "	0.385 "
40→50 "	-70 "	60 "	0.105 "
50→60 "	-70 "	70 "	0.047 "
60→70 "	-75 "	80 "	0.033 "
70→80 "	-75 "	90 "	0.028 "
80→90 "	-80 "	100 "	0.024 "
90→100 "	-80 "	400 "	0.007 "
100→200 "	-90 "		

1. H. nns. 2. Wegener.

空氣ノ成分(百分率)

氣層ノ高	窒素(N)	水素(H)	酸素(O)	アルゴン(A)	ヘリウム(He)
0 km	78.03	0.01	20.99	0.94	0.00015
20 "	84.5	0.1	15.2	0.3	0
40 "	86.9	2.9	10.1	0.1	0
50 "	79.7	12.9	7.3	0	0.1
60 "	57.9	37.6	4.2	0	0.3
70 "	24.3	73.8	1.3	0	0.5
80 "	6.6	92.5	0.3	0	0.6
90 "	1.4	98.1	0	0	0.5
100 "	0.3	99.2	0	0	0.5
200 "	0	99.8	0	0	0.1

ウエゲナ¹ハ、氣層ノ状態ヲ、一目瞭然ナラシムル爲メ、第80圖ニ示ス如キ、總括的圖ヲ畫イタ。空氣ノ溫度ハ、上層ニ進ムニ隨ヒ、益々降下スルノデアアル。圖ニハ各10 kmノ氣層間ニ於ケル、平均溫度ヲ示シテアル。例ヘバ10 kmト20 km間ノ氣層ニ於テハ、平均溫度ハ、攝氏零度以下、55°デアリ、又90 kmト100 km間ノ氣層ニ於テハ、平均溫度ハ、-80°Cノ低溫度デアアル。

次ニ空氣ノ氣壓ハ、其上層ニ進ムニ隨ヒ、益々減少スル。高サ40 kmノ氣層ニ於テハ、氣壓ハ既ニ僅ニ1.78 mm位デアアル。此ノ如キ氣壓ハ、真空管内放電ノ際、柳枝狀ノ放電ガ起ル氣壓ニ相當スル。高サ90 kmニ於テハ、氣壓ハ著ルシク減少シテ、0.028 mmトナリ、高サ100 kmニ於テハ、0.024 mmトナル。此ノ如キ氣壓ニ於テ、放電ヲ行ヘバ、彼ノ所謂ガイスレル管¹中ニ於ケル、放電ノ現

1. Geissler tube.

密度¹ガ、氣層ノ上部ホド、大ナルトシヤウ。此ノ如ク、空氣ノ上層ガ、電離サルルノハ、何故デアアルカト云フト、コレハ太陽カラ進來スル光波中ノ、極端紫外線²、即所謂シユウマン波³ノ作用ニ因ルデアアル。然ラバ此ノ如ク、電離作用ヲ退クスル、極端紫外線ノ波長ハ、如何ナルモノデアアル乎。實驗上ノ結果カラ判断スルト、此波長ハ 1350 Å.U. 以下ノモノデアアルト、考ヘネバナラス(續原子論、第16節及第34節參照)。地上ニ達スル光波中ノ紫外線デ、其波長ノ最モ短キモノハ、約 3000 Å.U. デアル、之ヨリ短キ波長ヲ有スル、他ノ紫外線ハ、皆上層ニ於テ、既ニ吸收サルルノデアアル。此ノ如キ波長、即 3000 Å.U. ハ、之ヲ上記ノ限界波長、即 1350 Å.U. ニ比較スルト、餘程長イノデアアル。ソウスルト、地表面附近ノ空氣中ニ於テハ、光波ニ基因スル電離現象ハ、無論起ラスノデアアル。

空氣ノ上層ガ、此ノ如ク電離シテフレバ、此氣層ニ向テ進入スル電波ニハ、下記ノ通り、屈折現象ガ起ラネバナラス。第6節ニ述ベタ通り、電波ガ電離氣層ヲ通過スルトキハ、此氣層ノヂエレキ常數ハ、次式即

$$K' = K - \frac{4\pi Ne^2}{m(Z^2 + p^2)} \dots \dots \dots (4)$$

デアアル。考フル所ノ氣層ニ於テ、其氣壓ガ小ナルトキ、隨テ電離イオンノ密度ガ、餘リ大ナラザル場合ニハ、イオンノ衝突ヲ無視スルコトモ出來ヤウ。此ノ如キ場合ニ於テハ、 $Z^2 = 0$ トオケバヨイカラ、上式(4)ハ

$$K' = K - \frac{4\pi Ne^2}{mp^2} \dots \dots \dots (5)$$

1. Ion-density. 2. Extreme ultra-violet ray. 3. Schumann wave.

トナル。此式ハ第7節ニ述ベタ、第(12)式ト全ク同一ナルモノデアアル。

電波ニ對スル、電離氣層ノ屈折率ヲレトスレバ、第二章第4節ニ述ベタ通り、次記ノ重要ナル關係ガアル。

$$\nu^2 = K' \dots \dots \dots (6)$$

故ニ(5)式ニヨリ

$$\nu = \left(K - \frac{4\pi Ne^2}{mp^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (7)$$

デアアル。然ルニ此式ニ於テ、 K ハ氣層ガ電離シテアラストキノ、ヂエレキ常數、即空氣ノヂエレキ常數ヲ表ハシテアル、隨テ $K=1$ デアアルカラ、上式ハ

$$\nu = \left(1 - \frac{4\pi Ne^2}{mp^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (8)$$

トナル。トヨロガ、括弧内ノ第二項ハ、 e, m, p ノ値ヲ考フレバ、直ニ分カル通り、小量デアアル。故ニ上式ヲ展開シ、小量ノ二乗等ヲ無視シテヨイカラ、直ニ次記ノ重要ナル式ヲ得ル。

$$\nu = 1 - \frac{2\pi Ne^2}{mp^2} \dots \dots \dots (9)$$

此處ニ一言ス可キコトガアル。此式ハ既ニ第4節ニ於テ述ベタ、第(21)式ト同一ナルモノデアアル。

翻テ考フルニ、第3節ニ述ベタ通り、屈折ニ關スル一般方程式ハ

$$-\frac{1}{\rho} = \frac{d}{dn} (\log \nu) \dots \dots \dots (10)$$

デアアル。但此式ニ於テ、 ρ ハ屈折行路ニ於ケル、曲率半徑デアリ、ソウシテ n ハ彎曲ノ方向ト反對ナル方向ニ此行路ニ引イタ方

線である。

上式(9)ニヨリ

$$\log \nu = \log \left(1 - \frac{2\pi N e^2}{m p^2} \right)$$

であるカラ、公式

$$\log(1-x) = -\frac{x}{1} - \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \dots\dots$$

ニ據リ

$$\log \nu = -\frac{2\pi N e^2}{m p^2}$$

である。但此式ニ於テ、前記ノ通り、小量ノ二乗等ハ、之ヲ無視シテアル。

地球ノ半径、即其曲率半径ヲ、R デ表ハセバ

$$2\pi R = 4 \times 10^9 \text{ センチメートル}$$

であるカラ

$$R = \frac{2 \times 10^9}{\pi} \text{ センチメートル}$$

である、随テ地球表面ノ曲率、即其彎曲ノ度ハ

$$\frac{1}{R} = \frac{\pi}{2} \times 10^{-9}$$

を決スルノである。故ニ(10)式ニヨリ

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{2} \times 10^{-9} &= \frac{d}{dz} \left(\frac{2\pi N e^2}{m p^2} \right) \\ &= \frac{2\pi e^2}{m p^2} \frac{dN}{dz} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

デアラバ、電離氣層内ヲ進行スル、電波ノ行路ノ曲率ハ、丁度地表面ノ曲率ニ等イノである。但此式ニ於テハ、第4節ニ述べタ通

リ、方線 n ノ代リニ、考フル所ノ電離氣層ノ高ナニヲ使用シテアル。

然ルニ

$$\begin{cases} p = \frac{2\pi}{T}, \\ c = \frac{\lambda}{T} \end{cases}$$

であるカラ、上式ハ下記ノ通りニ書イテヨイ。

$$\frac{dN}{dz} = \left(\frac{\pi^2 c^2}{e^2} \times 10^{-9} \right) \frac{m}{\lambda^2} \dots\dots\dots (12).$$

此式ガ示ス通り、 dN/dz ノ値ハ、波長 λ ノ函數である。故ニ觀念ヲ明カニスル爲メ、下表ニ示ス通り、 λ ノ値ガ、20, 30, 40, 50 及 100 メートルノ場合ニ於ケル、此微分係數ノ値ヲ算出シヤウ。第80圖ヲ一覽スレバ、直ニ分カル通り、70 km 以上ノ氣層ニ於テハ、殆ド水素分子ノミガ、存在スルト考ヘテヨイ、随テ電離イオンハ、水素分子ガ電離シタモノであるトスル。下表ノ第二欄即(II)ハ、或ル高キ上層ニ於テ、單ニ電子ノミガ存在スルト、假定シタル場合ノ上記係數ヲ示スのである。

(I)		(II)	
水素分子		電子	
$\left\{ \begin{array}{l} e = 4.77 \times 10^{-10}, \text{ 靜電單位 C.G.S.} \\ m = 2(1.65 \times 10^{-24}) \text{ グラム} \end{array} \right.$		$\left\{ \begin{array}{l} e = 4.77 \times 10^{-10}, \text{ 靜電單位 C.G.S.} \\ m = 7 \times 10^{-28} \text{ グラム} \end{array} \right.$	
λ	dN/dz	λ	dN/dz
20 m = 2000 cm.	33.	20 m = 2000 cm.	9×10^{-3}
30 m = 3000 cm.	14.7	30 m = 3000 cm.	4×10^{-3}
40 m = 4000 cm.	8.3	40 m = 4000 cm.	2.3×10^{-3}
50 m = 5000 cm.	5.3	50 m = 5000 cm.	1.4×10^{-3}
100 m = 10000 cm.	1.3	100 m = 10000 cm.	0.4×10^{-3}

此所ニ一言ス可キコトガアル。上表ノ第一欄(I)ハ、水素分子ニ關スルモノデアアル。然ルニ考フル所ノ氣層ニ於テ、電離シタ水素原子モ亦存在スルトスレバ、之ニ關スル dN/dz ノ値ハ、無論上表ノ値ヲ二分シタモノデアアル。

氣層ノ上部ニ進ムニ從ヒ、イオンノ數ガ、上表ニ示ス割合デ、増加スルナラバ、屈折スル電波ノ曲率ハ、丁度地表面ノ曲率ニ等イノデアアル。例ヘバ、30メートルノ電波ノ場合ニ於テハ、所要ノイオン増加率ハ、水素分子ノ場合ニ於テハ、一センチメートル毎ニ、14.7デアリ、水素原子ノ場合ニ於テハ、其二分ノ一即約7デアリ、ソウシテ電子ノ場合ニ於テハ、 4×10^{-3} デアアル。

故ニイオンノ増加率ガ、上表ノ値ヲ超過スレバ、屈折電波ノ曲率ハ、地表面ノ曲率ヲ超過スル、隨テ電離氣層ニ向テ上進スル電波中、或ル電波ハ、地表面ニ進達シ得ルノデアアル。第81圖ハ此ノ如ク屈折スル電波ヲ例示スルモノデアアル。地表面ノ或ル場所Aカラ、發進スル電波ハ、屈折ノ爲メABCナル曲線、即彎曲行路ヲトツテ、終ニ地表面Cニ達スルノデアアル。圖中影線ヲ附スル圓ハ、地球ヲ表ハシテヲル。



81

前ニ述べタ通り、短波長ノ電波ニ於テハ、所謂跳越現象ナルモノガアル、即コレハ第78圖ト第79圖ニ示ス通りデアアル。然ラバ何故ニ、此ノ如キ跳越現象ガ、發起スルノデアアル乎。第2節ニ述べタ通

リ、電波ガ地表面ヲ沿フテ、進行スル場合ニ於テハ、之ガ爲ニ吸收現象ガ起ル。此吸收ハ、電波ノ波長ガ、短カケレバ短カキ程顯著デアアル。故ニ短波長、例ヘバ波長40メートル以下ノ電波ガ、地上ノ或ル場所カラ、四方ニ發進スルトキ、其ノ地表面ヲ沿フテ進行スル部分ハ、比較的速ニ吸收サルルノデアアル。第78圖ト第79圖ノABハ、之ヲ示シテヲル。此ノ如ク、地表面ヲ沿フテ進行スル電波ハ、終ニ衰滅スル。トコロガ、上述ノ通り、電離氣層ニ向テ、上進スル電波ハ、屈折シテ地表面ニ進達スル。第78圖ト第79圖ノCDハ、此ノ如キ電波ヲ示シテヲル、隨テBCハ所謂死帯ニ相當スルノデアアル。此ノ如ク述べ來レバ、跳越現象ノ起ルコトハ、最早明白デアアル。

次ニ長波長ヲ有スル電波ノ場合ヲ考ヤウ。此場合ニ於テハ、之ヲ短波長ノ場合ト比較スレバ、其趣ガ異ナルノデアアル。長波長電波ノ場合ニ於テハ、地表面ニ基因スル吸收ガ、短波長電波ノ場合ヨリモ、少イ隨テ其進達距離ガ、比較的長イノデアアル。又(9)式ト(10)式トニヨリ、電波ノ屈折ハ一般ニ

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2\pi e^2}{mp^2} \frac{dN}{dz} = \frac{e^2 \lambda^2}{2\pi c^2} \frac{dN}{dz} \dots \dots \dots (13)$$

デ決定スルカラ、波長ガ長キ程、屈折電波ノ曲率ハ大ナルノデアアル。故ニ或ル程度以上ノ波長ヲ有スル電波ノ場合ニ於テハ、其ノ地表面ヲ沿フテ進行スル電波ガ、未ダ衰滅セス以前ニ、電離氣層ニ於テ、屈折スル電波ガ、到來スルコトガアラウ。此ノ如キ場合ニハ、二電波ニ基因スル作用ガ、重合スルコトニナル。

第82圖ニ示スSハ、一ノ送波所デアル。此送波所カラ、四方ニ發進スル電波中、其ノ地表面ヲ沿フテ進行スル電波ノ強度ハ、曲線ABデ表ハシテアル。又電離氣層カラ屈折シテ、地表面ニ到達スル電波ノ強度ハ、曲線BCデ表ハシテアル。



82

第83圖ニ示ス曲線ABCハ、二電波ノ作用ヲ一括シテ表ハシテアル。即電波ノ強度Iヲ、送波所カラノ距離rノ函數トシテ、表ハシテアル。

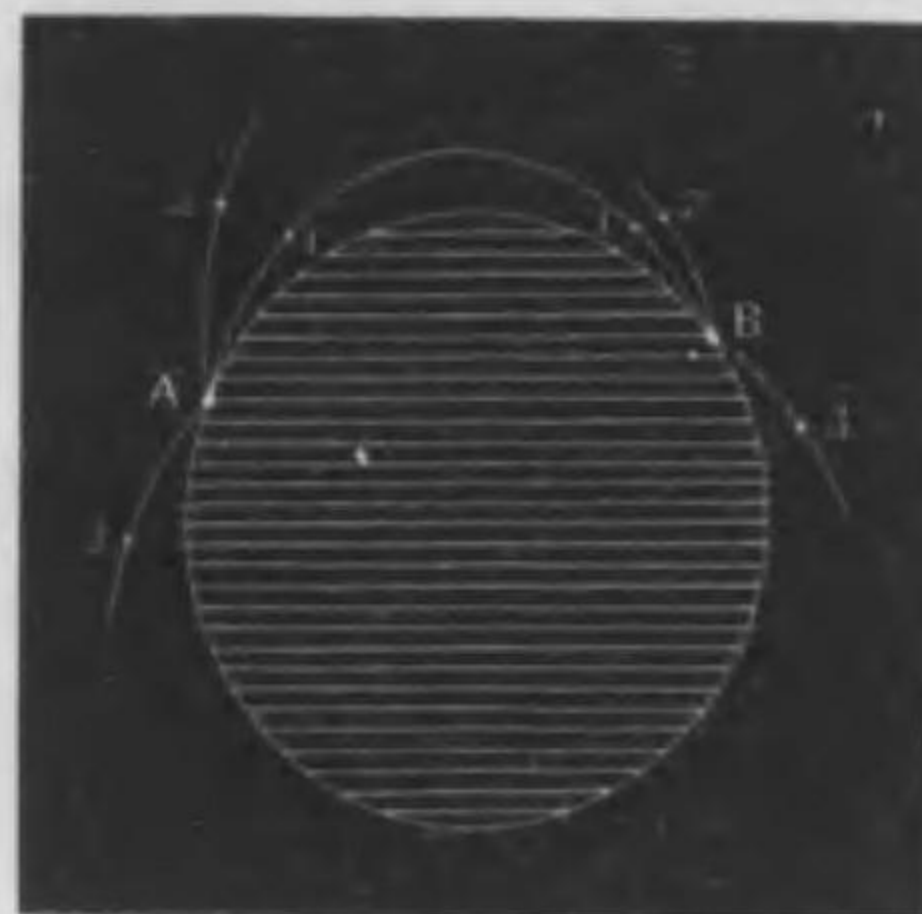


83

次ニ短波長電波ノ場合ニ於テ、考フ可キコトガアル。或ル一ノ送波所カラ、四方ニ發進スル電波中、其ノ電離氣層ニ於テ、屈折シタモノガ、或ル遠隔ノ一場所ニ到達スルデアラウ。此ノ如ク一度到達シタ電波ガ、此所カラ反射シ、又電離氣層ニ向テ上進シ、又屈折シテ地表面ニ到來シ、ソレカラ又反射シ、次ニ屈折スルト云フ様ナ徑路ヲトツテ、終ニ或ル一場所ニ到達スルコトガ、アリ得ルト考ヘラレ得ル。換言スレバ、屈折反射ノ結果、一ノ電波ガ、場合ニヨツテハ、地球ヲ一周、否ナソレ以上傳播スルコトガ、可能ノコトデアルト、考ヘラレ得ルデアル。然リ固

ヨリ未ダ斷言スルコトハ出來ナイガ、短波長電波ノ場合ニ於テ、上記ノ如キ現象ガ、實際起ル様デアル。

第84圖ハ、此ノ如キ現象ヲ、假示スルモノデアル。一ノ送波所Aカラ、發進スル電波中、曲線1デ示ス如ク、屈折シテ或ル遠隔ノ場所Bニ直達スルモノガ



84

アル。然ルニ又曲線2デ示ス如ク、屈折反射ヲ、數回繰リ返シテ、終ニ同一場所Bニ到達スル電波モアルト、考ヘラレ得ル。此ノ如キ電波ハ、上記ノ如ク、地球ヲ一周以上傳播スルモノデアル。又曲線3デ示ス如ク、屈折反射ニヨリ、反對ノ行路ヲトツテ、AカラBニ傳播スルモノモ、アリ得ルデアラウ。

此所ニ注意ス可キコトガアル。遠大ナル距離マデ送波スルニハ、短波長ノ電波ヲ使用スルコトガ必要デアル。波長ガ長ケレバ長キ程屈折電波ノ曲率、即彎曲度ガ増大シ、早ク地表面ニ達スルノデアル。然リ(13)式ガ示ス通り、考フル所ノ曲率ハ、波長ノ二乗ニ正比例スルノデアル。然レドモ、此ノ如ク、短波長ノ電波ガ、有利デアルト言ツテモ、コレハ無論或ル範圍内ノコトデアル。餘リ波長ガ短クナルト、其曲率ガ過小ニナルカラ、此ノ如キ電波ハ、地表面ニ到來スルコトガ、不可能ニナル。又此所ニ注意ス可キコトガアル。電離氣層ニ於テ屈折シタ電波ハ、長波長ノモノデアレ、又短波長ノモノデアレ、皆地表面ニ到來スルカト云フト、

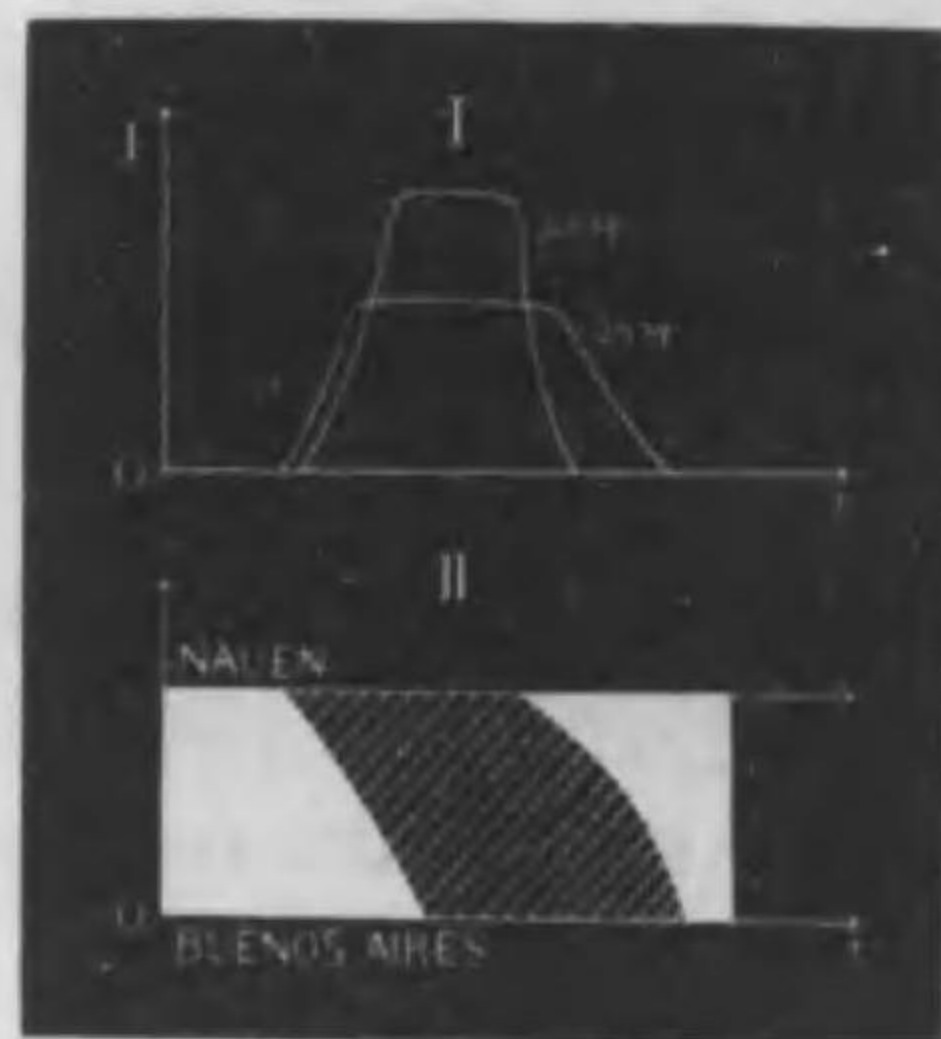
無論決シテ然ラズ唯ダ廣大ナル空間ヲ傳播シ去テ復タ還ラザルモノガ多イノデアアル。尙此所ニ一言ス可キコトガアル。屈折シタ電波ガ、地表面ニ於テ反射スルト、上ニ述ベタガ、此ノ如キ反射ノ起ルニハ、乾土ヤ濕土ノ場合ヨリモ、海水面ノ場合ノ方ガ、無論有利デアアル。實際上記電波ノ反射ハ、海水面ニ於テ起ル場合ガ、多イノデアアルマイ乎。

次ニ述ブ可キ重要ナルコトハ、晝夜ニ於ケル短波長電波ノ傳播状態デアアル。獨國ノナウエント、南米アルゼンチン國ノ首府ブエノスアイレス間ニ於テ、嘗テ行ハレタ、短波長電波ニ關スル研究結果ノ一例ヲ、此所ニ記述シヤウ。ナウエントブエノスアイレス間ノ距離ハ、約 12000 km デアリ、ソウシテ其時差ハ、約 5 時間デアアル。

以下簡單ナル爲メ、前所地名ヲ、N デ略示シ、後所地名ヲ、B デ略示シヤウ。第 85 圖ノ I ハ、N カラ送波シ、之ヲ B ニ於テ受波シタ結果ヲ示ス。使用シタ電

波ハ、波長 30 メートルト、26 メートルノモノデアアル。横軸ニハ、B ノ時ヲ表ハシ、ソウシテ縦軸ニハ、受波ノ強度 I ヲ表ハシテアル。

圖ノ II ニ於テハ、横軸ニ B ノ時ヲ表ハシ、ソウシテ之ニ平行ナル、上部ノ横軸ニ、N ノ時ヲ表ハシテアル。圖ノ白色部ハ、晝間ヲ



85

1. Nauen. 2. Argentin. 3. Buenos Aires.

表ハシ、ソウシテ斜影線ヲ附スル部ハ、夜間ヲ表ハシテアル。圖ヲ一見スレバ、直ニ分カル通り、N ノ日没ハ、B ノ日没ヨリモ早ク、又 N ノ日出ハ、B ノ日出ヨリモ早イノデアアル。N ノ日没後ト、B ノ日没トノ期間ニ於テハ、其中途既ニ日没ノ所モアラウ。故ニ N ノ日没後或ル時間、例ヘバ二時後ニ、N カラ送波スルトスレバ、電波ガ B マデ進達スルニハ、其途中夜間ノ場所モアリ、又晝間ノ場所モアルノデアアル。然ルニ之ニ反シ、B ノ日没後ト、N ノ日出前ノ期間ニ於テ、N カラ送波スルトスレバ、電波ガ通過スル途中ハ、全部夜間ニ屬スルノデアアル。

圖ノ I ニ於ケル曲線ヲ一見スレバ、明カナル通り、先ヅ波長 30 メートルノ場合ニハ、晝間ニ於テハ、N カラ發送シタ電波ハ、殆ド B ニ到達セス。電波ガ B ニ到達スルニハ、電波行路ノ或ル部分ガ、少クトモ夜間ニ屬シテアラネバナラス。然リ電波ノ行路ガ、夜間ニ屬スル程、B ニ於ケル受波強度ハ増進スル、隨テ全部夜間ニ於テハ、此強度ハ最大トナル。

次ニ波長 26 メートルノ場合ニハ、之ヲ上記波長 30 メートルノ場合ト、比較スレバ、其趣ヲ異ニシテアル。此場合ニ於テハ、曲線ガ示ス如ク、電波行路ガ、殆ド全部晝間ニ屬スル場合デモ、N ト B トノ間ニ於テ、電波ノ發受ガ出來ル様デアアル。換言スレバ、波長 26 メートルノ場合ハ、波長 30 メートルノ場合ヨリモ、電波ノ發受上有利デアアル。此所ニ一言セネバナラス。上記ノコトハ、固ヨリ一例ニ過ギナイノデアアル。然レド、他ノ諸實驗結果カラ考フルト、或ル範圍内ニ於テ、晝間ノ送波ニハ、波長ガ短カキ程、有利ナル様デアアル。コレハ、シカアル可キコトト、考ヘラルルノデアアル。

何故デアラカト云フト、前ニ述べタ通り、波長ガ短カキ程、電離氣層ニ於ケル、電波行路ノ曲率ガ、小ナルカラデアル。

上記ノ如ク、短波長電波ノ場合ニ於テハ晝夜ノ別ニ從テ、其傳播状態ニ、顯著ナル差異ガアル。此ノ如キ差異ハ、無論獨リ短波長電波ノミナラス、又長波長電波ノ場合ニモ、存在スルノデアル。此現象ヲ説明スルニハ、此所ニ豫メ所謂ヘビ¹サイド層ト稱スルモノヲ、考ヘネバナラス。

1902年ニ英國ノヘビ¹サイドハ、空氣ノ上層ニ、一ノ導電的層ガ存在スルデアラウト云フ説ヲ、公ニシタノデアル。此層ノ高サハ、約80キロメートル乃至100キロメートル程度ノモノト、考ヘラレタアル。此ノ如キ導電的層ガ、存在スルト假定スレバ、無線電信上ニ於ケル、電波ノ傳播ヲ説明スルコトニ於テ、甚ダ有利デアル。此所ニ一言セネバナラス。同年即1902年ニ、又米國ノケンネリ²ハ、空氣ノ上層、約80キロメートルノ高所ニ於テ、此ノ如キ導電的層ガ、存在スルデアラウト云フ説ヲ、吐イタノデアル。

然ラバヘビ¹サイド層ハ、果シテ如何ナルモノデアル乎。コレハ矢張一ノ電離氣層デアルト、考ヘラレ得ルノデアル。第80圖ニ示ス如ク、80キロメートル乃至100キロメートルノ氣層ト言ヘバ、其成分ハ殆ド全ク水素分子ノミデアルト考ヘテヨイ。ソウシテ、之ニ相當スル氣壓ハ、0.033ミリメートル、乃至0.024ミリメートルデアル。隨テ此ノ如キ氣層ニ於テハ、電離イオンノ衝突ハ、甚ダ少イデアラウ。果シテ然ラバ、ヘビ¹サイド層ハ、晝夜ノ別ナク、現存スルデアラウ、即其電離状態ヲ持續スルデアラウ。ヘビ

1. Heaviside layer. 2. Kennelly.

1サイド層ニ向テ、上進スル電波ハ、之カラ反射スルト云フ説ガアル。然レドモ、此ノ如キ層ハ、果シテ劃然タル限界面ヲ有スルモノデアル乎。要スルニ、ヒベ¹サイド層ノ性質ニ關シテハ、尙大ニ研究セネバナラス、未ダ以テ斷定的ノ決論ヲ下スコトハ、出來ナイノデアル。

サテ晝夜ノ別ニ從テ、何故ニ電波ノ傳播状態ニ、顯著ナル差異ガ有ル乎。其原因ハ電離氣層ノ高低ニ存スルノデアル。前ニ述べタ通り、晝間ニ於テハ、空氣ノ上層ハ、日光中ニ含有セララル、極端紫外線、即シユウマン波ノ作用下ニ、盛ニ電離セララルノデアル。然ルニ日没後ニナルト、即夜間ニナルト、一旦此ノ如ク電離セラレタ、空氣分子隨テ酸素、窒素、水素ノ諸分子ニ於テハ、所謂再合¹ト稱スル現象ガ起リ、舊狀即電氣的中和状態ニ復歸スルノデアル。換言スレバ、晝間ニ於テハ、空氣ノ上層、例ヘバ50キロメートル乃至60キロメートル程度ノ上層ハ、電離ノ状態ニ在テ、多數ノ電離イオンガ之ニ存在スル。然ルニ之ニ反シテ、夜間ニ於テハ、此ノ如キ電離氣層ハ消滅シ、唯ダ殘存スルノハ、所謂ヘビ¹サイド層ノミデアラウ。

此ノ如ク述べ來レバ、晝夜ニ關スル電波傳播ノ差異ハ、之ヲ説明スルコトガ出來ル。晝間ニ於テハ、電離氣層ガ低イカラ、此氣層ニ向テ上進スル電波ノ中、或ル電波ハ早ク屈折シテ、地表面ニ到來スルデアラウ。然ルニ夜間ニ於テハ、電離氣層ハ、80キロメートル乃至100キロメートルノ高所ニ存在スル、ヘビ¹サイド層デアラカラ、之ガ爲ニ屈折スル電波ハ、比較的遠距離ニ於テ、地表

1. Recombination.

面ニ到來シ得ルノデアアル。

此所ニ一言ス可キコトガアル。低イ電離氣層ニ於テハ、氣壓ガ餘リ小ナラザル故、電離イオンノ自由行路ハ、比較的短イ、隨テ相互衝突ノ現象モ起リ、之ガ爲ニ電波ノエネルギーガ、幾分カ吸收消費ナルルコトニナル。此ノ如キ電波エネルギーノ吸收ハ、既ニ第4節ト、第6節ニ於テ述ベタノデアアル。第6節ノ(24)式ニ據レバ、此吸收ハ電波ニ於ケル電氣振動數ノ二乗ニ逆比例スル、隨テ波長ノ二乗ニ正比例スルノデアアル。故ニ電波ノ波長ガ短キ程、吸收ハ少クナルノデアアル。

更ニ此所ニ一言セネバナラス。電離氣層ガ低イ場合ニハ、此ノ如ク吸收現象ヲ考ヘネバナラスガ、高イ電離氣層、隨テヘビ1サイド層ニ於テハ、電離イオンノ衝突ヲ無視シテモ、大ナル誤無カラウ。然リ第(5)式、隨テ第(12)式ハ、イオンノ衝突ヲ無視シテ、算出シタモノデアアル。此所ニ又更ニ一言ス可キコトガアル。ヘビ1サイド層ノ上部ニ、若シ或ル電子群ガ存在スルト假定スレバ、前ニ記載シタ表ノ第二欄(II)ニ示ス如ク、 dN/dz ノ値ハ、之ヲ水素分子ノ場合ニ比較スルト、遙ニ少イノデアアル。太陽ノ表面カラ脱出襲來スル電子モ有リ得ルカモ知レヌ、隨テ此ノ如キ電子群ガ、或ハ有ルカモ知レヌ。

上述ノコトハ、餘リ繁長ニナツタカラ、此所ニ約言シテ、要旨ヲ述ブルコトガ必要デアアル。第4節、第6節及第7節ニ述ベタ通り、電波ガ電離氣層ヲ通過スルトキハ、屈折現象ガ起ルノデアアル。故ニ地表面ノ或ル場所カラ、上部ノ電離氣層ニ向テ發進スル電波ハ、之ガ爲ニ屈折シ、或ル電波ハ再ビ地表面ニ歸來スルコトニ

ナル。地表面ノ彎曲ヲ制服シテ、電波ガ遠大ナル距離ニ進達スルノハ、是レ其屈折現象ニ基因スルト、考ヘテヨイノデアアル。晝夜ノ別ニ從テ、電波ノ傳播ニ一大差異アルノハ、電離氣層ノ高低ニ因ルノデアアル。屈折スル電波ノ行路ニ於ケル曲率ハ、波長ガ短カケレバ、短キ程小デアリ、之ニ反シ波長ガ長ケレバ、長キ程大デアアル。單ニ大遠距離送波ヲ遂行スル點ニ於テハ、短波長ノ電波ガ有利デアアル。電波ノ遠距離通達ハ、ヘビ1サイド層ニ於ケル反射ヲ以テ、之ヲ解釋シ得ルトイフ説モアルガ、予ハ上記ノ如キ屈折現象ヲ以テ、之ヲ説明シ得ルト考フルノデアアル。無線電信上ニ於ケル、電波ノ傳播ニ關シテハ、尙大ニ進ンデ之ヲ研究セネバナラス、今直ニ斷定的ノ論決ヲ下スコトハ、固ヨリ大早計ノコトデアアル。

9. 磁カノ作用スル電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播.

第4節、第6節及第7節ニ於テ、電波ガ電離氣層ヲ通過スル場合ニ起ル、影響ヲ論述シタ。今氣層ガ唯ダ電離状態ニ在ルノミナラズ、又一ノ外部的磁カガ、之ニ作用スルトスレバ、其結果トシテ、如何ナル影響ガ起ルデアラウ乎、之ヲ考フルノガ、本節ノ目的デアアル。

電離氣層内ニ於ケル、陰陽イオンノ總數ヲ、單位容積、即一立方センチメートル毎ニ、 N デアルトシヤウ。電波ニ於ケル電力ノ x, y, z ニ分値ヲ、各々 X, Y, Z トシ、之ニ伴フ磁カノ x, y, z ニ分値ヲ、各々

L, M, N トシ, ソウシテイオンノ坐標ヲ, 一般ニ ξ, η, ζ デ表ハソウ.

先ヅ第一ニ, z 軸ノ方向ニ就テ考ヤウ. e ヲ各イオンノ電荷トシ, ソウシテ電力 Z ノ作用ノ下ニ, 陽イオンガ獲得スル速度ヲ, $d\zeta/dt$ トシヤウ. ソウスルト, 此陽イオンニ基因スル, 輸動電流ノ z 分値ハ

$$e \frac{d\zeta}{dt}$$

デアル. 次ニ陰イオンハ, 電力 Z ノ作用下ニ, 陽イオント反對ナル方向ニ, 同一ノ速度ヲ獲得スル, 随テ一ノ輸動電流ヲ生ズルノデアル. 然ルニ此ノ如キ陰イオンノ輸動電流ハ, 結果ニ於テ, 陽イオンニ基因スル輸動電流ニ等シイノデアル. 何故デアルカト云フト, 陰イオンノ電荷ハ, 陽イオンノ電荷ト反對即 $-e$ デアリ, ソウシテ其運動ノ方向ガ, 反對デアルカラデアル. 故ニ總陰陽イオンニ基因スル輸動電流ノ z 分値ハ

$$Ne \frac{d\zeta}{dt}$$

デ表ハシテヨイ, 随テ電波ニ基因スル變位電流ノ z 分値ト, 此輸動電流ノ和ヲ, w デ表ハセバ

$$w = \frac{K}{4\pi c} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{Ne}{c} \frac{d\zeta}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

デアル. 但此式ニ於テ, c ト Z ハ, 靜電單位 C.G.S. デ表ハシテアルカラ, 電流ヲ電磁單位 C.G.S. ニ換算スル爲メ, 各項ヲ c デ除シテアル.

第一基礎電磁方程式ニ據リ

$$4\pi w = \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}$$

デアル, 随テ

$$4\pi \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y} \right) \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial M}{\partial t} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial L}{\partial t} \right)$$

デアル. 故ニ第二基礎第磁方程式ニ據リ

$$4\pi \frac{\partial w}{\partial t} = c \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z} \right) - c \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x} \right) \\ = c \left\{ \nabla^2 Z - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} \right) \right\}$$

デアル. 然ルニ

$$\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z} = 0$$

デアルカラ

$$4\pi \frac{\partial w}{\partial t} = c \nabla^2 Z$$

デアル. トコロガ, (1) 式ヲ t ニ對シテ微分スレバ

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{K}{4\pi c} \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} + \frac{Ne}{c} \frac{d^2 \zeta}{dt^2}$$

デアルカラ, 直ニ次式ヲ得ル.

$$\frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} + \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \zeta}{dt^2} = \nabla^2 Z.$$

同様ニ x 軸ノ方向ト, y 軸ノ方向トニ就テ考フレバ, 同型ノ微分方程式ヲ得ル, 即一括シテ書ケバ, 下記ノ通りデアル.

$$\left. \begin{aligned} \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} &= \nabla^2 X - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \xi}{dt^2}, \\ \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} &= \nabla^2 Y - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \eta}{dt^2}, \\ \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} &= \nabla^2 Z - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \zeta}{dt^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2).$$

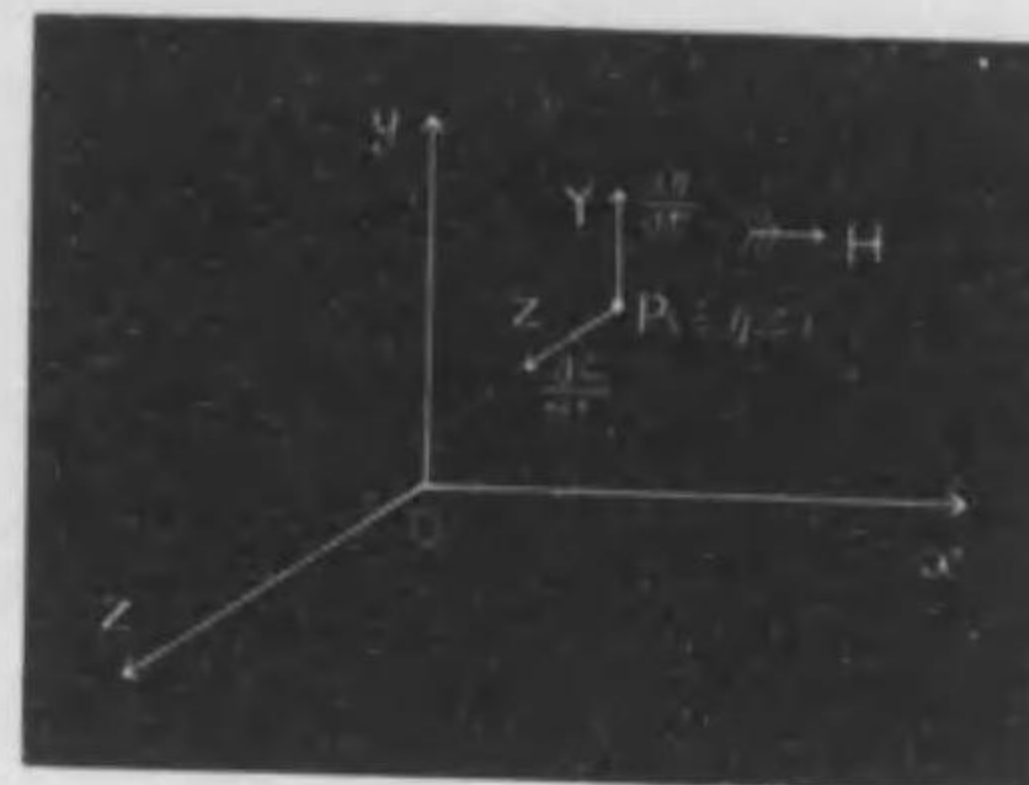
ナライオンガノ電場ニ存在スルトキハ、之ニ電氣的力ガ作用スル。又イオンガ或ル速度ヲ以テ、一ノ磁場ニ運動スルトキハ、之ニ電磁的力ガ作用スル。電場ニ於ケル電力ノ x, y, z 分値ヲ、 X, Y, Z トシ、磁場ニ於ケル磁力ノ x, y, z 分値ヲ、 α, β, γ トシ、ソウシテイオンノ速度ノ x, y, z 分値ヲ、 $d\xi/dt, d\eta/dt, d\zeta/dt$ トスレバ、陽イオンノ運動方程式ハ、下記ノ通りデアル。

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi}{dt^2} &= \frac{e}{m} \left\{ X + \frac{1}{c} \left(\gamma \frac{d\eta}{dt} - \beta \frac{d\zeta}{dt} \right) \right\}, \\ \frac{d^2 \eta}{dt^2} &= \frac{e}{m} \left\{ Y + \frac{1}{c} \left(\alpha \frac{d\zeta}{dt} - \gamma \frac{d\xi}{dt} \right) \right\}, \\ \frac{d^2 \zeta}{dt^2} &= \frac{e}{m} \left\{ Z + \frac{1}{c} \left(\beta \frac{d\xi}{dt} - \alpha \frac{d\eta}{dt} \right) \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3).$$

此式ハ電場ト磁場ガ共存スル場所ニ於ケル、陽イオンノ運動ヲ決定スル、一般的式デアル。小括弧内ノ量ハ、第二卷第三章第26節ヲ参照スレバ、明カナル通り、磁場ニ基因スル電磁的力ヲ表ハスノデアル。

譲テ考フルニ、本論ノ目的ハ、磁力ノ作用スル電離氣層ニ於ケル、電波ノ傳播ニ關スルモノデアル。本論ニ於テハ、一ノ特別ナル場合、シカモ甚ダ重要ナル場合ヲ考ヤウ。即第86圖ニ示ス如ク、考フル所ノ磁場ニ於ケル磁力ハ、矢デ示ス通り、 x 軸ノ正方向

ニ作用スルトシヤウ、ソウシテ一ノ平面的電波ガ、此方向ニ進行シテラルトシヤウ。此ノ如キ場合ニ於テハ、電力ノ x 分値ハ零デアリ、ソウシテ、磁力ノ y, z 分値 β, γ ハ零デアル。随テ上記イオンノ一般の運動方程式ハ、次記ノ簡單ナル形ヲトル。



86

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \eta}{dt^2} &= \frac{e}{m} \left(Y + \frac{H}{c} \frac{d\zeta}{dt} \right), \\ \frac{d^2 \zeta}{dt^2} &= \frac{e}{m} \left(Z - \frac{H}{c} \frac{d\eta}{dt} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4).$$

但此式ニ於テ、 H ハ x 軸ノ方向ニ作用スル磁力デアル。

故ニ本問題ハ、上式(4)ト、(2)ノ第二及第三式、即

$$\left. \begin{aligned} \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} &= \nabla^2 Y - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \eta}{dt^2}, \\ \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} &= \nabla^2 Z - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \zeta}{dt^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

ニ由テ、決定スルノデアル。

電波ニ於ケル電力ハ、無論振動的ノモノデアルカラ、其作用下ニアルイオンノ坐標ハ、次式ヲ以テ表ハシテヨイ。

$$\left. \begin{aligned} \eta &= Ae^{-i\omega t}, \\ \zeta &= Be^{-i\omega t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6).$$

但此式ニ於テ、 $i = \sqrt{-1}$ デアル。

t ニ對シテ、上式ヲ微分スレバ

$$\begin{cases} \frac{d\eta}{dt} = -ip\eta, & \frac{d\zeta}{dt} = -ip\zeta, \\ \frac{d^2\eta}{dt^2} = -p^2\eta & \frac{d^2\zeta}{dt^2} = -p^2\zeta \end{cases}$$

デアールカラ、之ヲ(4)式ニ置換スレバ

$$\begin{cases} -p^2m\eta = eY - \frac{ipeH}{c}\zeta \dots\dots\dots (7), \\ -p^2m\zeta = eZ + \frac{ipeH}{c}\eta \dots\dots\dots (8) \end{cases}$$

デアール。故ニ(8)式ニ*i*ヲ乗ジ、之ヲ(7)式ニ加フレバ

$$-p^2m(\eta+i\zeta) = e(Y+iZ) - \frac{peH}{c}(\eta+i\zeta),$$

即

$$(\eta+i\zeta)\left(-p^2m + \frac{peH}{c}\right) = e(Y+iZ) \dots\dots\dots (9)$$

トナル、随テ

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \eta+i\zeta, \\ \chi_r &= Y+iZ \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

トオケバ、直ニ次式ヲ得ル。

$$\sigma_r\left(-p^2m + \frac{peH}{c}\right) = e\chi_r \dots\dots\dots (11).$$

同様ニ

$$\left. \begin{aligned} \sigma_i &= \eta-i\zeta, \\ \chi_i &= Y-iZ \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

トオケバ、次式ヲ得ルノデアール。

$$\sigma_i\left(-p^2m - \frac{peH}{c}\right) = e\chi_i \dots\dots\dots (13).$$

然ルニ(5)式ニ於ケル第二式ニ*i*ヲ乗ジテ、之ヲ第一式ニ加フ

レバ

$$\frac{K}{c^2} \left(\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + i \frac{\partial^2 Z}{\partial t^2} \right) = \nabla^2 Y + i \nabla^2 Z - \frac{4\pi Ne}{c^2} \left(\frac{d^2 \eta}{dt^2} + i \frac{d^2 \zeta}{dt^2} \right)$$

デアール、随テ

$$\frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2} = \nabla^2 \chi_r - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \sigma_r}{dt^2} \dots\dots\dots (14)$$

デアール。又同様ノ運算ヲ施セバ、明ニ次式ヲ得ルノデアール。

$$\frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 \chi_i}{\partial t^2} = \nabla^2 \chi_i - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{d^2 \sigma_i}{dt^2} \dots\dots\dots (15).$$

トコロガ、(11)及(13)式ニヨリ、各々

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d^2 \sigma_r}{dt^2} &= \frac{e}{-p^2m + \frac{peH}{c}} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2}, \\ \frac{d^2 \sigma_i}{dt^2} &= \frac{e}{-p^2m - \frac{peH}{c}} \frac{\partial^2 \chi_i}{\partial t^2} \end{aligned} \right.$$

デアールカラ、各々之ヲ上式(14)ト(15)ニ置換スレバ

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2} &= \nabla^2 \chi_r - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{e}{-p^2m + \frac{peH}{c}} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2}, \\ \frac{K}{c^2} \frac{\partial^2 \chi_i}{\partial t^2} &= \nabla^2 \chi_i - \frac{4\pi Ne}{c^2} \frac{e}{-p^2m - \frac{peH}{c}} \frac{\partial^2 \chi_i}{\partial t^2}, \end{aligned} \right.$$

即

$$\left[\frac{1}{c^2} \left(K + \frac{4\pi Ne^2}{-p^2m + \frac{peH}{c}} \right) \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2} = \nabla^2 \chi_r \dots\dots\dots (16), \right.$$

$$\left. \left[\frac{1}{c^2} \left(K - \frac{4\pi Ne^2}{p^2m + \frac{peH}{c}} \right) \frac{\partial^2 \chi_i}{\partial t^2} = \nabla^2 \chi_i \dots\dots\dots (17) \right. \right.$$

トナル。然ルニ本論ノ場合ニ於テハ、 χ_r ト χ_i ハ、坐標ニ關シテハ、

單ニ x ノミノ函數デアアル,隨テ

$$\begin{cases} \nabla^2 \chi_r = \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial x^2}, \\ \nabla^2 \chi_l = \frac{\partial^2 \chi_l}{\partial x^2} \end{cases}$$

デアアル. 故ニ上式(16)ト(17)ハ,各々次記ノ通りニナル.

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial t^2} = \frac{1}{c^2 \left(K + \frac{4\pi N e^2}{-p^2 m + \frac{peH}{c}} \right)} \frac{\partial^2 \chi_r}{\partial x^2} \dots\dots (18), \\ \frac{\partial^2 \chi_l}{\partial t^2} = \frac{1}{c^2 \left(K - \frac{4\pi N e^2}{p^2 m + \frac{peH}{c}} \right)} \frac{\partial^2 \chi_l}{\partial x^2} \dots\dots (19). \end{cases}$$

此二式ハ,第二章第3節ニ述ベタ,波動微分方程式

$$\frac{\partial^2 \chi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} \dots\dots (20)$$

ト同型ノモノデアアル. 故ニ(18)式ト(19)式ハ,一ノ波動ヲ表ハスモノデ,其速度ヲ各々 v_r ト v_l デ表ハセバ

$$\begin{cases} v_r^2 = \frac{c^2}{K + \frac{4\pi N e^2}{-p^2 m + \frac{peH}{c}}} \dots\dots (21), \\ v_l^2 = \frac{c^2}{K - \frac{4\pi N e^2}{p^2 m + \frac{peH}{c}}} \dots\dots (22) \end{cases}$$

デアアル.

χ_r ト χ_l ハ,上述ノ通り,各々波動ヲ表ハスモノデアアルカラ,先ヅ(10)式ニ於テ

$$Y + iZ = ae^{ip\left(t - \frac{x}{v_r}\right)}$$

トシヤウ. トコロガ

$$e^{ip\left(t - \frac{x}{v_r}\right)} = \cos p\left(t - \frac{x}{v_r}\right) + i \sin p\left(t - \frac{x}{v_r}\right)$$

デアアルカラ

$$\begin{cases} Y = a \cos p\left(t - \frac{x}{v_r}\right) \dots\dots (23), \\ Z = a \sin p\left(t - \frac{x}{v_r}\right) \dots\dots (24) \end{cases}$$

デアアル. コレハ何ヲ表ハスカト云フト, x 軸ニ對シ,明ニ右廻圓的偏向波¹ヲ表ハス,ソウシテ此波動ハ,速度 v_r ヲ以テ, x 軸ノ正方向ニ進行スル.

次ニ(12)式ニ於テ

$$Y - iZ = ae^{ip\left(t - \frac{x}{v_l}\right)}$$

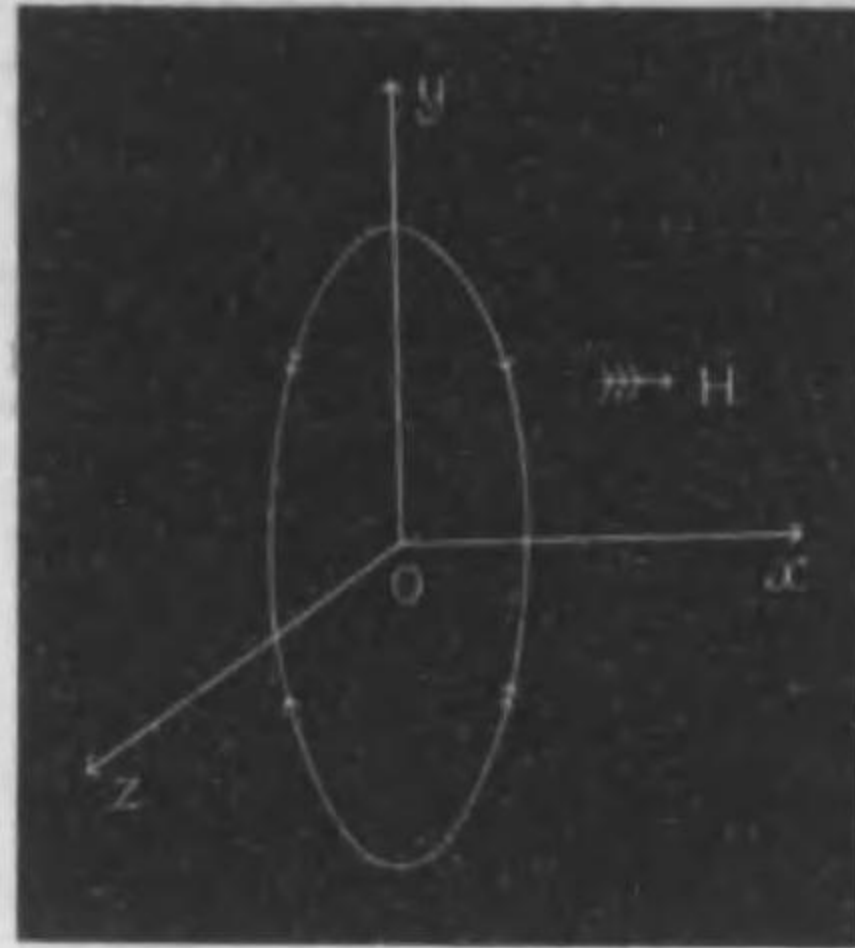
トシヤウ. ソウスルト

$$\begin{cases} Y = a \cos p\left(t - \frac{x}{v_l}\right) \dots\dots (25), \\ Z = -a \sin p\left(t - \frac{x}{v_l}\right) \dots\dots (26) \end{cases}$$

デアアル. コレハ何ヲ表ハスカト云フト, x 軸ニ對シ,明ニ左廻圓的偏光波²ヲ表ハス,ソウシテ此波動ハ,速度 v_l ヲ以テ, x 軸ノ正方向ニ進行スル. 第87圖ニ於ケル複矢ハ,右廻圓的偏向波ニ相當スル,右廻圓運動ヲ表ハシ,ソウシテ單矢ハ,左廻圓的偏向波ニ相當スル,左廻圓運動ヲ表ハスノデアアル.

1. Right-handed circularly polarized wave. 2. Left-handed circularly polarized wave.

上記右廻圓の偏向波ノ速度ト、左廻圓の偏向波ノ速度ハ、其値ヲ異ニスル、隨テ其結果トシテ、光學上ニ於テ、ヨク知レテヲル通り、偏向面ノ廻轉¹ガ、起ルコトニナルノデアアル。



87

電波ニ於ケル電氣振動ノ方向ハ、一定シテヲル、即電波ハ平面的偏向波²デアアル。故ニ磁力ノ作用

スル電離氣層ヲ、電波ガ通過スル際ニハ、速度ノ異ツタニツノ圓の偏向波ト爲リ、其結果トシテ、偏向面ガ廻轉スルコトニナル。右廻及左廻圓の偏向波ニ於ケル屈打率ヲ、各々 v_r, v_l トスレバ、(22)及(22)式ニヨリ

$$\left\{ \begin{aligned} v_r^2 &= \frac{c^2}{v_r^2} \\ &= K + \frac{4\pi N e^2}{\frac{p e H}{c} - p^2 m} \dots\dots\dots (27), \\ v_l^2 &= \frac{c^2}{v_l^2} \\ &= K - \frac{4\pi N e^2}{\frac{p e H}{c} + p^2 m} \dots\dots\dots (28) \end{aligned} \right.$$

デアアル。

空氣ノ場合ニハ、 $K=1$ デアアルカ、上式ハ各々下記ノ通りニ、書イテヨイ。

1. Rotation of plane of polarization. 2. Plane-polarized wave.

$$\left\{ \begin{aligned} v_r^2 &= 1 + \frac{4\pi N e^2}{\frac{p e H}{c} - p^2 m} \dots\dots\dots (29), \\ v_l^2 &= 1 - \frac{4\pi N e^2}{\frac{p e H}{c} + p^2 m} \dots\dots\dots (30). \end{aligned} \right.$$

特別ナル場合トシテ、 $H=0$ 、即磁場ガ存在セヌトキニハ、上式(29)、(30)ハ、簡單ニ次ノ通りニナル。

$$v^2 = K - \frac{4\pi N e^2}{p^2 m} \dots\dots\dots (31),$$

故ニ第7節ニ述ベタ場合ハ、無論本節ノ特別ナル場合トシテヨイノデアアル。

索引

A

アムペア 22
 亞鈴形振動器 73

B

ベクトル解折 24
 ベクトル 24
 ベクトル積 27, 29
 バイクハウゼン(Barkhausen) 195, 199
 暮光 305
 ブエノスアイレス(Buenos Aires) 314

C

カール 35
 curl grad 36
 curl² 37
 直線振動器ニ基因スル電磁場 . 101
 直線振動器カラ輻射スル電磁
 エネルギー 125
 蓄電器ヲ有スル經由電路 173
 蓄電器ヲ有スル架空線ノ固有
 電氣振動 175
 蓄電器ト回線ヲ有スル架空線
 ノ固有電氣振動 186
 窒素分子ノ平均自由行路 285
 跳越距離 301
 跳越現象 310, 311

D

電磁單位 6
 ダイバルチエンス 34
 div curl 36
 div grad 37
 電磁波 54
 電波 57
 電磁光説 57
 電磁波ノエネルギー 65
 電磁波ノ速度 66, 111
 チリクリイ(Dirichlet) 131
 第一調和固有振動 163
 電磁波ノ反射ト定常電磁波 . . . 213
 電磁波ニ對スル金屬ノ反射能 . 220
 チエレキ球ニ基因スル電波ノ
 散亂 233
 電磁波ノ吸收 250
 電波ノ屈折ニ關スル微分方程
 式 255
 電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播
 ニ關スルエックルスノ説 . . . 267
 電離氣層ニ於ケルイオンノ衝
 突 279
 電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播
 ニ關スルザルベターノ説 . . . 286
 電波ノ行路ノ曲率 275, 308
 電離氣層ニ於ケル電波ノ速度 . 275
 電離氣層ノ屈折率 278, 307

電離氣層ニ於ケル電波ノ傳播
ニ關スルライモアノ説 293
電離氣層ノチエレキ常數 . 292, 295,
297, 306
電離氣層ノ導電率 292
大規模的ガイスレル管 304

E

エネルギー流 70
エックルス (Eccles) 267

F

輻射抵抗 134

G

グレチエント 32
ガウス (Gauss) 44
ガウス系 44

H

ヘンリー 22
ハミルトン (Hamilton) 31
ハミルトンベクトル 31
波動微分方程式 46
平面波 52
平面的偏向波 62
ヘルツ (Hertz) 73
ヘルツ振動器ニ基因スル電磁
場 73
ヘルツ振動器ニ基因スル電磁
場ニ於ケル電力線 86

偏向的電磁球面波 108
ヘルツ振動器カラ輻射スル電
磁エネルギー 120
半導電的媒體ニ於ケル電磁波
ノ傳播 200
ハイゲン (Hagen) 223
半導電的媒體ノ表面ヲ沿フテ
進行スル電磁波 239
比屈折率 256
光ノ行路ヲ表ハス微分方程式 . 265
ヒース (Heath) 267
平均自由行路 280, 282
平均衝突數 284
ハルバート (Hulburt) 301
ハンス (Hanns) 302
北光 305
ヘビサイド (Heaviside) 316
ヘビサイド層 316, 317, 319
偏向面ノ廻轉 328

I

陰陽イオンニ基因スル輸動電
流 268
イオンノ衝突ニ關スル公算 . . 280

J

實用電磁單位系 20
前進波 49
磁波 57
自由行路 279
磁力ノ作用スル電離氣層ニ於

ケル電波ノ傳播 319

K

基礎的電磁方程式 40
却進波 49
球面波 52
屈折率トチエレキ常數 64
基礎電氣振動 153
架空線ノ固有電氣振動 155
經由電路 155
固有電氣振動 159
感應的リアクタンス . . 159, 161, 162
基礎固有振動 163
回線ヲ有スル經由電路 166
經由回線ヲ有スル架空線 170
回線ヲ有スル架空線ノ固有電
氣振動 181
架空線ノ有効高 192
回線ヲ有スル架空線ノ有効高 . 195
形態因數 195
金屬ノ反射能 221
金屬ノ吸收能 225
金屬板ニ於ケル反射ニ因テ生
ズル定常電磁波 225
光波ノ定常波 232
屈折法則 255
屈折能 260
屈折電波ノ曲率半徑 276
公算 280
空氣ノ溫度 302
空氣ノ氣壓 302

空氣ノ成分 303
極端紫外線 306
ケンネリー (Kennelly) 316

L

ラプラス (Laplace) 36
ラプラス オペレーター 36
ロイドレイリー (Lord Rayleigh)
. 238, 305
流星 305

M

マクスウェル (Maxwell) 57
無限長ノ導線ニ於ケル振動的
電位ト振動的電流 142
無線電信上ニ於ケル電流ノ傳
播 298

N

二ベクトルノスカラ積 25
二ベクトルノベクトル積 27
ナブラ (Nabla) 31
ナブラトスカラ積的函數 32
ナブラトベクトルノ
スカラ積 34
ナブラトベクトルノ
ベクトル積 34
ノウエン (Nauen) 314

O

オイム 22

オースチン—コヘン(Austin—Cohen)ノ實驗的式 298

P

ポインティング(Poynting). 66
ポインティングノ定理 66
ポインティングベクトル. 70

R

量元 1, 13
ロレション 35
リアクタンス. 159
リアクタンス論 190
ルーベンス(Rubens). 223
臨界角 261
ラーモア(Larmor). 293, 396

S

静電單位 1
静電單位系ト電磁單位系ニ於ケル量元 13
静電單位ト電磁單位トノ關係 . . 14
スカラ 14
スカラ積 25, 29
傘形架空線 196
散亂波 237
青空 238, 305
水素分子ノ平均自由行路 285
酸素分子ノ平均自由行路 285
ザルベタ1(Salpeter) 286, 293
死帯 301

シュウマン(Schumann) 306
シュウマン波 306
左廻圓的偏光波 327

T

對電振動器 73, 85
對電 85
多數ノヘルツ振動器ニ基因スル電場 91
玉城理學博士 100
單純架空線 170
單純架空線ノ有効高 194
T字形架空線ノ有効高 198
定常電磁波 217, 225
ターナー(Turner) 299
テイラー(Taylor) 301

W

ウィナー(Wiener) 232
ウェグナー(Wegener) 302, 303

Y

有限長ノ導線ニ於ケル定常電氣振動 147
容量的リアクタンス . 159, 161, 162
右廻圓的偏向波 327

Z

ツェンネック(Zenneck) 255
絶對屈折率 258
全内反射 261

昭和三年十月二十五日印刷
昭和三年十月二十八日發行

著作権登録

理論電氣學第四卷 十 定價金七圓

著作者 水野敏之丞

發行者 丸善株式會社
代表者取締役 山崎信興

印刷者 大久保秀次郎

印刷所 株式會社東京築地活版製造所

發行所

東京市日本橋區通三丁目

丸善株式會社

(郵便振替野金口座東京第五番)

發 行 所

◇支店及出張所◇

東京市神田區表神保町
 (郵便番号全日本東京部二八一六番)
 東京市芝區三田二丁目
 (郵便番号全日本東京部一八五二番)
 東京市牛込區早稲田町(早大正門前)
 (郵便番号全日本東京部七三三七番)
 東京市神田區丸の内ビルディング一階北通
 大阪市東區博愛町四丁目
 (郵便番号全日本大阪部七四〇番)
 神戸市明石町番付(元居留地)
 (郵便番号全日本大阪部六八六七番)
 京都市三條區御所町西人
 (郵便番号全日本大阪部一七三三番)
 名古屋市中区榮町六丁目
 (郵便番号全日本名古屋部二〇二五番)
 横浜市中区鶴天通二丁目
 (郵便番号全日本横浜部七四〇番)
 福岡市博多区上四町
 (郵便番号全日本福岡部五〇〇番)
 仙台市青葉区中央五丁目
 (郵便番号全日本仙台部一五〇番)
 札幌市北八條西四丁目
 (郵便番号全日本札幌部一〇八〇番)

丸 丸 丸 丸 丸 丸 丸 丸 丸 丸
 善 善 善 善 善 善 善 善 善 善
 株式 株式 株式 株式 株式 株式 株式 株式 株式 株式
 社 社 社 社 社 社 社 社 社 社
 札 仙 福 横 名 京 神 大 丸 早 三 神
 幌 臺 岡 濱 古 都 戸 阪 ノ 稲 田 田
 出 支 支 支 支 支 出 支 支 支 支 支
 張 支 支 支 支 支 張 支 支 支 支 支
 所 店 店 店 店 店 所 店 店 店 店 店

丸善株式会社發行・電氣書目

工学博士 大刀川平治著	特別高壓送電線路の研究	四六折 640頁 綴 綴 144種	定價 12 圓 送料 45錢
工学博士 大刀川平治著	農村と電氣	新 刊 250頁 綴 綴 22種	定價 2圓50錢 送料 15錢
工学博士 荒川文六著	電氣工學の實驗	四六折 475頁 綴 綴 152種	定價 5圓50錢 送料 27錢
工学博士 荒川文六著	電氣工學上巻	新 刊 500頁 綴 綴 200種	定價 4圓30錢 送料 27錢
同	電氣工學中巻	新 刊 670頁 綴 綴 370種	定價 5圓50錢 送料 27錢
同	電氣工學下巻	新 刊 850頁 綴 綴 250種	定價 7 圓 送料 27錢
工学博士 野田清一郎 <small>外四名共著</small>	實驗電氣工學 直流機組	新 刊 250頁 綴 綴 65種	定價 4 圓 送料 27錢
工学博士 吉川龜次郎著	蓄電池及其取扱法	新 刊 270頁 綴 綴 92種	定價 3圓80錢 送料 18錢
工学博士 吉川龜次郎著	工業電氣化學上巻	新 刊 328頁 綴 綴 119種	定價 5 圓 送料 18錢
同	工業電氣化學中巻	新 刊 274頁 綴 綴 143種	定價 2圓50錢 送料 18錢
同	工業電氣化學下巻	新 刊 272頁 綴 綴 229種	定價 2圓50錢 送料 18錢
工学博士 馬場禮次郎著	直流電機之故障と其取扱法	新 刊 310頁 綴 綴 150種	定價 4 圓 送料 18錢
工学博士 田中龍夫著	電機設計と應用	新 刊 261頁 綴 綴 91種	定價 4 圓 送料 18錢
工学士 北村末造著	水銀整流器の理論と應用	新 刊 530頁 綴 綴 200種	定價 5 圓 送料 27錢
早大工學士 横尾榮著	蓄電池の研究 第一巻	四六折 117頁 綴 綴 74種	定價 3 圓 送料 18錢
早大工學士 横尾榮著	船用蓄電池に就て	四六折 90頁 綴 綴 28種	定價 2 圓 送料 18錢
早大工學士 横尾榮著	乾電池製作法 <small>ご其特性 並試製法</small>	新 刊 100頁 綴 綴 18種	定價 2圓50錢 送料 18錢

丸善株式會社發行・電氣書目

理學博士 水野敏之著	理論電氣學 第一卷	四六頁 272頁 冊 冊 79種	定價 6圓50錢 送料 27錢
同	理論電氣學 第二卷	四六頁 381頁 冊 冊 114種	定價 8 圓 送料 27錢
同	理論電氣學 第三卷	四六頁 354頁 冊 冊 109種	定價 7圓50錢 送料 27錢
同	理論電氣學 第四卷	四六頁 336頁 冊 冊 97種	定價 7 圓 送料 27錢
同	電子及原子論大要	系列 216頁 冊 冊 67種	定價 4圓50錢 送料 15錢
同	無線電話大要	系列 216頁 冊 冊 67種	定價 4 圓 送料 15錢
工學博士 披山平一著	電磁氣學 第一卷	四六頁 516頁 冊 冊 94種	定價 6 圓 送料 27錢
工學博士 森兵吾著	日常生活之電氣	四六頁 176頁 冊 冊 49種	定價 1圓50錢 送料 15錢
工學博士 風秀太郎著	東京電流工學部論叢第一編 交流理論	四六頁 192頁 冊 冊 115種	定價 5圓30錢 送料 27錢
同	東京電流工學部論叢第二編 變壓器及誘導電動機	四六頁 392頁 冊 冊 222種	定價 8 圓 送料 27錢
同	東京電流工學部論叢第三編 波動振動及避雷	四六頁 576頁 冊 冊 314種	定價 8圓50錢 送料 27錢
工學士 磯野達一著	誘導電動機第一卷 誘導電動機大要	四六頁 568頁 冊 冊 95種	定價 7 圓 送料 27錢
同	誘導電動機第二卷 誘導電動機取扱法	四六頁 576頁 冊 冊 150種	定價 8圓50錢 送料 26錢
同	誘導電動機第三卷 誘導電動機計算	四六頁 739頁 冊 冊 287種	定價 9 圓 送料 26錢
同	誘導電動機第四卷 誘導電動機の應用	四六頁 583頁 冊 冊 165種	定價 8 圓 送料 26錢
工學士 後藤文雄著	直流電機上卷	系列 280頁 冊 冊 217種	定價 5圓30錢 送料 27錢
中條清三郎著	電氣計算法	系列 430頁 冊 冊 15種	定價 5圓30錢 送料 27錢

367-10
1200501416422
367
0

終