

## Enige recente toepassingen der radio- en radartechniek in de natuurkunde.

door C. J. Gorter

Verslag verzorgd door, en onder verantwoordelijkheid van J. Piket, van een voordracht gehouden voor het Ned. Radiogenootschap op 1 October 1948.

In de jaren 1925-1930, toen spreker nog studeerde te Leiden, werden door zijn leermeester Ehrenfest regelmatig colloquia geleid te Eindhoven, op het Philips-laboratorium. Hij herinnert zich na zulk een colloquium deze geleerde te hebben horen verklaren: „er ontwikkelen zich daar methoden van onderzoek en meetmethoden, waarvan ik zelf niets begrijp, maar die van fundamenteel belang zullen worden voor de ontwikkeling der natuurkunde”. Inderdaad zijn sedert die jaren de hulpmiddelen in de natuurkundige laboratoria, ook in Leiden, sterk veranderd. En in alle takken der natuurkunde zijn thans de electronische apparaten en methoden doorgedrongen.

Spreker zelf wil zich hier alleen beperken tot zijn eigen terrein, dat in het algemeen het onderzoek omvat van het gedrag van materie onder invloed van electromagnetische velden afkomstig van electronische oscillatoren. De hierbij optredende materiaalverschijnselen zijn direct in twee groepen te verdelen:

- A. Relaxatieverschijnselen.
- B. Resonantieverschijnselen.

### *A. Relaxatieverschijnselen.*

In de aan de elektrische, magnetische of electromagnetische velden blootgestelde materie worden bij elementaire delen daarvan bewegingen opgewekt, die meest door het reciproke effect uitwendig wederom te meten zijn. Meestal (behalve bij metalen) kan aangenomen worden, dat proefobjecten in alle punten ervan aan gelijke condities zijn onderworpen. De opgewekte bewegingen kunnen nu bij de hier bedoelde verschijnselen voldoende nauwkeurig beschreven worden met eenvoudige lineaire differentiaalvergelijkingen van de 1e orde, dus van het type:

$$\frac{y}{R} + C \dot{y} = F(t)$$

$y$  stelt hierin een van de toepassing afhankelijke bewegingscoördinaat voor en kan b.v. in het in fig 1a getekende electrisch

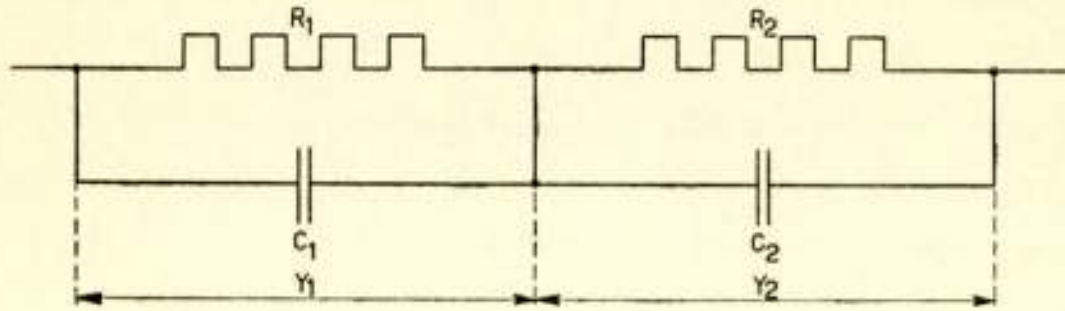


Fig. 1a.

analogon vergeleken worden met de electrische spanning op een deelcircuit van weerstand en capaciteit parallel geschakeld.  $F(t)$  is uitsluitend een functie van de tijd. Men vindt, zoals bekend, voor de verhouding

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{\frac{1}{R_2} + j\omega C_2}{\frac{1}{R_1} + j\omega C_1},$$

waarvan het reële en het imaginaire deel als functie van de frequentie worden voorgesteld door grafieken van de gedaante van resp. de getrokken en gestippelde krommen van fig. 1b, de

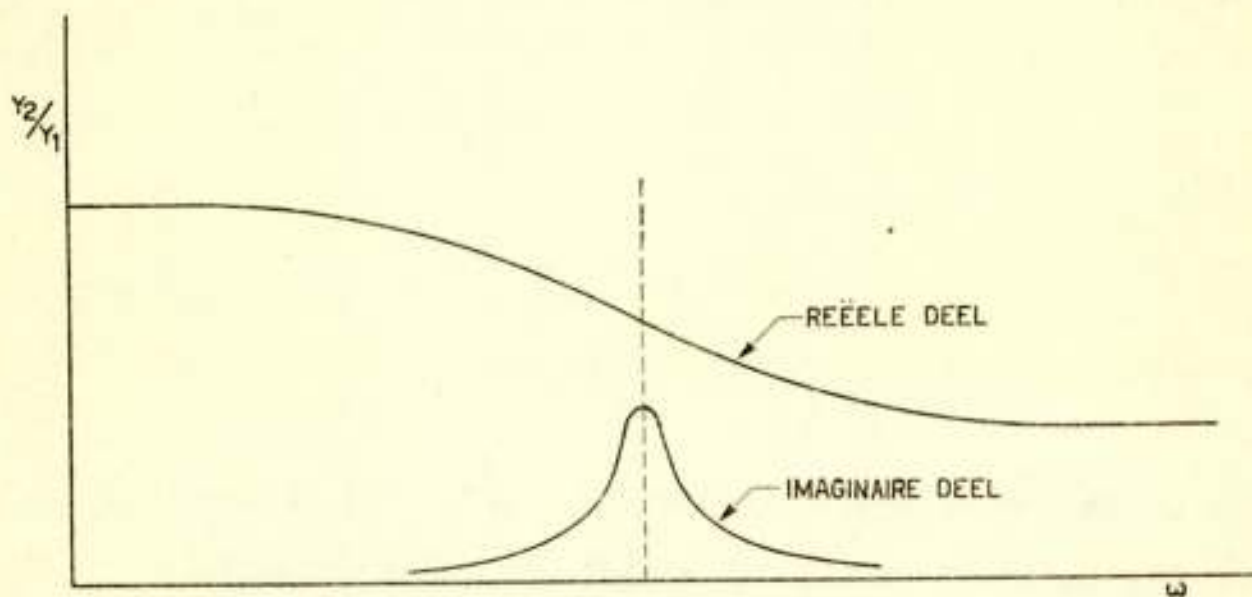


Fig. 1b.

eerste uitbeeldend (in physische taal) de dispersie, de tweede de absorptie in het materiaal.

Het is duidelijk, dat het karakter van de getekende krommen alleen door de aangegeven differentiaalvergelijking wordt

bepaald; zij beelden een of ander physisch gebeuren uit, wanneer dat met voldoende benadering mathematisch door een eerste-orde lineaire vergelijking kan worden beschreven.

Hiervan kunnen verscheidene voorbeelden genoemd worden:

1) *Electrische relaxatie* van (electrische) dipolen, een verschijnsel dat theoretisch en technisch reeds grondig bestudeerd werd. Vanzelfsprekend kwamen dus achtereenvolgens Wagner en Debye bij het ontwerpen van theoriën voor de gevonden experimentele resultaten op dezelfde wiskundige formulering uit; alleen de theorie van Debye, die wrijving van de dipolen tijdens de beweging vooropstelt, heeft zich van de twee gehandhaafd, omdat er meer mee verklaard kon worden.

2) *Paramagnetische relaxatie* van (magnetische) dipolen. Ook hier worden experimentele resultaten door soortgelijke krommen beschreven, al zijn er physisch belangrijke verschillen aan te geven; de magnetische dipolen hebben een tol-karakter: bij het aanleggen van een uitwendig veld voeren zij praecessie-bewegingen uit rond de veldrichting. Verandering van het dipoolmoment in de veldrichting treedt slechts op dank zij onderlinge wisselwerking of wisselwerking met de omgeving (Verandering van het *electrische* dipoolmoment in de veldrichting wordt door het veld direct teweeggebracht en treedt op *ondanks* wisselwerking met de omgeving).

Het bestuderen van deze wisselwerking, die behalve frequentie, ook temperatuurafhankelijk is, is jarenlang sprekers voornaamste werk geweest in Groningen en Amsterdam.

(De paramagnetische stoffen vormen een onontbeerlijk hulpmiddel voor het verkrijgen van de laagste temperaturen volgens de magnetische methode.)

3) *ferromagnetische* relaxatie, niet in wezen, maar voornamelijk in grootte-orde verschillend van de paramagnetische, is in ons land diepgaand onderzocht door Snoek in Eindhoven.

4) *elastische* relaxatie, wanneer in het materiaal in tweede instantie weer wisselwerking bestaat tussen electrische of magnetische inducties en elastische coëfficiënten van het materiaal.

Alle genoemde verschijnselen hebben dezelfde, in de aanvang beschreven phaenomenologie. De technische hulpmiddelen zijn tegenwoordig vrijwel steeds electronische oscillatoren en indicatoren.

Alhoewel slechts zijdelings verband houdend hiermede, zij hier nog iets vermeld over het afwijkend gedrag van metalen bij soortgelijke metingen, voortkomend uit het zeer veel groter

electrisch geleidingsvermogen, en aangeduid met de benaming skin-effect.

De bekende formule voor de hoogfrequentweerstand voor metalen:  $R \sim \sqrt{\rho \mu \nu}$  ( $\rho$  = soortelijke weerstand,  $\mu$  = permeabiliteit van het materiaal,  $\nu$  = frequentie) geldt slechts zolang de vrije weglengte der electronen klein is ten opzichte van de nog actief aan de geleiding deelnemende metaal„huid”. In fig. 2 wordt deze afhankelijkheid aangegeven door een voor elk materiaal karakteristieke rechte lijn. Bij zeer lage temperaturen wordt de vrije weglengte belangrijk groter; fig. 2 geeft eveneens de bij lage temperatuur gemeten afwijkingen (het eerst aangegeven door Pippard in Engeland, later ook door Stater c.s. in de V.S.). De met 1, 2 en 3 aangeduide krommen beant-

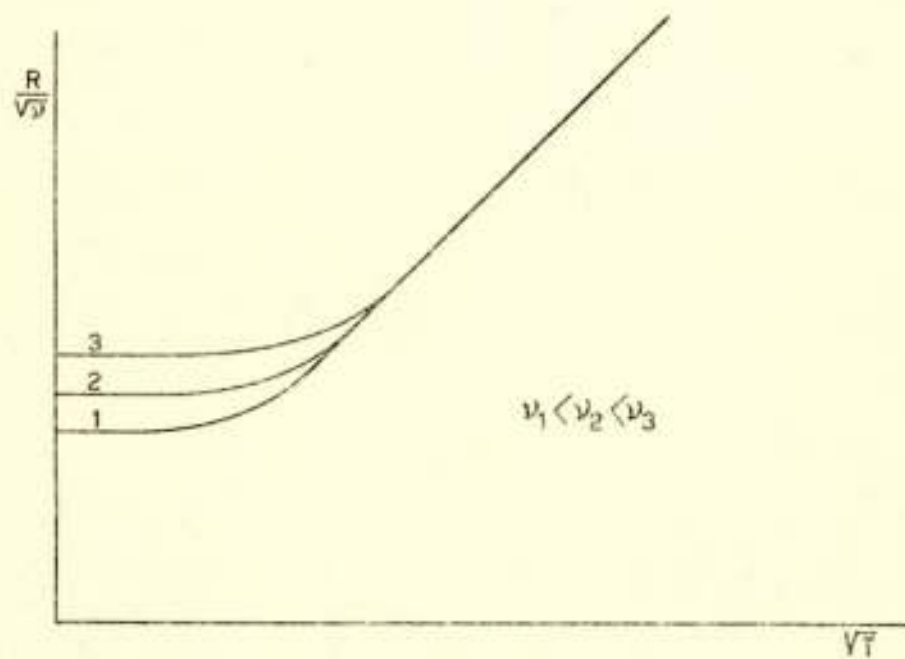


Fig. 2.

woorden in deze volgorde aan toenemende frequentie en beelden de volgende nieuwe aspecten uit bij zeer lage temperaturen:

a) De hoogfrequent weerstand verandert sterker met de frequentie ( $R \sim \nu^{\frac{3}{2}}$ ) en b) hangt niet meer af van de soortelijke weerstand  $\rho$ .

Als nieuwe afhankelijke in dit gebied treedt de electronendichtheid van het metaal naar voren. Overigens wordt experimenteel de bewerkingstoestand van het oppervlak een moeilijk controleerbare invloedsfactor.

Een opmerkelijke bijzonderheid bij dergelijke metingen is nog dat bij temperaturen, waarbij statische metingen een onmeetbaar kleine weerstand leveren (suprageleiding), de hoogfrequent weerstand belangrijk groter en meetbaar kan blijven. Dit wordt verklaard door het relatief geringe aantal van het suprageleidende deel der metaalelectronen in de huid.

Ook bij dergelijke metingen leiden elektronische hulpmiddelen

tot elegante en relatief eenvoudige meetmethoden: de waarnemingen volgden rechtstreeks uit kwaliteitsmetingen aan holle ruimte-resonatoren.

Een tweede, grote groep van materiaaleigenschappen bestaat uit:

B. *Resonantieverschijnselen*. In het electricch vervangingscircuit, dat als bij A, deze verschijnselen moet beschrijven, komt als aanvulling een inductief-element, hetgeen een resonantie-circuit oplevert. De wiskundige beschrijving van de hier bedoelde eigenschappen levert als bij deze circuits een tweede-orde lineaire differentiaalvergelijking op. De uitwendig te meten terugwerking heeft, in afhankelijkheid van de frequentie, nu het algemene beeld van fig. 3, waarin weer het reële en het

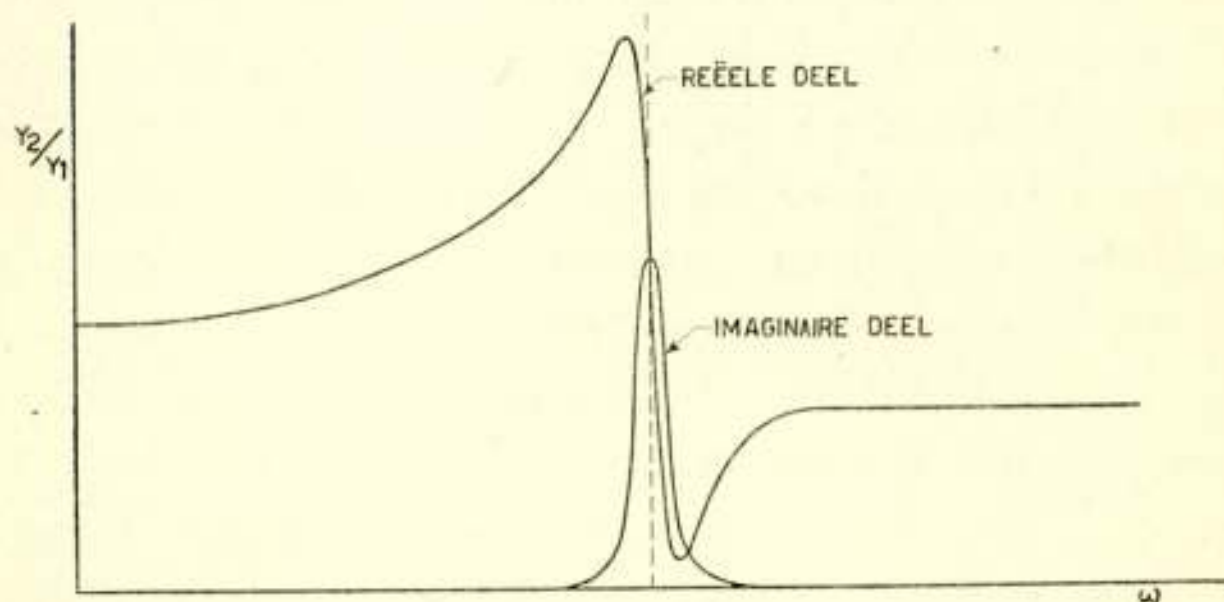


Fig. 3

imaginaire deel respectievelijk de dispersie en de absorptie vertegenwoordigen.

Aan deze overeenstemming met klassieke beelden moet ter verklaring van de te noemen voorbeelden worden toegevoegd, dat het quantenmechanisch beeld van atoom- en molecuulformaties eist, dat de inwendige energieën daarvan afzonderlijke discrete energietoestanden innemen. Verandering van een toestand naar een andere kan alleen geschieden door uitstraling of opname van energiequanten  $h\nu = \Delta E$ . De tot dusver bestudeerde energie sprongen waren zo groot, dat zij aan Röntgen- en optische straling beantwoordden. De zeer kleine energiever verschillen leveren fijn- of hyperfijnstructuren met de tot dusver gangbare optische apparaturen, die slechts met grote moeite uiteengesplitst konden worden. In de tegenwoordige tijd is aan de bestaande middelen de radio-spectroscop toegevoegd voor bestudering van die energie verschillen, die aan „radio“-quanten van cm,-, dm.- of m-golflengten beantwoorden. En de apparatuur

is zelfs hiervoor belangrijk eenvoudiger en handteerbarder geworden. Spreker zou de te noemen voorbeelden in drie groepen willen indelen :

1. Rotatie-spectra van moleculen,
2. Spectra van het Zeeman-effect,
3. Enige andere, verspreide voorbeelden.

Om met de derde groep te beginnen, daarin kan worden vermeld het onderzoek aan de fijnstructuur van het waterstof-spectrum. De eenvoudige opbouw van het atoom heeft hier (als enig voorbeeld van atoomspectra) het gevolg, dat de energie niveaus vrijwel alleen door het hoofdquantengetal  $n$ , en slechts in zeer geringe mate door het neven quantengetal  $l$  worden bepaald. Er volgen weer uiterst kleine verschillen in energie-niveau uit, die optisch moeilijk, met de radiofrequenties echter betrekkelijk eenvoudig bestudeerd kunnen worden. En reeds zijn onomstotelijk afwijkingen van vroegere opvattingen en waarnemingen langs deze weg aangetoond.

In dezelfde groep kan genoemd worden het onderzoek aan een hyperfijnstructuur in spectra, die van een geheel andere oorzaak afstamt, n.l. van verschillen in oriëntatie van de spins der atoomkernen ten opzichte van de structuur der electronen-wolk om de kern heen. Uiterlijk is het effect hetzelfde: er ontstaan zeer geringe verschillen in energie niveau, die absorptie van een passend radio-quant mogelijk maken.

Een derde voorbeeld levert de resonantie in het ammoniak-molecuul. Ook hier weer twee weinig uiteenliggende energie-niveaus, die ditmaal behoren bij twee toestanden van het molecuul, waarbij het N-atoom zich iets onder of iets boven het vlak der drie H-atomen bevindt. De hierdoor optredende absorptie-lijn bij 1,2 cm boeit de laatste tijd ook sterk de aandacht der onderzoekers. De nieuwste technische hulpmiddelen hebben het mogelijk gemaakt zeer veel fijnere structuren te ontrafelen dan optisch mogelijk was.

In het algemeen wordt met de radio-hulpmiddelen dus het waarnemen van die resonanties vergemakkelijkt of mogelijk gemaakt, waarbij geringe verschillen in energie-niveau van atomen en moleculen in het spel zijn. De verschillen tussen de rotatieniveaus der moleculen vallen in deze categorie. Spreker vermeldt hierbij slechts, dat de studie dezer niveaus op deze wijze voor de chemie nieuwe aspecten geopend heeft.

In groep 2, de verschijnselen, verband houdend met lijnsplitsing in magneetvelden, is de fijnstructuur te danken aan splitsing

van elk energie-niveau door het magneetveld in 2, 3 of meer componenten (al naar de aard van het atoom). Bij 100 oerstedt beantwoordt een dergelijke splitsing aan quanten met een golflengte  $\lambda$  van de orde 100 cm.

Terwijl aanvankelijk de nieuwe methode met radiomiddelen niet méér pretendeerde dan de optisch gevonden wetten voor het Zeeman-effect der atomen te toetsen, is men daar nu al bovendien gegroeid. En b.v. is zojuist gepubliceerd een langs deze weg gevonden resultaat, dat voor de fundamentele natuurkunde weer een speciale verklaring behoeft. Het heeft betrekking op de verhouding tussen het magnetisch en mechanisch moment. Terwijl steeds werd aangenomen, dat deze verhouding voor de spin-beweging van het electron juist tweemaal zo groot was als voor de baanbeweging, blijkt deze evenredigheidsfactor nu 2,0022 te bedragen in plaats van 2.

Men kan ook de Zeeman-effecten in vaste ferromagnetische en paramagnetische stoffen aantonen, zij het dan ook dat de resonantiekrommen hierbij niet zo scherp zijn. In ons land wordt hieraan te Eindhoven, resp. te Leiden gewerkt.

De onderzoeksmethoden zijn betrekkelijk eenvoudig; zij komen veelal neer op het brengen van het te onderzoeken materiaal in een gunstig deel van een electromagnetische resonantie-ruimte, welks kwaliteit daardoor bij een bepaalde sterkte van het magneetveld voor een hierbij behorende frequentie merkbaar vermindert.

Tenslotte is men er in de V.S. in geslaagd ook de Zeeman-effecten der atoomkernen waar te nemen, die bij normale radiofrequenties bestudeerd kunnen worden. Dit is op zichzelf een hele tak van onderzoek geworden. In Leiden bestudeert men thans op deze wijze de wisselwerking der atoomkernen met hun omgeving in vaste stoffen in een zeer groot interval van temperaturen.

### Discussie.

Ir J. Picket: Welke mogelijkheden zijn er naar sprekers mening, om behalve de hier beschreven absorpties, emissies te verkrijgen met enigszins behoorlijk rendement tussen twee weinig uiteenliggende niveaus.

Prof. Gorter: Nihil of vrijwel nihil tengevolge van uiterst kleine overgangswaarschijnelijheden.





## The analysis of ionospheric reflections.

by A. H. de Voogt

### SUMMARY

The complete formulae for the complex quantities of refractive-index and polarization are given and the exact theoretical curves are presented. In Part II experimental results will be explained.

### *Introduction.*

In the experimental study of the ionosphere use is made of short pulses of electromagnetic waves sent vertically upwards and reflected by the ionosphere. The time interval between sent and reflected pulses gives an indication for the height of the reflecting layer.

At a certain frequency the pulse passes through the layer and is not longer reflected. This frequency is the so-called „critical”-frequency depending upon the electronic density.

The theory learns that for this frequency and electronic density the refractive-index is zero or a minimum.

The reflected pulse is often split by the effect of magneto-ionic double refraction. One component is called the ordinary ray, the other the extra-ordinary ray; both have elliptical polarization in opposite senses.

The object of this paper is to give first the exact calculation for one frequency only of the values of refraction-index, group velocity, attenuation and polarization and secondly to verify this values with experimental results on one frequency obtained at the Kootwijk-radiostation.

These experiments will be described in Part II of this paper.

### PART I.

The theory of the propagation of electromagnetic waves through an ionized medium under the influence of an imposed earthmagnetic field, was given by H. A. Lorentz and comple-

ted by E. V. Appleton. The base for this theory is the well-known Appleton-Hartree formula. M. Taylor, in 1933, gave an extensive series of curves for the value of the refractive-index as a function of the electronic density.

Taylor applies the so-called Lorentz-term (see below), which now-a-days is often neglected, though it is not sure that this is permitted.

The complete calculation of the real and imaginary part of the refractive-index is very cumbersome and tedious and this is probably the reason, that many authors on this subject start from simplifying assumptions.

For vertical incidence, a wave of a fixed frequency of 6 megacycles and the earth-magnetic-conditions existing above the Netherlands, the complete calculation was done by the mathematical bureau of the PTT-service, the result of which is given below.

Accepting the notation of Appleton and his school the base formula is:

$$M^2 = \left( \mu - \frac{ikc}{P} \right)^2 = 1 + \frac{2}{2(a + i\beta) - \frac{\gamma_T^2}{1 + a + i\beta} \pm \sqrt{\frac{\gamma_T^4}{(1 + a + i\beta)^2} + 4\gamma_L^2}}$$

With:

$M$  = the complex index of refraction

$\mu$  = index of refraction

$k$  = index of attenuation

$c$  = velocity in vacuo

$m$  = mass of an electron

$e$  = charge of an electron (e.s.u.)

$N$  = the electron-density

$U$  = group-velocity

$H$  = magnetic field = 0,48 Gauss.

$H_L$  = longitudinal component = 0,44 Gauss.

$H_T$  = transversal component = 0,18 Gauss.

$p = 2\pi$  frequency  $f$  (in m.c.) =  $2\pi \times 6$

$$p_0^2 = \frac{4\pi Ne^2}{m}$$

$$p_H = \frac{He}{mc} = 2\pi \times 1,334 = 8,45$$

$$p_L = \frac{H_L e}{mc} = 2\pi \times 1,232 = 7,74$$

$$p_T = \frac{H_T e}{mc} = 2\pi \times 0,5 = 3,14$$

$\nu$  = collisional frequency (in m.c.) 10; 1; and 0,1

$$a = \frac{p^2}{p_0^2} \text{ (Lorentz term neglected!).}$$

$$\beta = \frac{p\nu}{p_0^2}$$

$$\gamma = \frac{pp_H}{p_0^2}$$

$$\gamma_L = \frac{pp_L}{p_0^2}$$

$$\gamma_H = \frac{pp_T}{p_0^2}$$

$H_x, H_y$ , = electromagnetic field.

$z$  = height in the ionosphere taken from a niveau of zero ionic density

The formulae from which the curves have been calculated have the following complicated form:

$$\mu = \left[ \left\{ \left[ \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right]^2 + \left[ (1+a)B - \beta A \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + \left[ \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right]^{\frac{1}{2}} \right]$$

where

$$A = [2a(1+a) - 2\beta^2 - \gamma_T^2 \pm x]$$

$$B = [2\beta(1+2a) \pm \gamma]$$

and

$$x = \left[ \left\{ \frac{1}{4} [\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2((1+a)^2 - \beta^2)]^2 + [4\beta\gamma_L^2(1+a)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{2} [\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2((1+a)^2 - \beta^2)]^{\frac{1}{2}} \right]$$

and

$$y = \left[ \left\{ \frac{1}{4} [\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2 ((1+a)^2 - \beta^2)]^2 + [4\beta\gamma_L^2(1+a)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} [\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2 ((1+a)^2 - \beta^2)] \right]^{\frac{1}{2}}$$

further

$$\frac{kc}{p} = \left[ \left\{ \left[ \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right]^2 + \left[ (1+a)B - \beta A \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \right. \\ \left. - \left[ \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right] \right]^{\frac{1}{2}}$$

The sign + in the form for  $A$  and  $B$  indicates the ordinary ray, where as the sign - represents the extra-ordinary ray. The same indices are used throughout for indicating these different rays as well for  $\mu$  as for other quantities represented in the curves of fig. 1, 2. etc.

In fig. 3, 4, and 5 is given the group velocity according to the formula:

$$U = \frac{1}{\mu + f \frac{d\mu}{df}}$$

According to the formula for  $\mu$  given above,  $\mu$  is the product of two factors  $D$  and  $E$  assuming:

$$D = \frac{1}{(A^2 + B^2)^{\frac{1}{2}}}$$

and

$$E = [\textit{see above}]^{\frac{1}{2}}$$

The differentialquotient is:

$$\frac{d\mu}{df} = D'E + DE'$$

where:

$$D' = - \frac{1}{(A^2 + B^2)^{\frac{3}{2}}} (AA' + BB')$$

with:

$$\begin{aligned}
 A' &= \frac{1}{f} \left[ 2(2a(1+2a) - 2\beta^2 - \gamma_T^2) \pm \right. \\
 &\quad \left. \pm \frac{1}{2x} \left\{ \left[ \gamma_T^4 + 2\gamma_L^2((1+a)(1+3a) - 2\beta^2) \right] \times \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \times \left[ 2 + \frac{\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2((1+a)^2 - \beta^2)}{\text{denominator}} \right] + \frac{16\beta^2\gamma_L^4(1+a)(3+5a)}{\text{denominator}} \right\} \right] \\
 B' &= \frac{1}{f} \left[ 2\beta(1+6a) \pm \frac{1}{2y} \left\{ \left[ \gamma_T^4 + 2\gamma_L^2((1+a)(1+3a) - 2\beta^2) \right] \times \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \times \left[ \frac{\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2((1+a)^2 - \beta^2)}{\text{denominator}} - 2 \right] + \frac{16\beta^2\gamma_L^4(1+a)(3+5a)}{\text{denominator}} \right\} \right]
 \end{aligned}$$

For the denominator to substitute:

$$\left\{ \frac{1}{4} [\gamma_T^4 + 4\gamma_L^2((1+a)^2 - \beta^2)]^2 + (4\beta\gamma_L^2(1+a))^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Further:

$$\begin{aligned}
 E' &= \frac{1}{2E} \left[ \frac{1}{\left[ \left( \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right)^2 + ((1+a)B - \beta A)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \times \right. \\
 &\quad \times \left\{ \left( \frac{A^2 + B^2}{2} + (1+a)A + \beta B \right) \times \right. \\
 &\quad \times \left( (AA' + BB') + A'(1+a) + B'\beta + \frac{1}{f}(B\beta + 2Aa) \right) + \\
 &\quad \left. \left. + \left( (1+a)B - \beta A \right) \left( (1+a)B' - A'\beta + \frac{1}{f}(2Ba - A\beta) \right) \right\} + \right. \\
 &\quad \left. + \left( AA' + BB' + A'(1+a) + B'B + \frac{1}{f}(B\beta + 2Aa) \right) \right]
 \end{aligned}$$

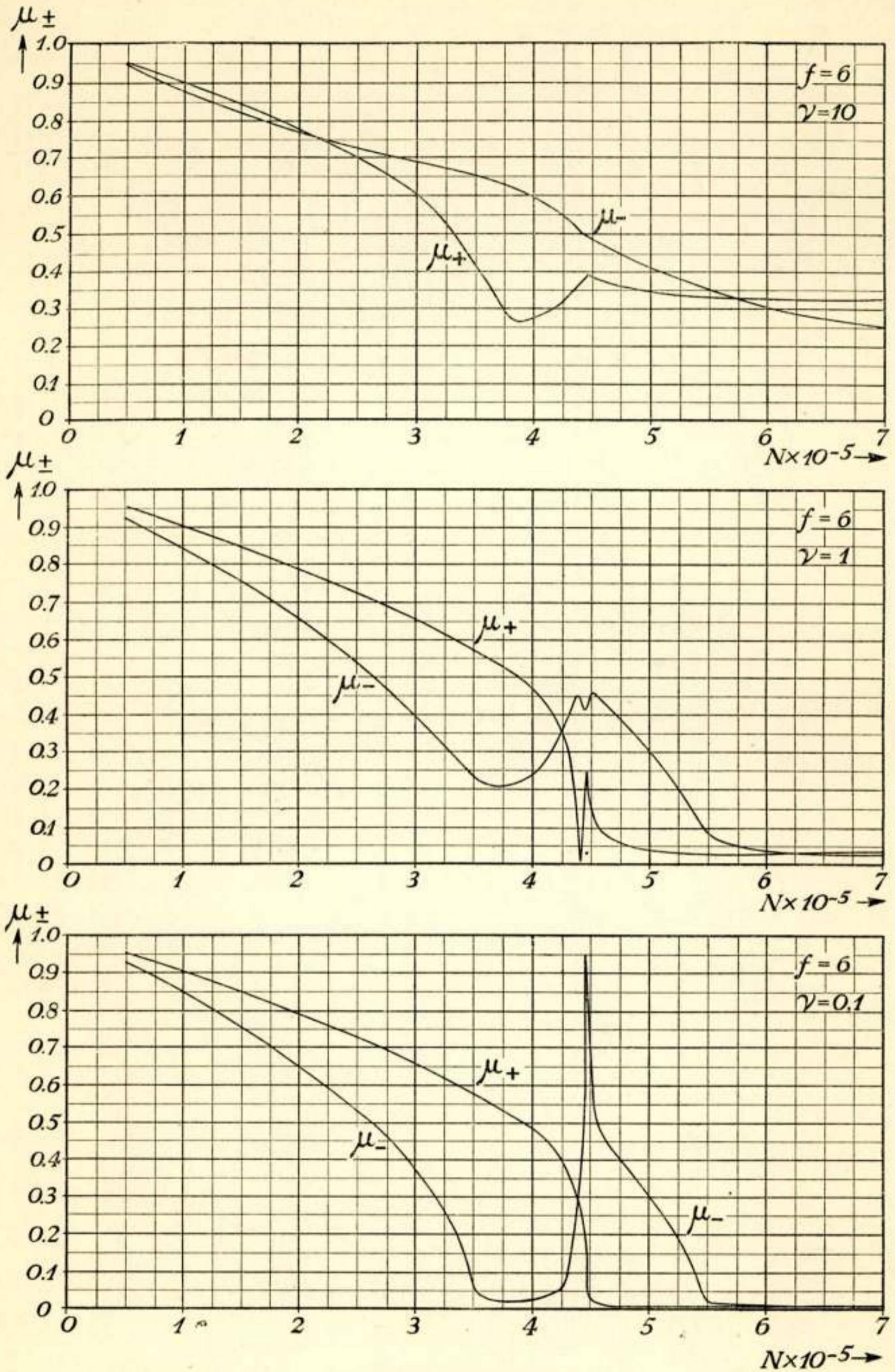


Fig. 1.

Curves for  $\mu_+$  and  $\mu_-$  for different collisional frequencies.

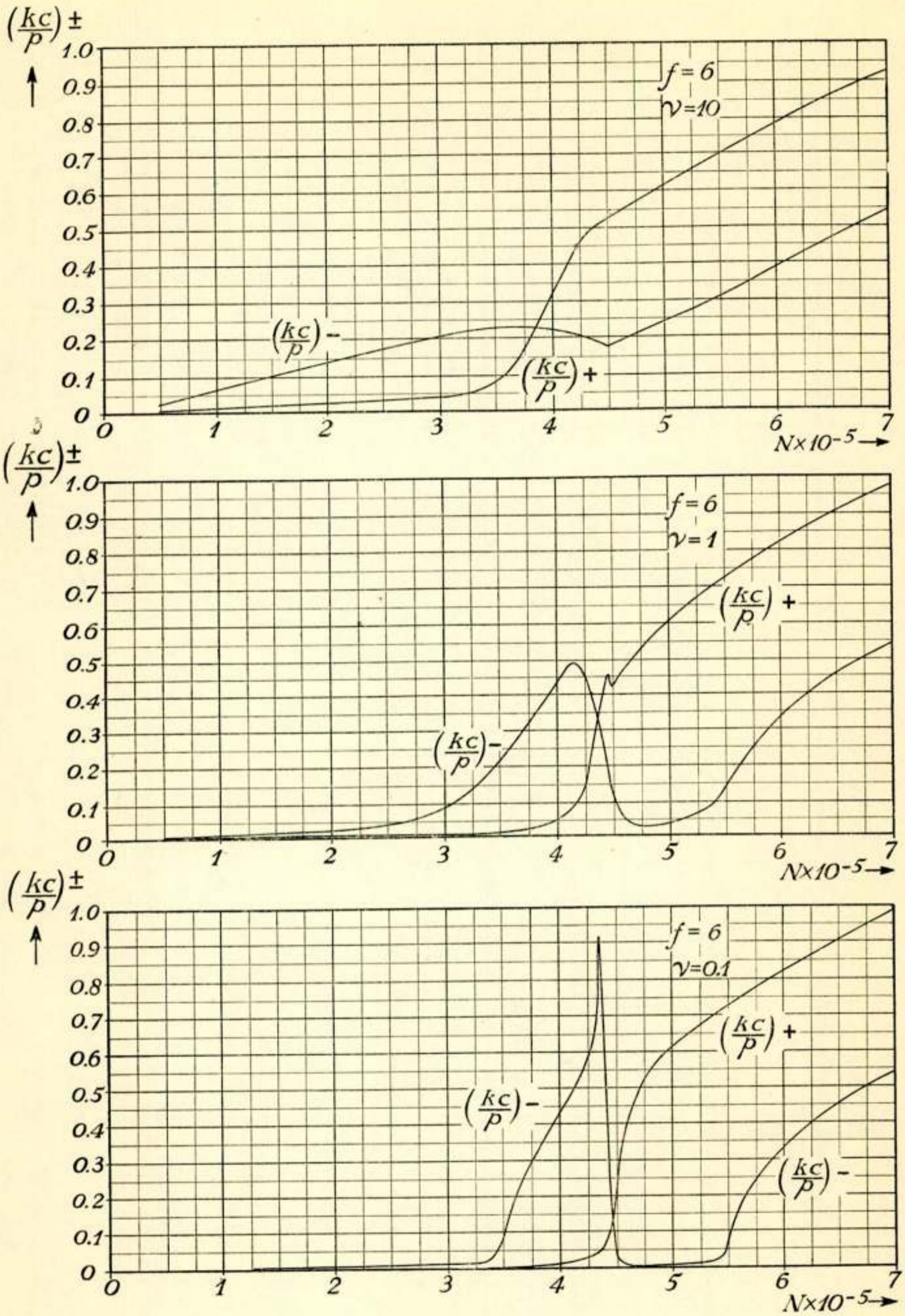


Fig. 2.

Curves for  $\left(\frac{kc}{p}\right)_{+}$  and  $\left(\frac{kc}{p}\right)_{-}$  for different collisional frequencies.

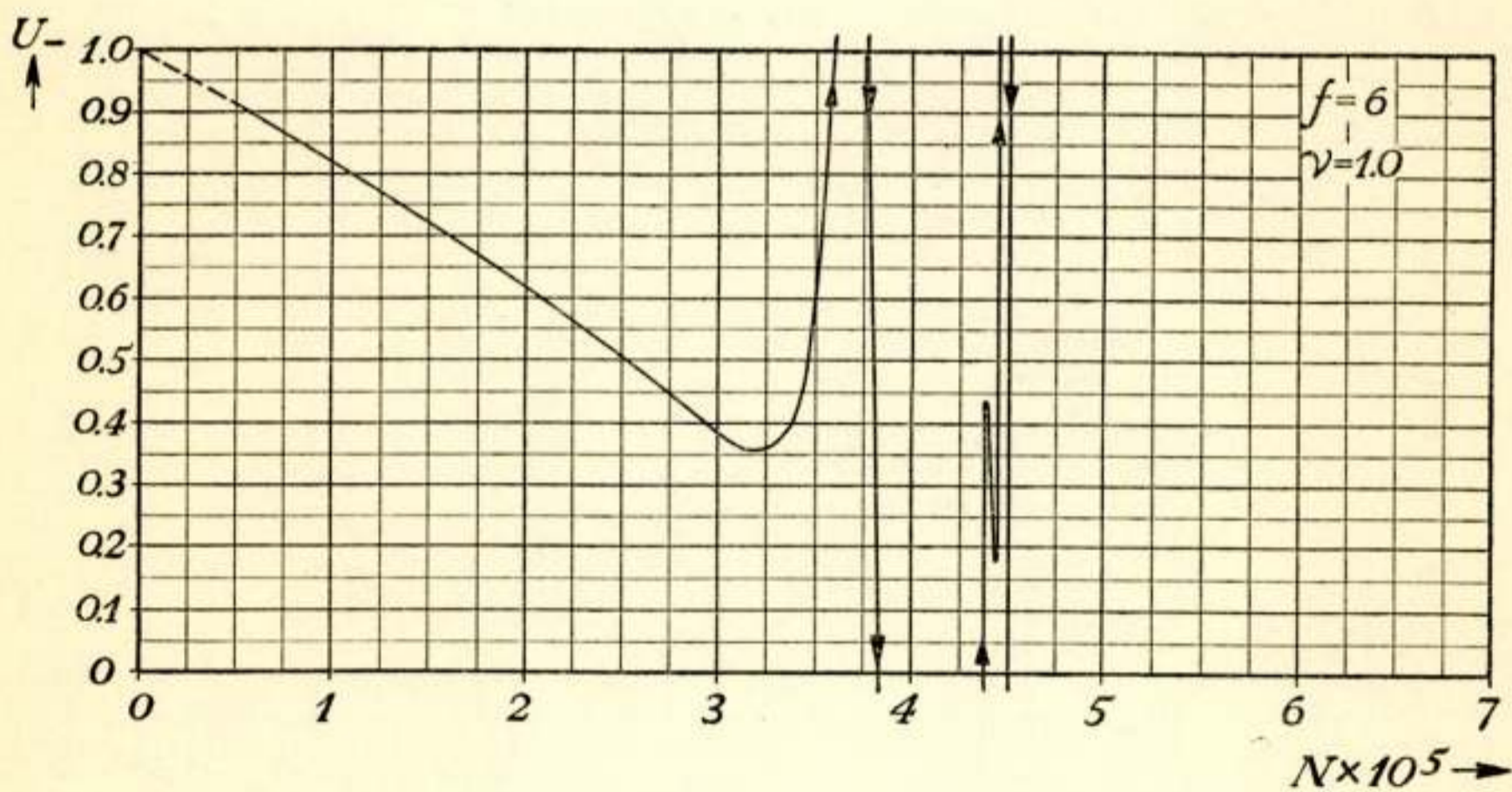
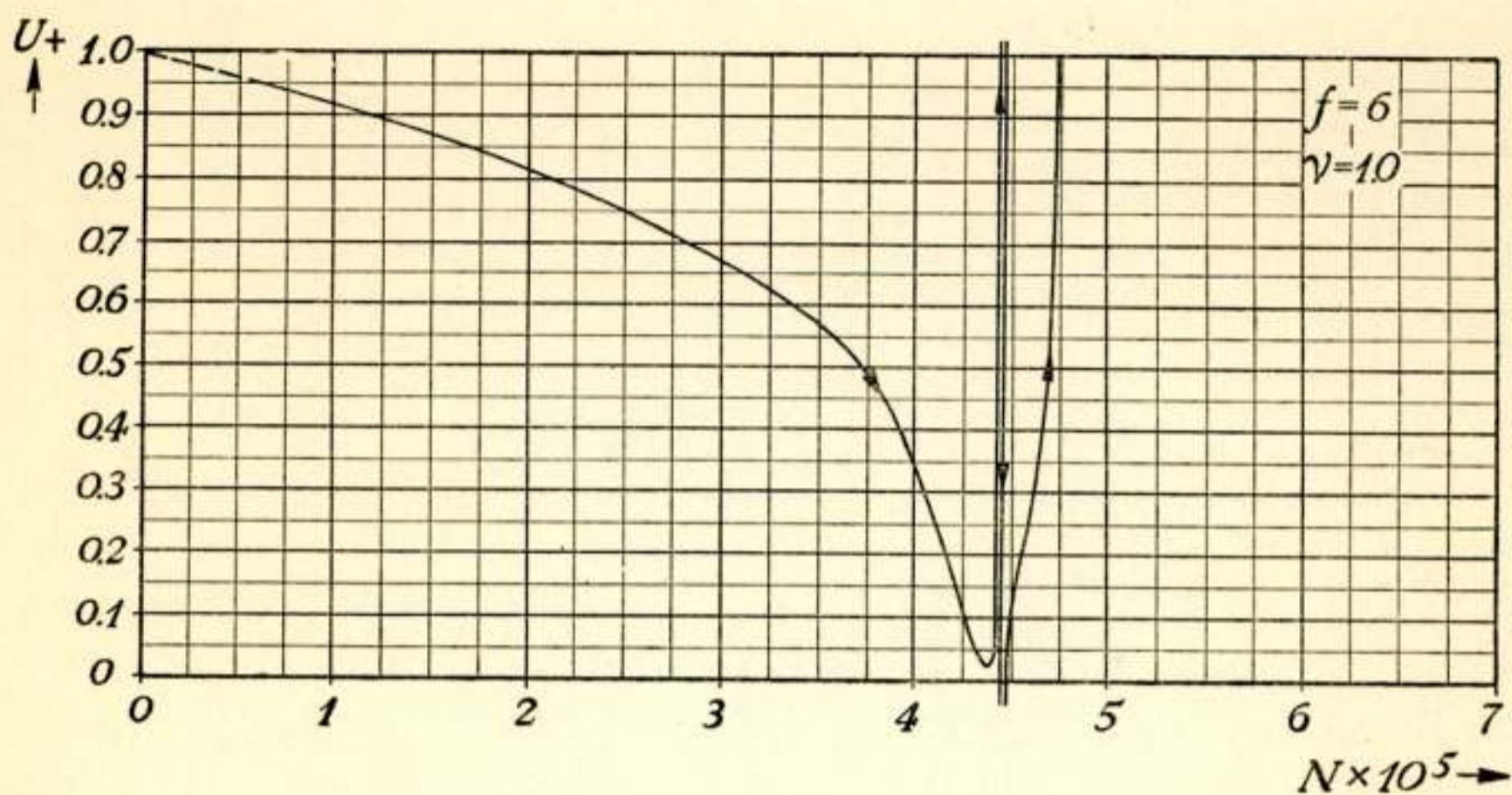


Fig. 3.  
Curves for group-velocity  $U$  for  $\nu = 1,0$ .



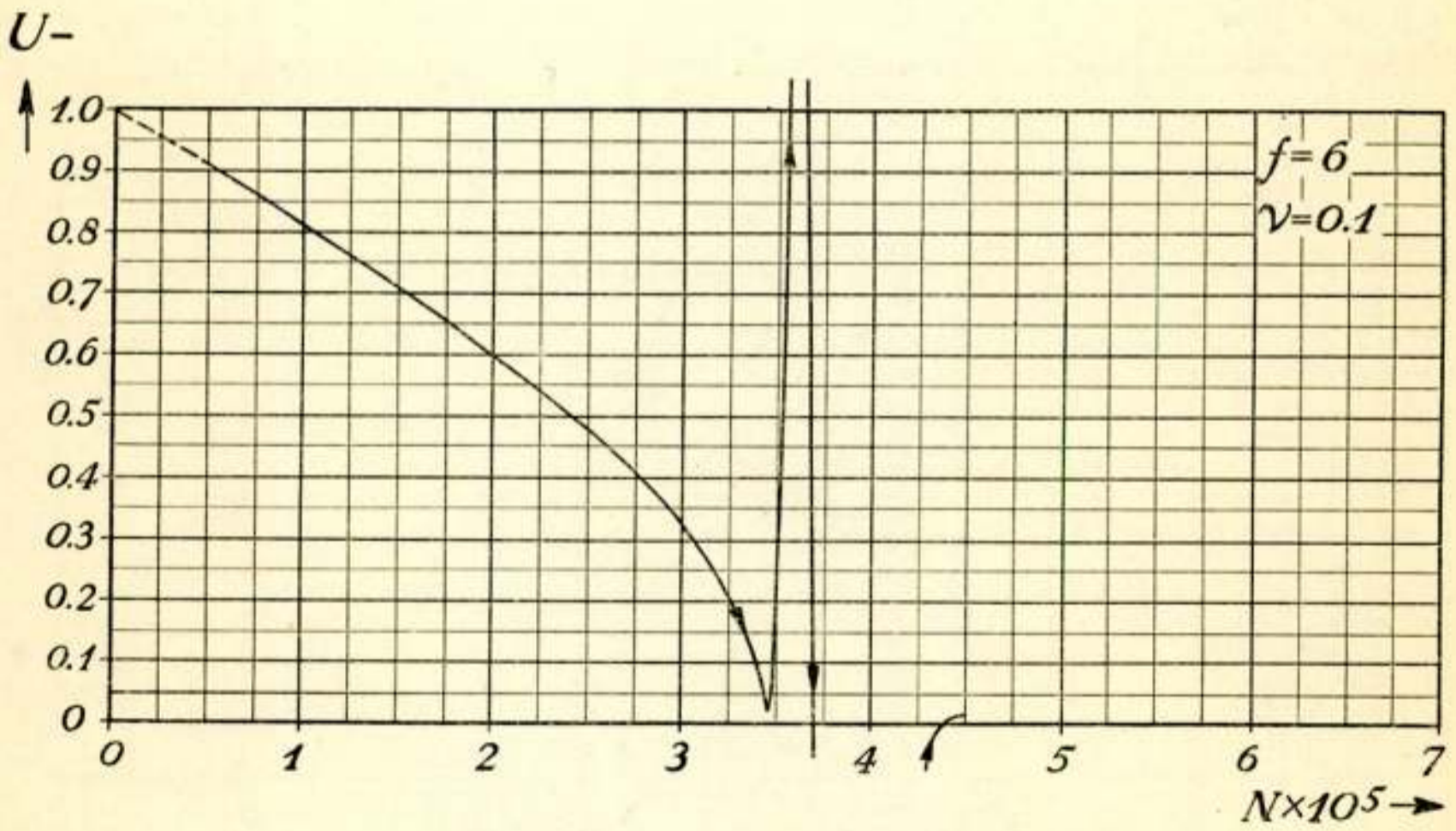
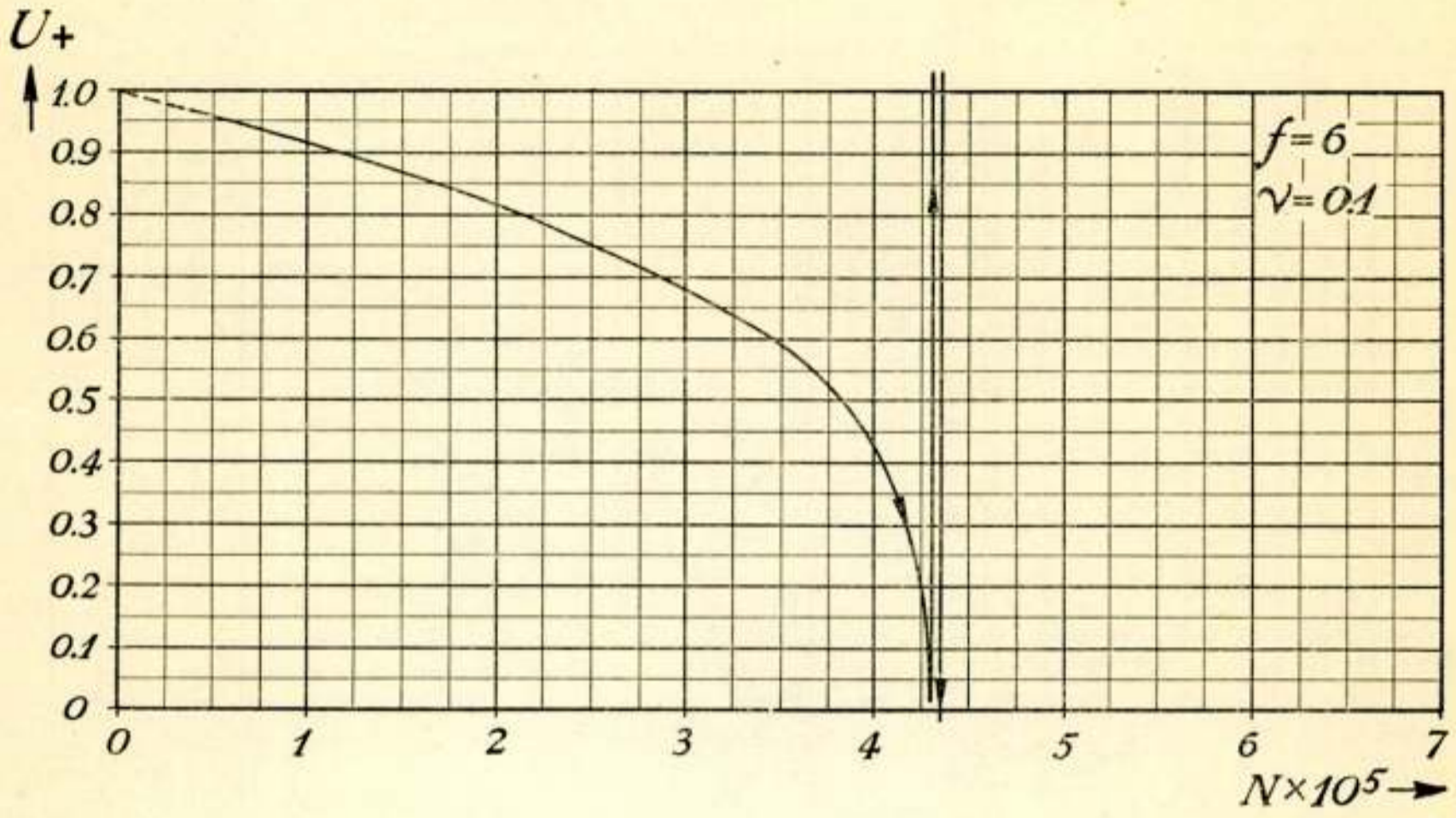


Fig. 4.  
Curves for group-velocity  $U$  for  $\nu = 0, 1$ .

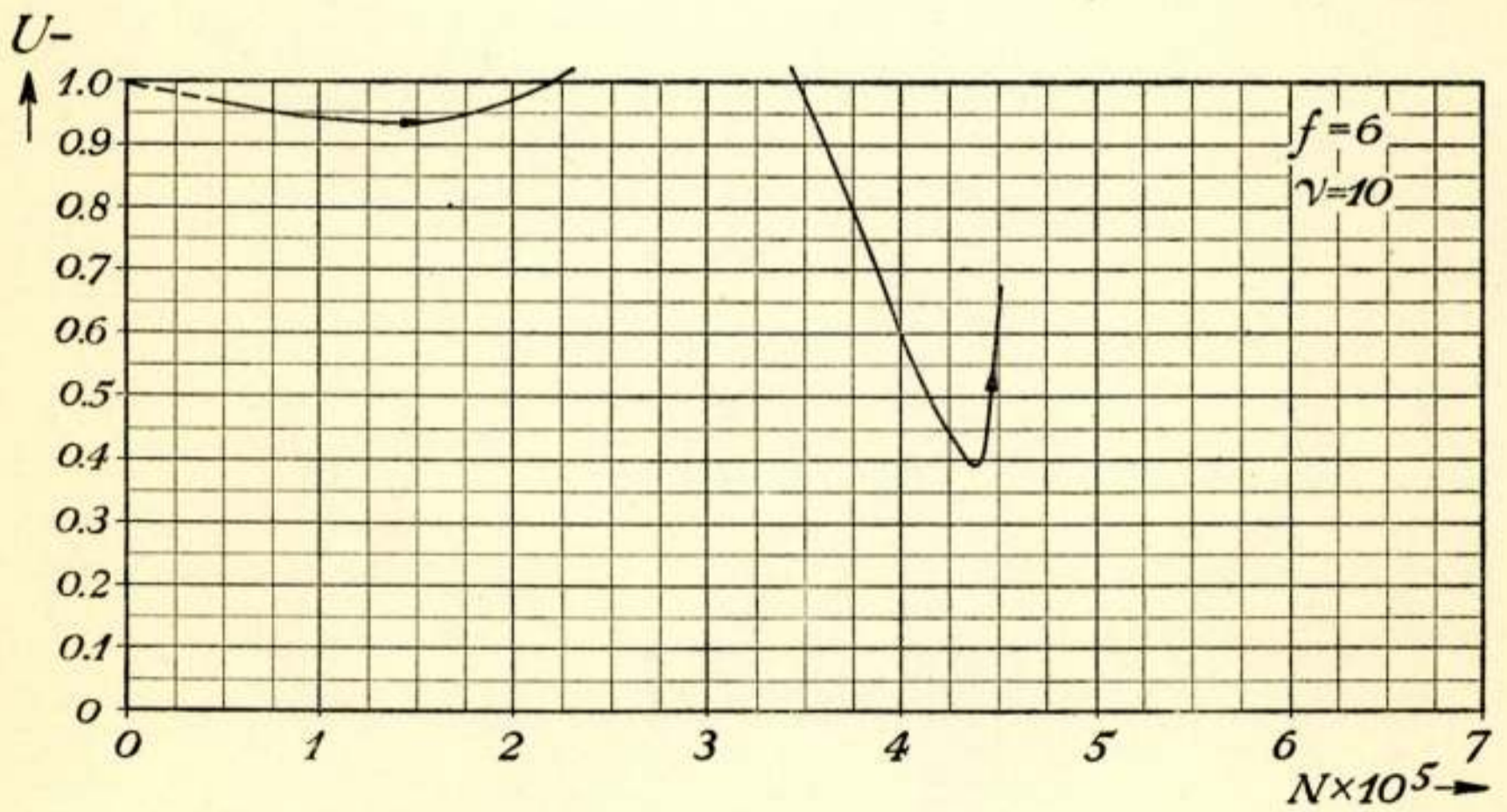
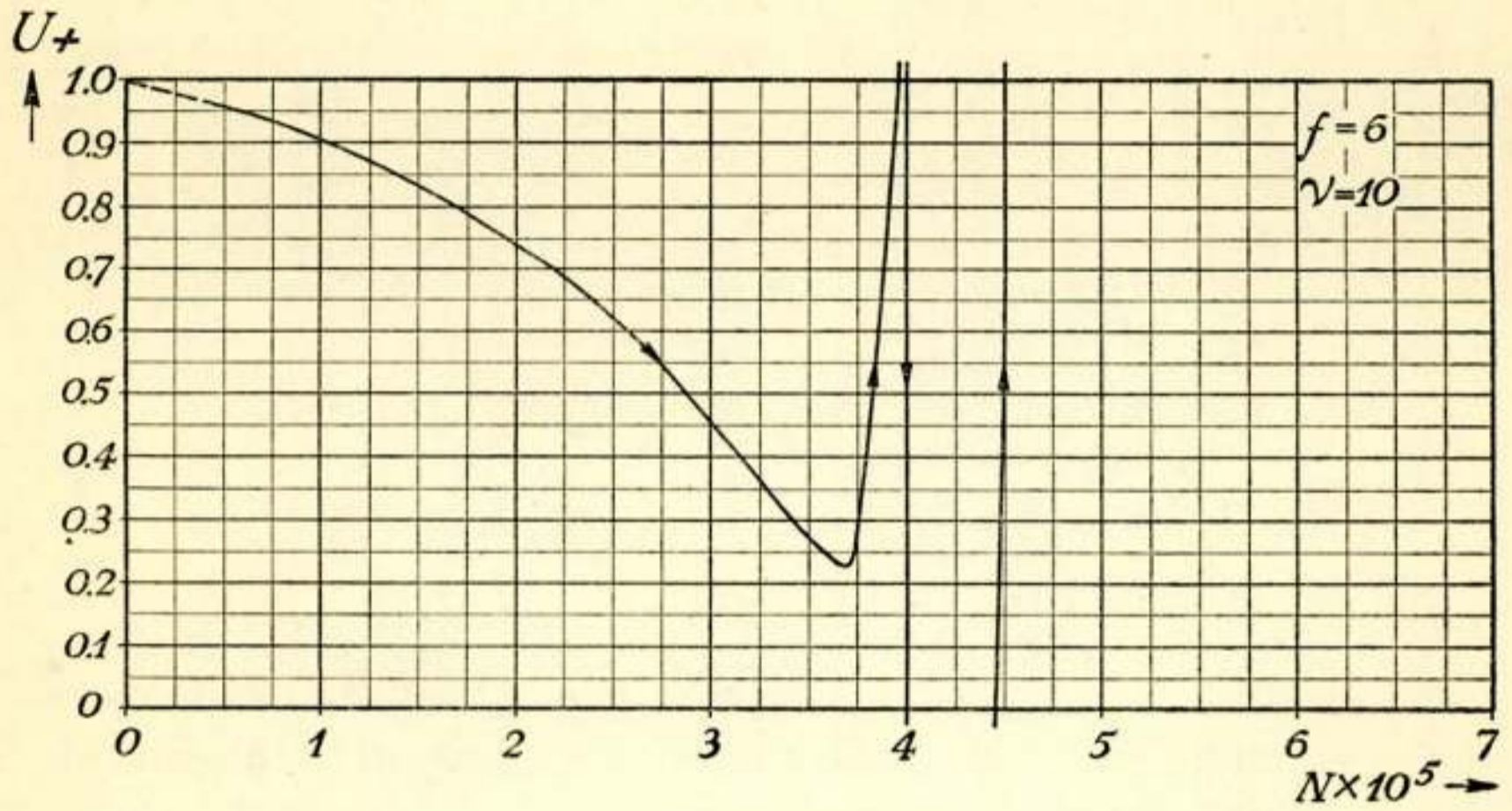


Fig. 5.

Curves for the group-velocity for  $\nu = 10$ .

In the neighbourhood of the critical frequencies, the curve for the group-velocity shows a very peculiar behaviour which fact remained even after very careful calculation.

The reason for this irregular form is probably the fact that one cannot speak of an exact representation of the group velocity, if one is calculating for one given frequency only. For instance taking a signal-form of approximate rectangular form several frequencies in the neighbourhood of the mean principal carrier have to be taken in account. In Part II some further remarks will be made on made on this subject.

Finally the formula for the polarizaton is the following:

$$\frac{H_x}{j H_y} = \frac{d E_y}{E_x} = \frac{\gamma_T^2 \pm \sqrt{\gamma_T^4 + 4 \gamma_L^2 (1 + a + i \beta)^2}}{2 \gamma_L (1 + a + j \beta)}$$

Where  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $E_x$  and  $E_y$  are the directions of the electric and magnetic field,  $x$  the direction of the transverse component and  $z$  the direction of propagation.

Assuming:

$$\frac{j E_y}{E_x} = F + j G$$

with:

$$F = \frac{\gamma_T^2 (1 + a) \pm \{x (1 + a) + \gamma \beta\}}{2 \gamma_L \{(1 + a)^2 + \beta^2\}}$$

and:

$$G = \frac{\pm \{\gamma (1 + a) - x \beta\} - \gamma_T^2 \beta}{2 \gamma_L \{(1 + a)^2 + \beta^2\}}$$

with  $x$  and  $\gamma$

representing the same values as in the complete formula for  $M$  mentioned above.

It is easy to find that the angles  $\Theta$  and  $\psi$  given in fig. 6 are fixed by

$$\operatorname{tg} 2 \psi = \frac{2 G}{1 - F^2 - G^2}$$

and:

$$\operatorname{tg}^2 \Theta = \frac{(1 + F^2 + G^2) \sin 2 \psi - 2 G}{(1 + F^2 + G^2) \sin 2 \psi + 2 G}$$

Curves for the values of  $\psi$  for both ordinary — and extra — ordinary ray as a function of the electronic density are given in Part II.

As illustrated in fig. 6, the two ellipses, for the ordinary ray and for the extra-ordinary ray have reciprocal ellipticities and the axis are perpendicular to each other.

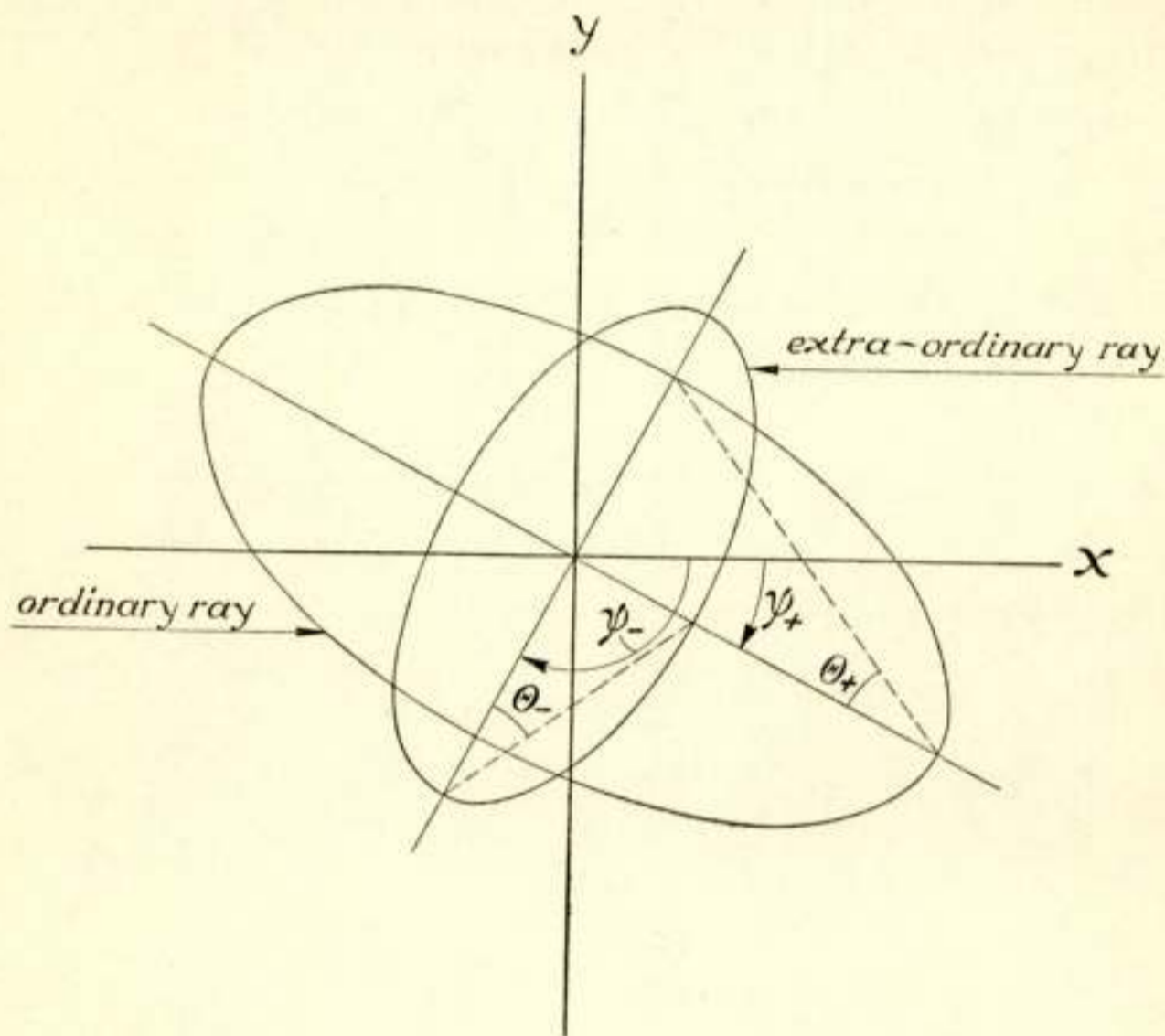


Fig. 6.

Polarization ellips.

It is obvious that from observation of the curves given in this paper it is possible to get an impression of the behaviour of ionospheric pulses sent out with a fixed frequency. Furthermore, using the fundamental curves and making assumptions as regards the values of  $\nu$  and  $N$  as different functions from the height, it is possible to verify the time-intervals and modes of polarization with which these pulses return to the earth.

Making the observations during evening- and daybreak-periods with a fixed frequency, different values of electronic density and collisional frequency are involved without changing or complicating the instrumental aids.

In part II the curves will be discussed and the experimental results obtained with one of the transmitters from the Kootwijk-Radiostation will be communicated.

## ACKNOWLEDGMENT

The large-scale calculations and mathematical work was done by Dr Steiner and the Mathematical Bureau of the P.T.T. service, to whom my thanks are due.

## Literatuur

- 1) Dr Mary Taylor, The Appleton-Harkee-formula and dispersion curves. Proc. Phys. Society 45, 1933.
- 2) Prof. E. V. Appleton, Wireless studies of the Ionosphere. Journal of the Institution of Elec. Eng. 1932.



## Mededelingen

Door bemiddeling van de Secretaris, of ook rechtstreeks bij het Centraal Normalisatiebureau, Lange Houtstraat 13A, 's Gravenhage, is verkrijgbaar à f 1.70 het ontwerp normaalblad V 5026, bevattend een ontwerp woordenlijst voor de Electriche Telecommunicatie-techniek.

De Secretaris verzoekt opgaven te mogen ontvangen, van leden die t.z.t. het Verslag van de VIIIe U.R.S.I. vergadering, gehouden te Stockholm, in Juli 1948, wensen te ontvangen.

## Octrooien

*Openbaar gemaakt 15 September 1948:*

- O.A. 112649 kl. 21a<sup>2</sup>36b, Fides. Inrichting voor het meten van de overdracht van vierpolen met behulp van een periodieke meetfrequentie en een meetontvanger en methode om synchronisatieimpulsen over te brengen naar de meetontvanger.
- O.A. 102495 kl. 95c5, N.V. Philips. Mengschakeling voor hoge frequenties, grote bandbreedte en met gunstige signaalruisverhouding.
- O.A. 88642. kl. 95a5. Western Electric Comp. Inrichting voor het opwekken van sinusvormige trillingen met zeer constante frequentie met behulp van een brugschakeling.

*Openbaar gemaakt 15 October 1948:*

- O.A. 93445 kl. 95n2a3. Radio Corp. Antennesysteem voor brede frequentiebanden met een dikke straler van bijzondere vorm.
- A.O. 102656. kl. 95c5b. Radio Corp. Mengschakeling voor zeer hoge frequenties met behulp van een bijzondere buis met positief voorgespannen hulpelectrode.
- A.O. 114597. kl. 21a<sup>4</sup>51. N.V. Philips. Zend-ontvangschakeling met automatische frequentiecorrectie, waarbij na omschakelen van ontvangen op zenden de zendfrequentie kortstondig wordt gevarieerd, zodat de zender in het regelgebied van de frequentiecorrectie komt.
- O.A. 92504. kl. 97f17g. Radio Corp. Inrichting voor het bepalen van de plaats van een lichaam, waarbij een impulsvormige radiogolf wordt uitgezonden en de door het lichaam gereflecteerde impuls wordt geconstateerd en tevens een indicatie van de richting, waarin het lichaam zich bevindt wordt verkregen.

- O.A. 93389. kl. 116rh4b. Bell Telephone. Inrichting voor het kenbaar maken of voor modulatie van een elektrische stroom benutten van uiterst geringe hoeveelheden stralingsenergie met behulp van een element, dat met een vloeibaar gas op iets beneden de kritische temperatuur gehouden wordt.
- O.A. 104380. kl. 95d2h2. Société française radioélectrique. Geneutrodyniseerde kortegolf-balansversterker van groot vermogen.
- O.A. 105026. kl. 95d3a. Bell Telephone. Versterker met tegenkoppeling, waarbij de ingangsimpedantie constant blijft, wanneer de versterking wordt gewijzigd.

He.

## Boekbespreking

*Ionospheric Radio Propagation.* National Bureau of Standards Circular 462. U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C. 1948. 209 blz. 205 fig. 20 x 26 cm. \$ 1.00.

Tijdens de 2de wereldoorlog werd voor intern gebruik het 1ste deel van het IRPL Radio Propagation Handbook uitgegeven, dat later algemene bekendheid kreeg. Verdere delen zijn nooit verschenen. Nu heeft het Central Propagation Laboratory van het NBS voor een geheel nieuwe bewerking gezorgd, die wel spoedig onmisbaar zal blijken voor ieder, die zich met „sky-waves” bezig houdt. Het boek is geheel op de praktijk gericht. Het geeft een overzichtelijke samenvatting van die eigenschappen van de ionosfeer en van die verschijnselen van golfvoortplanting, die voor de toepassingen van direkt belang zijn. Bij de toepassingen gaat het vooral om de bepaling van de frequentie-bandbreedte, die voor een verbinding open staat en die wat de uitwendige invloeden betreft naar de bovenkant door reflectie, naar de onderkant door absorptie en ruis wordt begrensd. De methoden van het CRPL worden uitvoerig weergegeven met de nodige grafieken en nomogrammen. Daardoor vormt het boek een volledige handleiding om uit de periodiek gepubliceerde ionosfeer voorspellingen de beschikbare bandbreedte af te leiden, zo goed als dat met de tegenwoordige kennis gaat. Gezien de nog gebrekkige kennis is dat al verrassend goed te noemen. Wel zal de bepaling van de onderste grens van de band nog omslachtiger zijn dan de verbindingdiensten lief is.

De hoofdstukken, die door verschillende schrijvers zijn bewerkt, sluiten in het algemeen goed bij elkaar aan. De bespreker is slechts éénmaal op een storende onjuistheid gestoten, n.l. bij de afleiding van de afsnijdingsfrequentie van de F2-laag door de E-laag in § 7.1c. Bij afnemende frequentie zal het aan de F2-laag gereflecteerde signaal in de E-laag een toenemende vertraging, dus een toenemende absorptie ondervinden. Pas bij de kritieke frequentie van de E-laag wordt het geheel afgesneden. Wellicht geeft de afgeleide afsnijdingsfrequentie een bruikbare maat voor de frequentie waarbij het signaal praktisch weggedempt wordt, de afleiding zelf berust echter op een onjuiste gedachtegang, die nauw verwant is aan het veel voorkomende misverstand (dat in het boek niet optreedt, maar wel door fig. 6.3 en 6.5 in de hand gewerkt wordt) dat een signaal, dat „wegskipt” ook naar buiten ontsnapt. Het boek is goed en duidelijk uitgevoerd, elk hoofdstuk bevat een literatuurlijst en aan het slot is een aanhangsel ten bate van gerationaliseerde mks eenheden.

H. J. G.



*Microwave Duplexers.* Louis D. Smullin and Carol G. Montgomery. Massachusetts Institute of Technology. Radiation Laboratory Series. Volume 14. Mc. Graw-Hill, New York 1948.

Dit boek is het veertiende van de 28 delen, uitgegeven met toestemming van en gefinancierd door het Office of Scientific Research and Development:

National Defense Research Committee U.S.A.

onder leiding van Louis N. Ridenour.

Deze serie van 28 werken behandelt zeer uitvoerig de techniek van de decimeter- en centimetergolven.

(Radar, Navigatiehulpmiddelen, Buizen, Ontvangers, Antennes, Meettechniek, Servosystemen enz.).

Voor hen die niet bekend zijn met deze uitgaven, zij hier vermeld dat de materie die hierin verwerkt wordt het gezamenlijk resultaat is van werk dat gedaan werd in talloze laboratoria van leger, luchtmacht, marine, universiteiten en industrieën in Amerika, Engeland, Canada en andere Dominions. Deze serie werken vormen een indrukwekkend monument voor de ongenoemde duizenden werkers, die daadwerkelijk de research-ontwikkeling en de constructie-techniek voor hun rekening namen. Ze zijn onmisbaar voor degene die zich met problemen op het gebied der c.m. golven bezig houdt.

Naast deze Amerikaanse serie dient men evenwel ook zijn volle aandacht te wijden aan de uiterst belangrijke Engelse publicaties in the Proceedings of the Institute of Electrical Engineers betreffende de Radio Location Convention gehouden te Londen van Maart-Mei 1946. De Engelsen hebben een ontzaglijke hoeveelheid baanbrekend werk op dit gebied verricht en veel van hun vondsten aan de Amerikanen overgedragen.

Voor zover bekend, zijn deze publicaties helaas niet in boekvorm verkrijgbaar.

Het boek *Microwave Duplexers* is geschreven door een aantal gedegen deskundigen en behandelt een typisch Radarprobleem en wel dat van de automatische zend-ontvangschakelaar, nodig bij het gebruik van één gemeenschappelijke antenne voor zender en ontvanger. Deze schakelaar zorgt er voor dat, tijdens de enorm krachtige zend-impuls, (bv. een megawatt gedurende 1  $\mu$ sec) de antenne op verliesarme wijze met de zender verbonden wordt en tevens de ontvanger, die op micro-microwatts reageert, niet beschadigd wordt.

Verder zorgt de zend-ontvangschakelaar er voor dat na het beëindigen van de zend-stoot, de ontvanger na ca. 0,5 à 1  $\mu$ sec weer de volle gevoeligheid heeft om gereed te zijn de zwakke echo te ontvangen.

Dit probleem is al zo oud als Radar zelf en de pionier van ca. 12 jaar geleden brak er zich ook al het hoofd over. Bij de toenmalige Radar met d.m.golven met zijn vrij gering vermogen was het probleem, bij gebruik van trioden of vacuum-dioden als eerste detector in de ontvanger, vrij simpel: de eerste detector moest eenvoudig in staat zijn de optredende hoge spanning zonder schade te verdragen en dat deed deze dan ook, mede door het feit dat tijdens de zend-stoot, het rooster van de eerste detector zeer sterk negatief werd gemaakt, hierdoor trad door de veranderde ruimtelading een verandering van de ingangcapaciteit op, waardoor de ontvanger ingangkring verstemd werd en dus de spanning niet zo hoog opslingerde.

Later ging men over tot het gebruik van instelbare open vonkbruggen, die in combinatie werkten met een netwerk van  $\frac{1}{4} \lambda$  transmissie leidingen.

De aan de eerste detector optredende spanning was dus altijd nog vrij hoog en bedroeg zeker enige honderden volts.

Bij het gebruik van vacuumdioden is dit geen bezwaar en in sommige tegen-

woordige Radars voor groot vermogen en lange golf vindt men deze open vonkbrugjes nog wel.

Toen men overging om kristal-mengdioden te gebruiken bij hogere frequenties (boven ca. 1200 Mhz), moest natuurlijk de naar het kristal doordringende energie drastisch beperkt worden (tot op ca. 0.05 à 0.1 erg per impuls).

Hiertoe maakte men gebruik van gas gevulde resonantieruimten, die tijdens de zendstoot door optredende ionisatie tussen twee geleiders een effectieve kortsluiting veroorzaken.

In Microwave Duplexers worden voornamelijk de gasgevulde schakelaars en hun schakelsystemen behandeld.

Men onderscheid twee schakelbuizen, te weten de T-R buis en de Anti-T-R-buis. (T-R = Transmitting-Receiving).

De T-R buis beschermt de ontvanger tijdens de zendimpuls en zorgt er voor dat praktisch geen zendenergie in de ontvanger richting gaat en opent tijdens het ontvangen de weg van antenne naar ontvangers. De Anti-T-R buis zorgt tijdens het zenden voor een verliesarme verbinding van antenne met de zender en tijdens het ontvangen dat de binnenkomende geringe echo energie geheel naar de ontvanger geleid wordt.

Het boek is 437 pagina's groot en bevat negen hoofdstukken te weten:

1. Introduction.
2. Linear Theory of High. Q T-R Tubes.
3. Bandpass T-R Tubes.
4. Characteristics of A.T-R Tubes at Low-Power Levels.
5. Microwave Gas Discharges.
6. The T-R and A. T-R Tubes at High Power.
7. The Principles of Branched Duplexing Circuits.
8. Practical Branched Duplexers and Balanced Duplexers.
9. Measurement Techniques.

In het voorwoord wordt ronduit verklaard dat er nog vele verschijnselen onopgehelderd zijn. Dit geldt in het bijzonder voor het ingewikkelde probleem der hoogfrequente gasontlading.

De eerste experimenten met bandfilter T-R buizen waren hoofdzakelijk gericht op dit éne doel: een buis te verkrijgen die *werkte*. Hierbij speelde het experiment een grote rol en men ging vaak af op intuïtieve ideeën gebaseerd op onvoldoende gegevens. Zoals bekend werkten de Amerikanen volgens het slagwoord: „We don't want the best, we want the first”!

Het eerste systematische onderzoek begon pas in 1944.

Er wordt in het boek een enorme hoeveelheid stof behandeld en het is natuurlijk ondoenlijk hier het gehele werk te behandelen, maar enkele bijzonderheden mogen hier wel vermeld worden. Zo bevat hoofdstuk 5 veel interessants over de z.g. „Spike”, d.i. de energie die aan de ontvanger wordt overgedragen gedurende het tijdsverloop tussen het begin van de zend-impuls en de vorming van de stationaire ontlading in de T-R buis. De energie in de „Spike” bedraagt bij goede T-R buizen ca. 0.05 à 0,1 erg en de tijdsduur ca.  $10^{-8}$  à  $5 \times 10^{-9}$  sec. Dit komt dus overeen met een piekvermogen van ca. 1,5 à 2 watt. Het ontvangerkristal moet dus in staat zijn deze energie zonder beschadiging te verdragen.

De kromme vorm van de „Spike” was lange tijd onbekend: door de zeer kleine tijdsduur is deze met conventionele oscillografen niet te meten. Eerst in April 1946 gelukte het met de oscillograaf van Lee (zie Proc. I.R.E. vol 34 March 1946) om een oscillogram van de „Spike” te verkrijgen.

Een ander belangrijk probleem wordt eveneens in dit hoofdstuk behandeld en wel dat van de Recovery-time, d.i. het tijdsinterval na de zendimpuls waarin

de demping van de T-R buis van ca. 60 à 70db tijdens de zendimpuls zakt tot op 1 à 2db tijdens het ontvangen.

Dit probleem is hier theoretisch door Margenau opgezet en aangevuld met vele experimentele gegevens.

In hoofdstuk 8 zijn een groot aantal vernuftige toepassingen te vinden van z.g. magic T wave guide coupling. De in hoofdstuk 2 gemaakte opmerkingen omtrent de productie van harmonischen door magnetrons en de bescherming hier-tegen zijn eveneens uiterst leerzaam.

Het boek is duidelijk en overzichtelijk geschreven en bevat naast vele theoretische beschouwingen een geweldige hoeveelheid experimentele gegevens.

Het heeft uit de aard der zaak een sterk fysisch karakter en is dus in de eerste plaats van zeer veel belang voor de fysisch georiënteerde hoogfrequent-technicus.

Daarnaast zullen er zeer vele meer algemeen geïnteresseerden veel van hun gading in dit zeer leerzame boek aantreffen. Het is in hoge mate te betreuren dat in de literatuur opgaven, bij wijze van uitzondering, slechts één Engelse auteur voorkomt. Het ware beter geweest indien er bij de samenstelling van deze boekenserie meer internationaal contact was onderhouden.

S. G.

## Ontvangen Tijdschriften enz.

*Journal of the Franklin Institute*, October, November 1948.

*Wireless Engineer*, October, November 1948.

*Bulletin U.R.S.I.*, Augustus, September 1948.

*Electrical Communication*, Vol. 25, Nr. 2, 1948.

*Cambridge Phil. Mag.* Vol. 44, part 4, 1948.

*Nat. Bureau of Standards-Basic Radio Propagations Predictions*. for Dec. 1948.

*National Bureau of Standards Techn. New Bulletin*. Vol. 32, Sept. 1948, Nr 9.

*Bulletin de l'Ecole Polytechnique de Jassy*, Roemenie. Tome 3, Fasc. 1. Januari-Juni 1948.

*Radio Revue*, October, November 1948.

*De Ingenieur*, Jrg 60, Nrs 39-48.

*Radio Expres*, Jrg 25, Nrs 17-22.