Że prędkość rzeczywista dopływu pary podczas drugiej połowy napełnienia jest znacznie mniejszą od teoretycznej prędkości pary, wynika z rozpatrzenia linii dopływu pary dowolnego wykresu indykatora. Wiadomo jest, że linia dopływu pary ma prawie zawsze charakter spadzisty, a przeważnie w drugiej połowie napełnienia, gdy ciśnienie pary silnie się zmniejsza; ale jeżeli pomimo tego porównamy rachunkowo (p. dalej) wielkość tego spadku z prędkością teoretyczną chwilowego przepływu pary, wynikającą z wzoru (2), to spadek ciśnienia (podług prędkości pary teoretycznej) powinien być znacznie większy niż się w rzeczywistości w wykresach indykatora najbardziej dławionych pokazuje. Z tego wynika bezpośrednio, że prędkość rzeczywista przepływu pary pod koniec napełnienia tego jest o wiele mniejszą od teoretycznej, a niedobór potrzebnej ilości (objętości) pary uzupełnia się przez jednoczesne rozprężanie się pary, znajdującej się w cylindrze podczas napełnienia.

Podczas pierwszej części napełnienia przeważa dopływ, a podczas drugiej rozprężanie i tworzy powolne przejście do właściwego rozprężania.

Z powyższego wynika, że: *Okres napełnienia pary jest właściwie bardzo łagodnem rozprężeniem, przy stale trwającym dopływie pary świeżej.*

Powyższe zapatrywanie potwierdzają także wykresy zdejmowane za pomocą indykatora (rys. 3). Ku końcowi bowiem napełnienia wskazują one zwykle silny spadek linii krzywej dopływu i łagodne przejście do linii rozprężenia. Tuż przy końcu napełnienia dopływ pary świeżej jest już tak mały, a rozprężanie tak widoczne, że ostatnią część jego uważamy raczej jako rozprężanie, wskutek czego następuje nieznaczne zmniejszenie się wielkości napełnienia. Zmniejszone to napełnienie ε_p nazwiemy tu „*napełnieniem pary*", w celu odróżnienia go od „*napełnienia rozdziału*" ε_r, oznaczonego za pomocą przyrządów rozdzielczych pary.

Napełnienie pary i rozdziału. Stosunek tych napełnień daje się rachunkowo łatwo oznaczyć, a mianowicie: Oznaczmy (rys. 1) przez p prężność pary dopływowej, przez p' prężność pary na początku rozprężania, t. j. w chwili zupełnego zamknięcia otworu przepływu pary, za pomocą przyrządów rozdzielczych, przez ε_r odpowiednie napełnienie rozdziału, przez ε_p napełnienie pary, zmniejszone, wreszcie przez m przestrzeń szkodliwą, to:

$$p(\varepsilon_p + m) = p'(\varepsilon_r + m),$$

czyli:

$$\frac{\varepsilon_p + m}{\varepsilon_r + m} = \frac{p'}{p} = \varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

φ oznacza dopuszczalny spadek ciśnienia podczas napełnienia. Bez uwzględnienia szkodliwej przestrzeni będzie: $\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \frac{p'}{p} = \varphi$, co oznacza że:

„*Stosunek napełnienia pary, do napełnienia rozdziału, równa się spadkowi ciśnień pod koniec napełnienia*".

Stosunek $\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \frac{p'}{p} = \varphi$ zależy od dopuszczalnego spadku ciśnienia $\frac{p'}{p}$, czyli tak zwanego współczynnika dławienia pary ϑ. Podług Hrabak'a prężność pary przy rozpoczęciu rozprężenia równa się $p' = p(1 - \vartheta)$, gdzie p oznacza prężność pary w początku napełnienia, a współczynnik dławienia pary ϑ równa się: w maszynach parowych ekspansyjnych, przy wielkości szkodliwej przestrzeni:

$m =$	0,1	0,05	0,035	0,025
$\vartheta =$	0,1—0,2	0,05—0,15	0,035—0,1	0,0—0,05,

a przy rozdziale pary kulisowym, t. j. np. w parowozach, gdzie

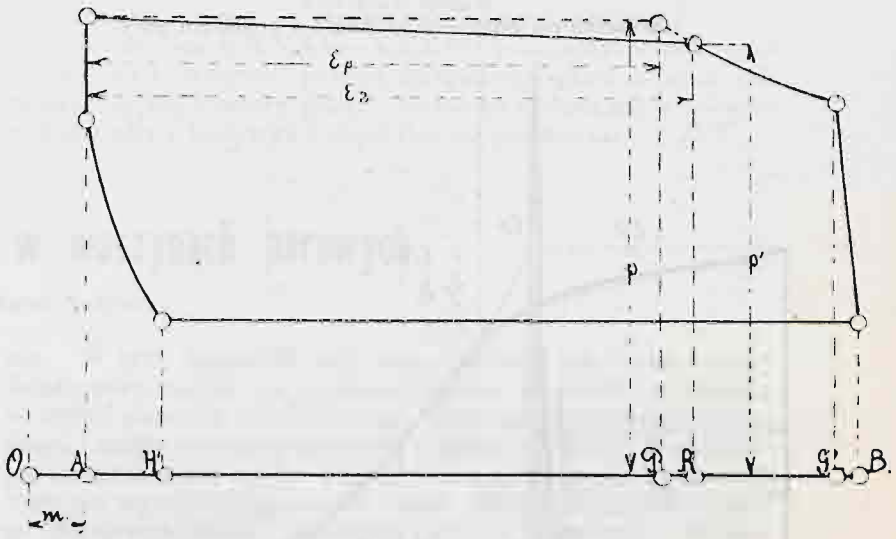
$$m = 0{,}1 - 0{,}15$$
$$\vartheta = 0{,}2 - 0{,}3.$$

Mając współczynnik dławienia ϑ, można znaleźć wielkość napełnienia pary ε_p, gdy $1 - \vartheta = \varphi = \frac{p'}{p} = \frac{\varepsilon_p + m}{\varepsilon_r + m}$, czyli bez uwzględnienia przestrzeni szkodliwej będzie:

$$\varepsilon_p = (1 - \vartheta)\,\varepsilon_r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Ale jeszcze w inny sposób możemy oznaczyć stosunek napełnień $\varepsilon_p : \varepsilon_r$, a mianowicie: *przyjmując koniec napełnienia pary w tem miejscu, gdzie wielkość otworu zmiennego* ***a*** *jest taka sama, jak w punkcie martwym na początku napełnienia, t. j. równa się wielkości wyprzedzenia linijnego* v_e. Przedstawmy sobie zwykły rozdział pary suwakowy, którego wykres podług Zeuner'a przedstawia rys. 2. Rys. 3 przedstawia odpowiedni wykres pary. Wyprzedzenie linijne w punkcie

Wykres pary rozdziału jednosuwakowego.



Rys. 3.

martwym: $v_e = r\,[\sin\delta - \sin(\delta - \mu)]$. δ oznacza tu kąt wyprzedzenia mimośrodu, a μ kąt korby przed punktem martwym tłoka, gdzie para świeża zaczyna dopływać, t. j. kąt wyprzedzenia dopływu. $IOA = \mu$, zatem podług powyższego przypuszczenia $EF = IA$ i uważamy, że przy położeniu korby w punkcie E lub położeniu tłoka w punkcie P, napełnienie pary jest skończone. Ten sposób oznaczenia napełnienia pary ε_p w stosunku do napełnienia rozdziału ε_r jest o tyle zgodny z poprzednim wywodem, opartym na zasadzie spadku ciśnienia $p' : p$, lub współczynnika dławienia pary $\vartheta = 1 - \varphi = 1 - \frac{p'}{p}$, że tu różnice tych napełnień w stosunku do biegu tłoka przy jednem i tem samem wyprzedzeniu linijnem v_e, otrzymujemy jako rzut poziomy łuku $EF = IA$ na bieg tłoka, czyli $PR = EF \sin\omega_1$, gdzie ω_1 oznacza kąt korby przy końcu napełnienia pary ε_p. Zatem będzie:

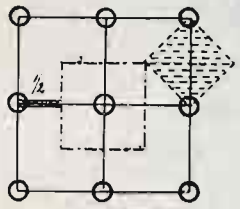
$$\frac{1 - \cos\omega_1}{1 - \cos(\omega_1 + \mu)} = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \frac{p'}{p} = 1 - \vartheta \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

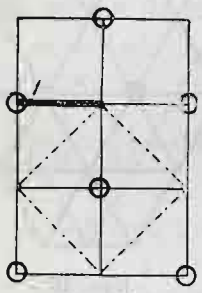
Biorąc μ w stosunku odwrotnym do ω_1, wielkość $\frac{1 - \cos\omega_1}{1 - \cos(\omega_1 + \mu)}$ (dla różnych μ i ω_1, ale w granicach praktycznie używanych) wypada prawie stałą i równa się stosunkowi $\varepsilon_p : \varepsilon_r$, albo $p' : p$ lub $1 - \vartheta$. (C. d. n.).

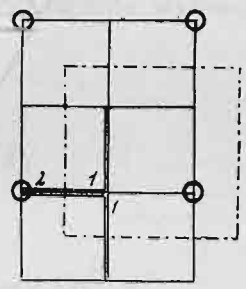
Przybliżone obliczanie sieci elektrycznych.

Dokładne obliczenie sieci elektrycznej, o ile wskazane są miejsca obciążenia, podane zapotrzebowania prądu i wyznaczone punkty zasilające, nie przedstawia żadnej trudności. Najpierw oznacza się przekroje, następnie sprawdza się spadki napięcia, w najgorszym razie powtarza się jeszcze raz to samo obliczenie i na tem koniec. Przy znacznej ilości punktów węzłowych wypada rozwiązywać cały szereg równań z wielo-ma niewiadomemi, co jest często zmudne, ale w zasadzie bardzo łatwe. Gdy przejdziemy jednak z dziedziny teoryi do praktyki, napotkamy pewne trudności i wątpliwości. Przedewszystkiem przed założeniem sieci elektrycznej nadzwyczaj trudno przewidzieć wielkość i rozmieszczenie obciążenia. Główni abonenci mogą okazać się w punktach, w których najmniej byli oczekiwani i odwrotnie tam, gdzie było prze-

widywane obciążenie największe, mogą np. powstać oddzielne stacye blokowe. Niewiadoma jest ilość zainstalowanych lamp w każdym punkcie i nieznany jest również procent lamp mogących się palić jednocześnie. Jednem słowem, dane tyczące się przewidywanego obciążenia nawet wówczas, gdy są już w przybliżeniu oznaczone, są tak niepewne, że ścisłe obliczanie sieci podług nich bywa często zbyteczne. Tam, gdzie daliśmy mniejsze przekroje, może właśnie okazać się potrzeba przewodników grubych i odwrotnie. To też przy obliczaniu sieci daje się zwykle pierwszeństwo względom praktycznym i zamiast tego, by każdej gałęzi sieci nadawać inne wyliczone przekroje, wyznacza się o ile możności przekroje jednakowe. Zyskuje się przez to łatwość w założeniu przewodników i ujednostajnienie urządzenia. Dopiero gdy instalacya puszczona jest w ruch, gdy przyłączyli się abonenci, kontroluje się spadki napięcia i w miarę potrzeby zamienia zbyt cienkie przewodniki, zakłada gałęzie równoległe (np. po drugiej stronie ulicy), lub dodaje nowe punkty zasilające.

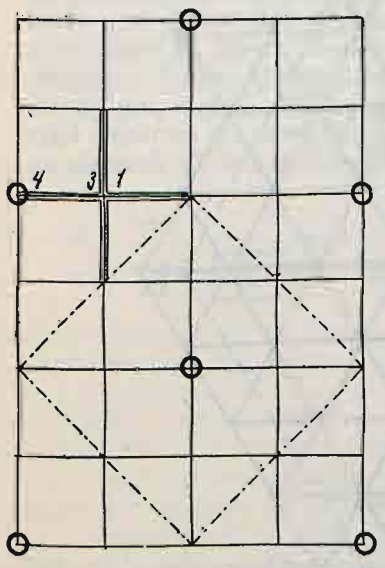

Rys. 1.

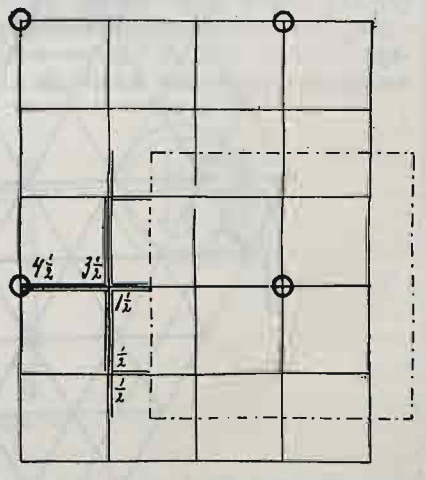

Rys. 2.


Rys. 3.

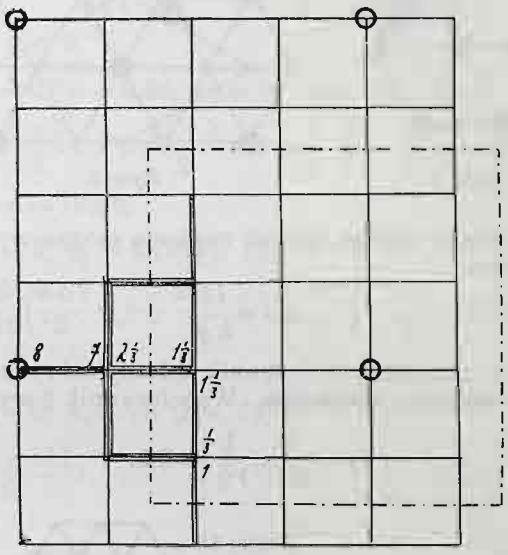
Gorzej bywa, gdy przystępujemy do obliczania sieci, mając podaną tylko ogólną liczbę przewidywanych kilowattów. Musimy wówczas przyjąć równomierne obciążenie lub też starać się odgadnąć rozmieszczenie tego obciążenia. Jest to trudne zadanie, szczególniej dla nieznającego miejscowych warunków. Trzeba przytem zaznaczyć, że podana ogólna liczba kilowattów jest również tylko domniemaną, bo do niej prawdziwe obciążenie może nigdy nie dojść lub odwrotnie bardzo prędko ją przekroczyć. W danym razie jeszcze większa zachodzi potrzeba wyznaczania jednakowych przekrojów, a ścisłe obliczanie sieci staje się zbytecznem.

Zachodzi pytanie, czy wobec powyższych względów jak również i dla uniknięcia mozolnych wyliczań, nie należałoby wyprowadzić wzoru, któryby umożliwiał prędkie obliczenie przekroju, jaki należy dać całej sieci elektrycznej. Naturalnie, wzór taki nie mógłby być ścisłym, gdyż niepodobieństwem jest uwzględnić rozmaite kształty sieci i rozmaite rozmieszczenie obciążenia. Nie o ścisłość też w tym wypadku idzie, gdyż dane, któremi rozporządzamy, również nie są ścisłe. Gdyby wzór dawał rezultaty z przybliżeniem przypuśćmy 20% i to nawet byłoby dla praktyki dostateczne, gdyż, jak wiadomo, przekroje fabryczne, z pośród których musimy wybierać, różnią się między sobą o 40% i więcej.


Rys. 4.


Rys. 5.

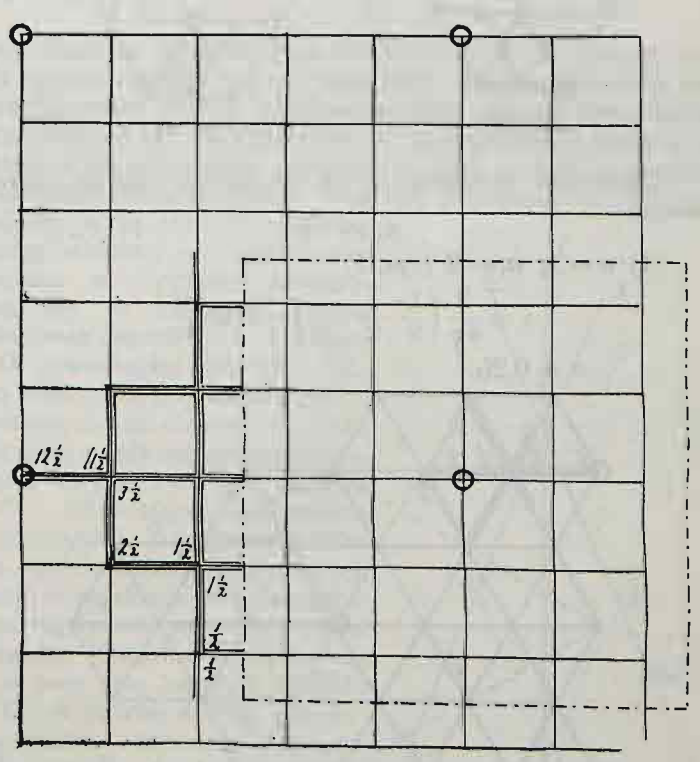
Sprobujmy wzór taki wyprowadzić, posiłkując się sposobem, jakiego prof. Sengel użył do obliczenia ilości punktów zasilających (E. T. Z. 1899 r., str. 807). Obliczymy mianowicie przekroje dla rozmaitych sieci złożonych z kwadratów, trójkątów i sześciokątów prawidłowych. Naturalnie, obliczać będziemy z przypuszczeniem, że obciążenie jest równomierne, a wszystkie przekroje w sieci—jednakowe. Zestawiwszy rezultaty tego rachunku, ułożymy ogólny wzór


Rys. 6.

do obliczenia przekrojów w siatkach prawidłowych a następnie wzór ten uogólnimy dla siatek wszelakich.

Oznaczmy przez

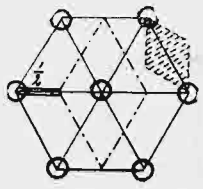
e — napięcie prądu w v.,
ε — najwyższy spadek napięcia w v.,
i — siłę prądu w amp., zużywaną na długości jednej gałęzi (czyli boku wielokąta),
q — przekrój przewodników w mm^2,


Rys. 7.

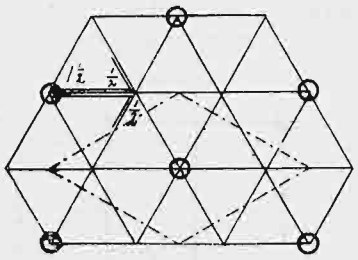
k — współczynnik przewodnictwa,
l — pojedynczą długość gałęzi (czyli boku) w m,
l_1 — odległość pomiędzy sąsiednimi punktami zasilającymi w m,
n_1 — ilość boków (gałęzi), przypadających na każdy punkt zasilający,
βl^2 — powierzchnię w m^2, przypadającą na każdy bok l, gdzie β jest współczynnikiem zależnym od kształtu sieci,

n — stosunek pomiędzy odległością punktów zasilających a długością boku, czyli

$$n = \frac{l_1}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$



Rys. 8.



Rys. 9.

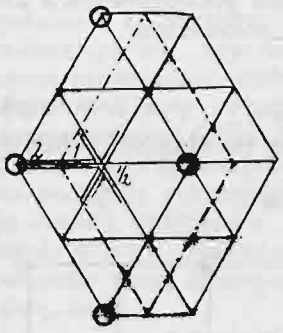
Dla prądu stałego spadek napięcia można wyrazić wzorem ogólnym

$$\varepsilon = \alpha \frac{i\,l}{k\,q} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

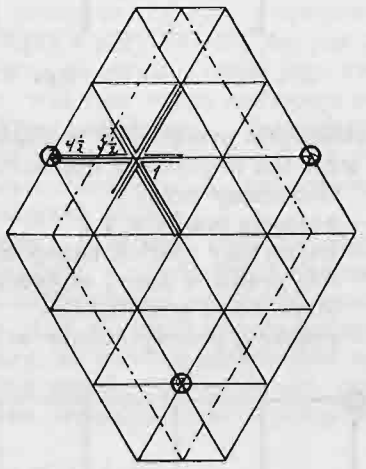
przyczem α oznacza współczynnik zależny od rodzaju sieci [1]).

Sieci złożone z kwadratów. Współczynnik β wynosi w danym razie

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}5.$$



Rys. 10.



Rys. 11.

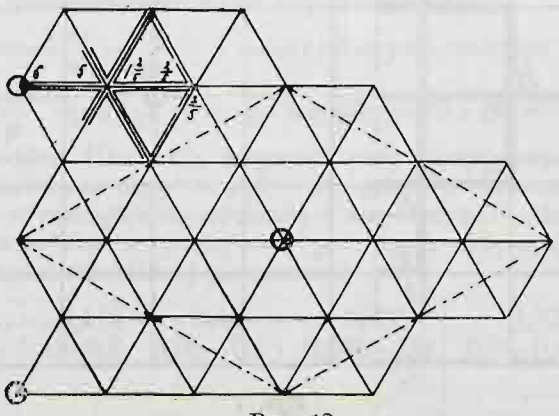
Zależność pomiędzy n_1 i n da się tu ogólnie wyrazić wzorem

$$n_1 = 2n^2.$$

1) $n = 1$; $n_1 = 2$ (rys. 1)

$$\varepsilon = \frac{2}{k\,q}\left(\frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 0{,}25\,\frac{il}{k\,q}$$

$\alpha = 0{,}25.$



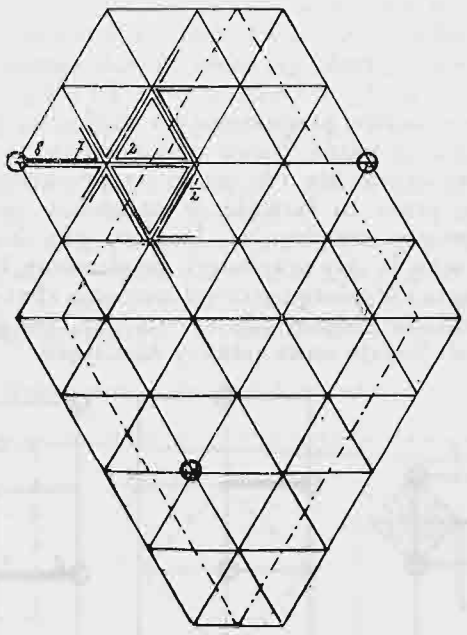
Rys. 12.

[1]) W rysunkach objaśniających obliczenie sieci oznaczyliśmy kółkami punkty zasilające, liniami przerywanemi otaczaliśmy przestrzeń przypadającą na każdy punkt zasilający (dla zliczenia n_1), liniami kropkowanemi cieniowaliśmy przestrzeń przypadającą na każdy bok l (dla obliczenia β), wreszcie do obliczenia najwyższego spadku napięcia podawaliśmy w jednem rozgałęzieniu siłę przepływającego prądu, przyjmując za jednostkę i; przyczem te boki, które czerpią prąd z jednego tylko punktu zasilającego, otoczyliśmy dwiema równoległemi kreskami, te zaś, które otrzymują prąd również i z drugiego punktu wskazaliśmy jedną kreską.

2) $n = \sqrt{2} = 1{,}41$; $n_1 = 4$ (rys. 2)

$$\varepsilon = \frac{2}{k\,q}\left(\frac{1}{2}\,i\,.\,l\right) = \frac{i\,l}{k\,q}$$

$\alpha = 1.$



Rys. 13.

3) $n = 2$; $n_1 = 8$ (rys. 3)

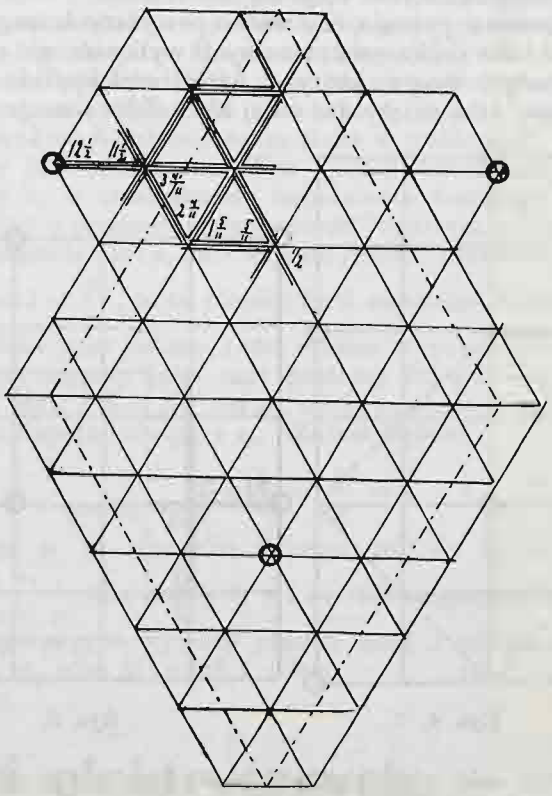
$$\varepsilon = \frac{2}{k\,q}\left(\frac{2+1}{2}\,i\,.\,l + \frac{1}{2}\,i\,.\,l\right) = 4\,\frac{i\,l}{k\,q}$$

$\alpha = 4.$

4) $n = 2\sqrt{2} = 2{,}83$; $n_1 = 16$ (rys. 4)

$$\varepsilon = \frac{2}{k\,q}\left(\frac{4+3}{2}\,i\,.\,l + \frac{1}{2}\,i\,.\,l\right) = 8\,\frac{i\,l}{k\,q}$$

$\alpha = 8.$



Rys. 14

5) $n = 3$; $n_1 = 18$ (rys. 5)

$$\varepsilon = \frac{2}{k\,q}\left(\frac{4\frac{1}{2}+3\frac{1}{2}}{2}\,i\,.\,l + \frac{1\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}{2}\,i\,.\,l + \frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 10{,}25\,\frac{i\,l}{k\,q}$$

$\alpha = 10{,}25.$

6) $n = 4$; $n_1 = 32$ (rys. 6)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{8+7}{2} i.l + \frac{2\frac{1}{3}+1\frac{1}{3}}{2} i.l + \frac{1\frac{1}{3}+\frac{1}{3}}{2} i.l + \frac{1}{2} i.l\right) = 21{,}33 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 21{,}33.$$

7) $n = 5$; $n_1 = 50$ (rys. 7)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{12\frac{1}{2}+11\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{3\frac{1}{2}+2\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{2\frac{1}{2}+1\frac{1}{2}}{2} i.l + \right.$$

$$\left. + \frac{1\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 36{,}25 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 36{,}25.$$

Sieci złożone z trójkątów. Współczynnik β wynosi w danym razie

$$\beta = 1 . \frac{\sqrt{3}}{6} = 0{,}289.$$

Zależność pomiędzy n_1 i n da się tu ogólnie wyrazić wzorem

$$n_1 = 3\,n^2.$$

1) $n = 1$; $n_1 = 3$ (rys. 8)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 0{,}25 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 0{,}25.$$

2) $n = \sqrt{3} = 1{,}73$; $n_1 = 9$ (rys. 9)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{1\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 2{,}25 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 2{,}25.$$

3) $n = 2$; $n_1 = 12$ (rys. 10)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{2+1}{2} i.l + \frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 3{,}25 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 3{,}25.$$

4) $n = 3$; $n_1 = 27$ (rys. 11)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{4\frac{1}{2}+3\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{1}{2} i.l\right) = 9 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 9.$$

5) $n = 2\sqrt{3} = 3{,}46$; $n_1 = 36$ (rys. 12)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{6+5}{2} i.l + \frac{1\frac{2}{5}+\frac{2}{5}}{2} i.l + \frac{1}{2}\,\frac{2}{5} i.\frac{2}{5} l\right) = 12{,}96 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 12{,}96.$$

6) $n = 4$; $n_1 = 48$ (rys. 13)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{8+7}{2} i.l + \frac{2+1}{2} i.l + \frac{1}{2}\,\frac{i}{2}\cdot\frac{l}{2}\right) = 18{,}25 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 18{,}25.$$

7) $n = 5$; $n_1 = 75$ (rys. 14)

$$\varepsilon = \frac{2}{kq}\left(\frac{12\frac{1}{2}+11\frac{1}{2}}{2} i.l + \frac{3\frac{4}{11}+2\frac{4}{11}}{2} i.l + \frac{1\frac{5}{11}+\frac{5}{11}}{2} i.l + \frac{1}{2}\cdot\frac{i}{2}\,\frac{l}{2}\right) =$$

$$= 31{,}886 \frac{il}{kq}$$

$$\alpha = 31{,}886.$$

(D. n.). *Stanisław Wysocki.*

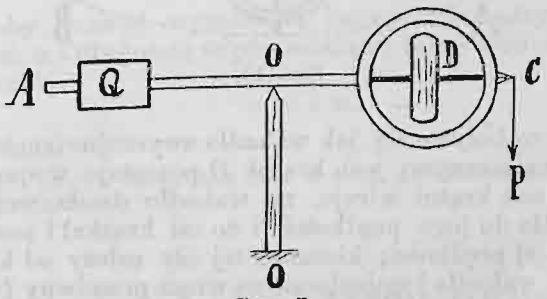
ZJAWISKO ZEEMAN'A.

Napisał **Wiktor Biernacki,** doc. Politechniki w Warszawie.

Rzecz wygłoszona na posiedzeniach technicznych w Stowarzyszeniu Techników w Warszawie w d. 9 i 16 lutego i 2 marca r. b.

(Ciąg dalszy do str. 178 w № 17 r. b.).

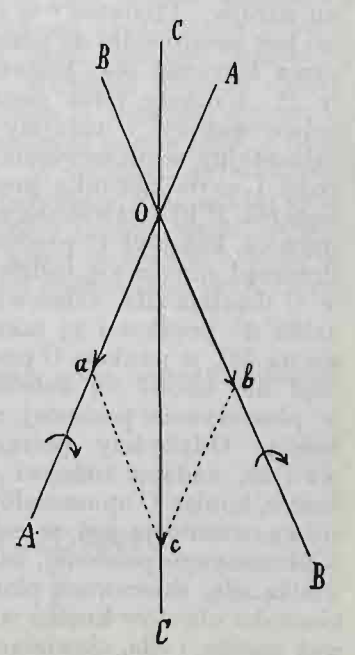
Przechodzimy do pewnego doświadczenia mechanicznego, które doskonale ruchy elektronu, drgającego w polu magnetycznem, uzmysłowić jest w stanie. Weźmy pod uwagę ważkę giroskopową (rys. 7). Przyrząd ten składa się z drążka metalowego, zawieszonego w punkcie O na ostrzu na podobieństwo igły magnesowej; na jednym końcu drążek łączy się z obręczą, w której znajduje się masowy krążek D, obracający się łatwo dokoła osi, mającej łożyska na obwodzie obręczy. Ciężar Q służy do zrównoważnienia ważki (prawej strony przyrządu). Przypuśćmy, żeśmy zrównoważyli przyrząd ciężarem Q i następnie zawieszamy na końcu C osi krążka ciężarek P, tak że obręcz z krążkiem przeważa i spada na



Rys. 7.

dół. Gdy wprowadzimy poprzednio krążek D (zwany giroskopem) w szybki ruch obrotowy, pierścień z krążkiem nie spada wówczas, natomiast cały drążek AC obraca się zwolna w płaszczyźnie poziomej około osi pionowej OO w jednym lub drugim kierunku, zależnie od kierunku obrotu krążka. Co się tyczy wielkości prędkości tego obrotu dokoła osi OO (lub prędkości liniowej np. końca C osi), to teorya wykazuje, że jest ona proporcyonalna do wielkości siły (ciężarka) P; prędkość ta zależy prócz tego od własności krążka (giroskopu) D, oraz od prędkości jego obrotów.

Niezbyt trudnem jest w zasadzie objaśnienie tego ruchu przyrządu dokoła osi OO (zwanego często ruchem precesyjnym). Ruchem wypadkowym dwóch ruchów obrotowych dokoła przecinających się osi jest ruch obrotowy dokoła osi, której kierunek można odnaleźć według zasady równoległoboku: wzdłuż osi AA i BB (rys. 8), począwszy od punktu O, w którym się przecinają, odłóżmy (w skali dowolnej) prędkości obrotowe Oa i Ob dokoła tych osi; prędkości Oa i Ob wykreślamy w tę stronę, z której patrząc widzimy oba obroty zachodzące w kierunku jednakowym, np. w kierunku obrotu wskazówek zegarowych. Przekątna Oc równoległoboku $Oacb$, którego bokami są prędkości ruchów obrotowych składowych Oa i Ob, daje nam prędkość ruchu obrotowego wypadkowego dokoła osi CC, układającej się wzdłuż tej przekątnej. Z podobnym składem dwóch ruchów obrotowych mamy do czynienia w ważce giroskopowej, jeżeli jedna jej strona przeważa. Krążek D (rys. 9) ważki obraca się szybko dokoła osi OC z pewną wielką prędkością, którą oznaczamy na rysunku strzałką Oc; przypuszczamy, że krążek, widziany z końca C osi, wiruje w kierunku obrotu wskazówek zegarowych. Niechaj, jak wskazano na rys. 7, na koniec C osi działa siła P, skierowana pionowo na dół. Siła ta sprawia obrót przyrządu dokoła osi poziomej $O_1\ O_2$, nadając w pewnym małym czasie prędkość obrotową Oo. Na zasadzie przytoczonej reguły składania ruchów obrotowych wnioskujemy, że osią obrotu wypadkowego po tym małym czasie będzie Oc'. Ponieważ przyrząd jest ruchomy dokoła osi pionowej, przeto drążek OC po-



Rys. 8.