

trudności, a wezmą w nim udział i organizacje stanowiące pracowników i samorządy te, do których swym pochodzeniem dany pracownik przynależy, i wreszcie państwo. Te trzy źródła napewno wystarczą na to, by nie było ludzi głodnych i nagich.

Tak więc zapewnione warunki utrzymania pracownika i jego rodziny bez względu na okoliczności (starość, kalectwo), przyczynią się do zrozumienia wartości pracy a tym samym będą do niej doskonałą zachętą.

3. Opieka prawna i lekarska. Możliwość zasięgnięcia porady prawnej nie jest może tak ważna jak opieka lekarska, nie mniej jednak jest konieczna. Życie nasuwa tyle różnego rodzaju spraw, które wymagają wiadomości z dziedziny prawa, a których to wiadomości przeciętny pracownik nie posiada. Słusznym więc jest, żeby mógł tych wiadomości bezpłatnie zasięgnąć u fachowca, a nie był wyzyskiwany przez jednostki albo niepowołane albo żerujące na jego nieświadomości.

Winien więc być na usługi pracowników oddany fachowiec udzielający porady prawnej.

Przejdźmy teraz na koniec do omówienia opieki lekarskiej. Trzeba sobie zdawać sprawę, że jest to jeden z fundamentalnych warunków wydajnej pracy. Człowiek trapiiony przez chorobę nie może mieć ani ochoty ani siły do pracy, a przez to nie jest pełnowartościowym pracownikiem. Dać więc trzeba pracownikom należyłą opiekę lekarską, a unikniemy strat wynikłych na skutek obłożnych chorób.

Należy tu wprowadzić periodyczne przeglądy lekarskie, przymusowe dla wszystkich pracowników, propagować i pouczać pracowników o higienie, stworzyć poradnie, szpitale zależne od przedsiębior-

stwa lub od związków branżowych, a kontrolowane przez odpowiedni państwowy resort zdrowia czy opieki społecznej. Nie można tu zapominać naturalnie o rodzinach pracowników, które na równi muszą mieć możliwość korzystania z tej opieki lekarskiej.

Pozostaje jeszcze kwestia ubezpieczeń na wypadek obłożnej choroby. Naturalną jest rzeczą, że pracownik chorujący dłużej niż pewną określoną statutem czy ustawą ilość dni musi otrzymywać zasiłek. Fundusze na to muszą powstać znów z obowiązkowych składek, nie mogą one jednak być wspólne z funduszami rent starczych, nie mogą być zwaloryzowane przez pracowników, a muszą służyć jedynie i wyłącznie opiece lekarskiej i zdrowiu pracowników i ich rodzin.

Na tym skończylibyśmy ujęcie w najogólniejszym zarysie tych czynników, które przyczyniają się do podtrzymania ochoty do wydajnej pracy pracowników w przemyśle.

Jako najogólniejszą zasadę należy tu przyjąć: podnoszenie duchowe i kulturalne pracownika, sprawiedliwa jego samego, jego uzdolnień i pracy ocena, doskonała organizacja pracy, słuszną i sprawiedliwą płacą za pracę, zabezpieczenie przyszłości pracownika, najtroskliwsza opieka roztaczana nad nim i jego rodziną.

Należy zawsze pamiętać, że od wydajnej pracy pracowników zależy rozwój każdego, bez względu na wielkość, przedsiębiorstwa i że wszelkie wydatki związane z podniesieniem tej wydajności stokrotnie się opłacają.

Aleksander Sierz

## L I T E R A T U R A

Doboszyński Adam. „Gospodarka Narodowa” — Warszawa 1934.

Ford Henry. „Moje życie i dzieło”. — Warszawa 1925.

Hauswald Edwin. „Organizacja i zarząd” — Lwów, 1935.

Hauswald Edwin. „Płace premiowe Rowana i kołowe (cykliczne)”. — Warszawa 1923.

Komitet Federacji Stow. Inż. Ameryk. „Marnotrawstwo w przemyśle” — Warszawa 1926.

## Teoria i zastosowanie promieni Roentgena

Znaczenie promieni Roentgena w ostatnich czasach wrosło ogromnie. Pomijając stosowanie tych promieni w naukach lekarskich, należy stwierdzić, że obecnie każda większa huta, odlewnia, fabryka mechaniczna, laboratorium chemiczne lub przedsiębiorstwo budowlane nie może obejść się bez stosowania tych promieni do swych celów, dlatego też każdy technik, chemik czy mechanik lub architekt powinien mieć pewne zasadnicze wiadomości o nich.

Jest rzeczą powszechnie wiadomą, że promienie rentgenowskie powstają przez zahamowanie promieni katodowych czyli strumienia elektronów na stałej powierzchni zwanej anty-

katodą. Podczas gdy promienie katodowe mają charakter korpuskularny, promieniowanie rentgenowskie jest charakteru elektromagnetycznego. W widmie elektromagnetycznym rozróżniamy, poczynając od fal najdłuższych, pięć obszarów obejmujących: a) fale radiowe; b) fale podczerwone-ciepne; c) fale świetlne; d) fale rentgenowskie i wreszcie e) fale pozarentgenowskie — promienie  $\gamma$ -radu i ultra  $\gamma$  czyli promienie kosmiczne. Nie muszą tu dodawać, że podział ten jest dość swobodny. Długość fal promieni Roentgena jest bardzo mała, są one rzędu Angströmów — symbol  $\text{\AA}$ . 1 Angström =  $10^{-8}$  cm. Nieraz fale te mierzy się w tzw. „ixach”,

$1 \text{ \AA} = 1000 X$  czyli  $X = 10^{-3} \text{ \AA} = 10^{-11} \text{ cm}$ . Dla porównania podaję długości fal elektromagnetycznych znanych szerszemu ogółowi.

Nazwa promieniowania	Długość fal
Telegraf bez drutu — radio	2000 m — 0,5 mm
Promienie ultraczerwone — ciepłe	0,5 mm — $1 \mu \left( \frac{1}{1000} \text{ mm} \right)$
Widmo widzialne — światło widzialne	$0,4 \mu — 0,8 \mu =$ $= 4000 \text{ \AA} — 8000 \text{ \AA}$
Promienie ultrafioletowe — działające chemicznie	$0,1 \mu — 0,4 \mu =$ $= 1000 \text{ \AA} — 4000 \text{ \AA}$
Wielka przerwa — promieniowanie jeszcze nie zbadane	
Promienie Roentgena	$20 \text{ \AA} — 0,06 \text{ \AA} =$ $= 20000 X — 60 X$
Promienie $\gamma$ , otrzymane przez rozkład radu, toru, aktynu itd.	$\sim 20 X$ zależnie od pierwiastka
Promienie ultra $\gamma$ czyli promienie kosmiczne dochodzące na ziemię z mgławic spiralnych a powstające wskutek zaniku masy	0,21 — 0,38 X

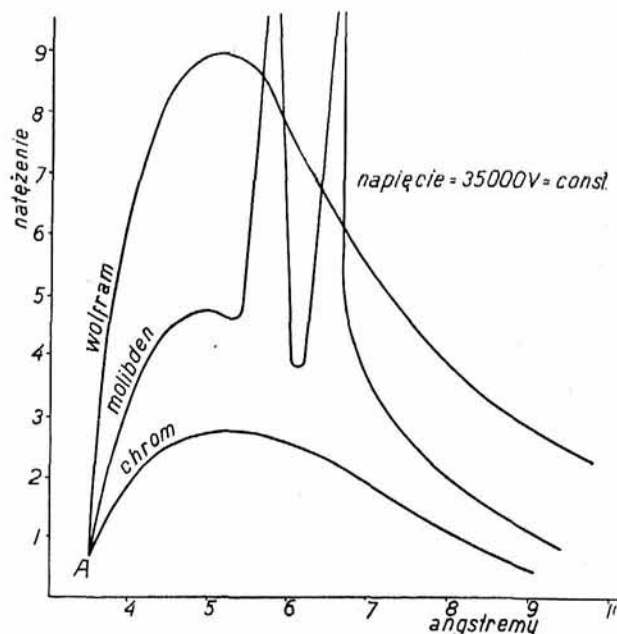
Tabela 1

Promienie Roentgena zależnie od długości fal mają różną przenikliwość. Dla jakościowego oznaczenia pr. Roentgena posługujemy się różnymi nazwami. Oznaczenia gatunków promieni podaje poniższa tabela.

Długość fal	Przenikliwość	Twardość	Absorbcja
długo-falowe	mało przenikliwe	miękkie	łatwo absorbowane
krótko-falowe	bardzo przenikliwe	twarde	trudno absorbowane

Tabela 2

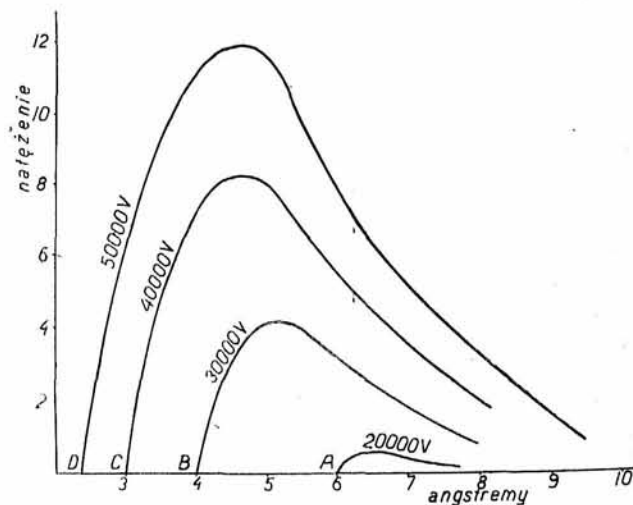
Przy uderzaniu strumieni elektronów o antykatodę, powstają dwa rodzaje promieniowania rentgenowskiego. Mianowicie promieniowanie hamowane, które podobnie do białego światła widzialnego, składa się z całego szeregu fal i daje widmo ciągłe, podczas gdy drugi rodzaj promieniowania jest charakterystyczny antykatody, które to składa się z kilku długości fal w formie widma prążkowego. W wypadku promieniowania hamowanego długość fal jest niezależna od materiału antykatody, jednakowoż intensywność emitowanego promieniowania hamowanego zwiększa się im wyższa jest liczba porządkowa danego pierwiastka wchodzącego w skład antykatody. (Rys. 1.) Znajomość widma hamowanego jest dla chemika bardzo ważna, gdyż o niektórych wypadkach obecność jego jest niepożądaną i dlatego staramy się to widmo wyeliminować, z drugiej zaś strony chodzi nam w niektórych przypadkach o otrzymanie widma hamowanego, które służy do niektórych



rys. 1.

Zależność natężenia promieniowania od materiału antykatody przy stałym napięciu

celów jak np. do analizy spektralnej, do metod diagnostycznych czyli absorbcyjnych. Rozkład energii promieniowania hamowanego dla różnych długości fal, zmienia się z napięciem. Ze wzrastającym napięciem widmo hamowane przesuwają się w kierunku fal „twardszych”, i równocześnie wzrasta natężenie ogólne co pokazuje rys. 2. Z drugiej strony wzrasta natężenie fal proporcjonalnie do liczby porządkowej w układzie periodycznym pierwiastka z którego zbudowana jest antykatoda (rys. 1). Dlatego używamy do metod absorbcyjnych gdzie chodzi nam o jak najtwardsze fale ciężkie pierwiastki jak np. wolfram. Rozkład natężenia przypomina rozkład natężenia dla promienio-



rys. 2.

Zależność długości fal od przyłożonego napięcia na rurę rentgenowską dla antykatody wolframowej.

wania ciała doskonale czarnego, tylko tu nie mamy do czynienia z izotermami ale z krzywymi stałego napięcia. Dla promieniowania rentgenowskiego punkty przecięcia się krzywych stałego napięcia dla różnych antykato — rys. 1. schodzą się w tak zwanym progu Einsteina, punkt *A* na rys. 1, którego położenie zależy wyłącznie od wysokości przyłożonego napięcia. Próg ten przesuwają się w lewo ze wzrostem napięcia np. dla antykato dy wolframowej na rys. 2. punkty *A*, *B*, *C* i *D*.

Z kolei należy omówić promieniowanie charakterystyczne, które występuje z reguły obok widma hamowanego. Promieniowanie charakterystyczne każdego pierwiastka dzielimy na kilka serii np. *K*, *L* i *M*. Długość fal serii *K* jest najkrótsza, najprzenikliwsza, zatem „najtrwalsza”. Długość fal seryj *L* i *M* są dłuższe, więc mniej przenikliwe, „miększe”. Oprócz tych seryj wysyłają pierwiastki, oczywiście zależnie od liczby porządkowej jeszcze serie *N*, *O*, *P*, *Q* coraz to dłuższej falowe. Pierwiastki okresu I to znaczy wodór lp. 1 i hel lp. 2 mają tylko serię *K*, okresu II od litu lp. 3 do neonu lp. 10 serię *K* i *L*, okresu III od sodu lp. 11 do argonu lp. 19 serię *K*, *L* i *M*, okresu IV od potasu lp. 19 do kryptonu lp. 36 serię *K*, *L*, *M* i *N* okresu V od rubidu lp. 37 do ksenonu lp. 54 serie *K*, *L*, *M*, *N* i *O*, okresu VI od ceru lp. 54 do emanacji lp. 86 serie *K*, *L*, *M*, *N*, *O* i *P*, i wreszcie ostatniego okresu VII od lp. 87 do uranu lp. 92 serie *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P* i *Q*.

Aby zrozumieć pochodzenie tych seryj trzeba oprzeć się na zasadniczych wiadomościach z budowy materii.

Każdy pierwiastek składa się z atomów. Atom jest złożony z jądra atomowego i sfery zewnętrznej tj. skorup elektronowych nazwanych kolejno literami *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P* i *Q*. Jest tyle seryj fal ile skorup. Jądro atomowe, jako siedlisko masy jest złożone z protonów i elektronów. Sfera zewnętrzna to znaczy elektrony są siedliskiem własności magnetycznych, optycznych i chemicznych atomu. Elektron jak wiadomo jest najmniejszą cząstką elektryczności ujemnej, jest więc atomem elektryczności. Proton ma ładunek dodatni równy ładunkowi elektronu, jest od niego około 1800 razy cięższy i stanowi jak wiadomo jądro najlżejszego atomu tj. wodoru. Jeżeli odejmiemy ilość elektronów znajdujących się w jądrze od protonów to otrzymamy liczbę porządkową pierwiastka, to znaczy ilość niezobojętnionych protonów jądra. Elektrony krążą w różnych odległościach od jądra, wypełniając wyżej wymienione skorupy elektronowe. Pod skorupami elektronów należy zrozumieć tory (elipsy) po których krążą elektrony. W poszczególnych skorupach może się znajdować pewna maksymalna ilość elektronów i tak w skorupie *K* — 2 elektrony, *L* — 8, *M* — 18, *N* — 32, *O* — 18, *P* — 13, *Q* — 2. Elektrony należące do jednej skorupy nie krążą po jednym torze, lecz po kilku torach (elipsach) różniących się energetycznie,

tory elektronów w danej skorupie oznaczamy literami *s*, *p*, *d*, *f*. Budowę atomu porównać można do budowy układu planetarnego: Np. słońce jest jądrem, a krążące dookoła niego planety po ściśle określonych torach wyobrażają elektrony. Różnicy zasadniczej niema, jest tylko różnica wymiarowa. Poszczególne skorupy elektronów nie są sobie energetycznie równoważne. Elektrony krążące najbliższej jądra są najsilniej przyciągane przez ładunek jądra, elektrony dalej leżące słabiej. Siłę przyciągania możemy obliczyć z fundamentalnego

prawa elektrostatyki, prawa Coulomba:  $F = \frac{e_1 e_2}{r^2}$ .

Jak widzimy dalsze elektrony są stosunkowo słabiej związane z jądrem. Opierając się na warunku kwantowym Bohra, stwierdzić należy, że Elektrony nie mogą krążyć po dowolnych torach, lecz tylko po ściśle określonych. Poza warunkiem kwantowym, Bohr stwierdził, że tory te są energetycznie stacjonarne, to znaczy, że elektron krąży po nich bez emitowania promieniowania. Elektrodynamika klasyczna wymaga by elektron krążący tracił stale swoją energię, podczas gdy elektrodynamika kwantowa stoi na przeciwnym stanowisku. Energia *E* potencjalna i kinetyczna elektronu jest największa, gdy ten znajduje się blisko jądra, a maleje gdy odległość elektronu od jądra wzrasta. Elektron oddaje lub pobiera energię tylko przy przeskoku elektronu z toru stacjonarnego jednej skorupy na tor drugiej. Przy przeskoku np. ze skorupy *K* na *L* lub z *L* na *K* jest wydzielona energia równa różnicy energii ( $E_K - E_L$ ) obu torów w formie kwantu energii  $h\nu$  ( $E_K - E_L = h\nu = E_{KL}$ ).

*h* — stała Plancka ma wymiar działania erg. sek =  $6,458 \cdot 10^{-27}$  erg. sek;  $\nu$  — frekwencja.

Jak z wyżej przytoczonego równania wynika, przy przeskoku elektronu ze skorupy *K* na *L* emitowane jest (lub absorbowane) promieniowanie o frekwencji  $\nu$  zależnej tylko od różnicy  $E_K - E_L = E_{KL}$ . Ponieważ różnice energetyczne *E* między poszczególnymi skorupami są stałe, więc zmienna jest tu tylko frekwencja  $\nu$ , której wartości są ściśle określone wartościami *E*. Charakterystyczna długość wynosi zatem

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

*c* — szybkość światła  $\lambda$  — długość fali.

Jak już wspomniano elektrony ze skorup *K*, *L* i *M*, gdyż tylko te ostatnie posiadają praktyczne znaczenie, różnią się siłą z jaką przyciągane są przez jądro i dlatego, jak wynika z prawa Coulomba, potrzeba więcej energii aby wyrzucić elektron ze skorupy *K*, a mniej aby usunąć elektron ze skorup *L* i *M*.

W jaki sposób dochodzi do emitowania promieni Roentgena?

Mechanizm powstawania tych promieni jest ten sam jak przy emitowaniu promieni widzialnych. Np. związek sodu ogrzany w palniku gazowym emituje żółte monochromatyczne światło.



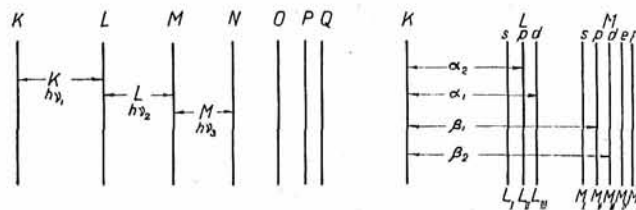
tło. Przez doprowadzenie energii cieplnej zostaje atom sodu pobudzony i wysyła z jednego z zewnętrznych torów, daleko od jądra, gdyż energia doprowadzona jest mała, elektron w przestrzeni. W ten sposób powstaje układ nietrwały, bogatszy w energię. Natychmiast elektron najbliższej skorupy zajmuje opróżnione miejsce i przy przeskoku tym emituje charakterystyczną falę określonej długości, w tym wypadku widzialną. Podobnie, ogrzewany blok żelaza wysyła wprawdzie promienie cieplne, dalej zaś ogrzewany zaczyna się rozżarzać i wysyła również promienie widzialne, a w miarę podwyższenia temperatury barwa jego staje się coraz bardziej jaskrawsza i przy bardzo wysokich temperaturach np. w łuku elektrycznym, promieniowanie staje się bogatsze w coraz to krótsze długości fal tj. w promieniowanie ultrafioletowe. Stąd widzimy, że dla otrzymania promieni ciepłych potrzeba stosunkowo mało energii, dla świetlnych więcej, a dla otrzymania promieni ultrafioletowych potrzeba już temperatur b. wysokich. Z tabelki 1 widzimy różnicę w długościach fal pomiędzy ultrafioletem a promieniami Roentgena i stąd zrozumiemy energetyczną różnicę pomiędzy nimi.

W przeciwieństwie do promieni widzialnych, promienie Roentgena powstają przez usunięcie elektronów w jednej z trzech skorup  $K$ ,  $L$ ,  $M$ , leżących najbliżej jądra. Taki atom z luką w skorupie jest energetycznie bogatszy niż przed „okaleczeniem”, jednakowoż żywot pobudzonego atomu jest bardzo krótki, luka zostaje zapełniona elektronem z sąsiedniej skorupy. Skutkiem tego, że pobudzony atom jest bogatszy w energię od normalnego, musi być nadmiar energii przy reorganizacji atomu oddany, a następuje to w formie promieniowania rentgenowskiego. Wielkość  $\nu$  a tym samym  $\lambda$  jest podana przez różnicę siły związania elektronów w tych dwóch skorupach. Jeżeli narysujemy poziomy energetyczny poszczególnych skorup to pojmemy powstawanie poszczególnych seryj. (rys. 3).

Przy przeskoku elektronów ze skorup  $L$ ,  $M$ ,  $N$  itd. na lukę w skorupie  $K$  otrzymamy fale serii  $K$ , tak samo gdy przeskoczy elektron ze skorup  $M$ ,  $N$ ,  $O$  do luki w skorupie  $L$ . Jak już poprzednio zauważono każda skorupa posiada jeszcze swoje poszczególne tory  $L_I$ ,  $L_{II}$  itd. (typy torów  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $f$ ).

Jak widzimy z rys. 4 otrzymamy w danej serii kilka długości fal np. dla serii  $K$ :  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  i  $\beta_2$ . Im z dalszej orbity elektron dostaje się w lukę  $K$ , a fala powstała będzie krótsza. Np. długości fal serii  $K$  dla molibdenu wynoszą w Å  $K\alpha_2 = 0,717$ ,  $\alpha_1 = 0,707$ ,  $\beta_2 = 0,620$ ,  $\beta_1 = 0,631$ . Oczywiście natężenia charakterystycznego promieniowania poszczególnych fal będzie różne. Pochodzi to stąd, że luka w  $K$  zostaje częściej zapełniona elektronem ze skorupy  $L$  niż  $M$  i dalszych. Np. dla molibdenu natężenia poszczególnych linii mają się jak

$$\alpha_1 : \alpha_2 : \beta_1 : \beta_2 = 100 : 49 : 15 : 2.$$



Rys. 3.

Schemat powstania fal  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  i  $\beta_2$  dla serii  $K$

Rys. 4.

Poziomy energet. poszczególnych skorup.

Największe natężenie ma linia  $\alpha$ , drugie są osłabione i nie przeszkadzają nam w zdjęciach.

Długość fali promieniowania charakterystycznego jest ściśle właściwością atomową pierwiastka. Im pierwiastek lżejszy tym ma dłuższe falowe promieniowanie charakterystyczne, a im cięższy tym krótsze. Jest rzeczą ciekawą, że najkrótsze promieniowanie charakterystyczne, można w obecnych warunkach osiągnąć z serii  $K$  uranu, oczywiście pomijam tu tzw. transurany pierwiastki cięższe od uranu o liczbie porządkowej 93, 94, 95, które nie zostały jeszcze zbadać. Krótsze fale można osiągnąć w promieniowaniu hamowanym.

Długość fali promieniowania rentgenowskiego określa prawo Moseley'a wyrażone wzorem:

$$\nu = \frac{1}{\lambda} = 2,47^{15} (Z-1)^2$$

gdzie  $Z$  - liczba porządkowa pierwiastka emitującego promieniowanie rentgenowskie. Wzór Moseley'a wykazał zatem wielką prostotę w budowie charakterystycznych widm rentgenowskich pierwiastków i dał nam dowód ścisłej analogii w budowie skorup elektronowych wszystkich pierwiastków. Zapomocą widm rentgenowskich zdołano wykryć rzadkie pierwiastki jak hafnium  $Hf$ , renium  $Re$  i mazurium  $Ma$ .

W praktyce uzyskujemy promienie Roentgena w dwojaki sposób: 1) metodą jonizacyjną 2) metodą elektronową.

Otrzymanie promieni pierwszą metodą polega na zjonizowaniu rozrzedzonych gazów pod ciśnieniem około  $\frac{1}{1000}$  mm słupa rtęci, między

dwiema elektrodami metalowymi wysokim napięciem. Jedna elektroda jest ujemna, druga dodatnia. Przez przyłożenie wysokiego napięcia następuje jonizacja rozrzedzonego gazu na jony dodatnie i ujemne. Dodatnie jony są przyciągane przez elektrodę ujemną — katodę i uderzają na nią z wielką siłą, wybijając elektrony, które jako mające ładunek ujemny pędzą do elektrody dodatniej zwanej antykatodą (anoda), i przy zahamowaniu tych elektronów na antykatodzie następuje emisja promieni rentgenowskich. Tego rodzaju rury na tej zasadzie oparte nazywają się jonowymi. Tą metodą otrzymał Roentgen w latach 1895—1898 pierwsze promienie.

Druga metoda datująca się od roku 1912

została wynaleziona przez Lilienfeld'a i Coolidge'a. Opiera się ona na efekcie Richardсона. Efekt Richardсона polega na tym, że drucik rozżarzony i będący w wysokiej próżni rzędu  $10^{-6}$  mm słupa rtęci, wysyła elektrony. Strumień elektronów uzyskujemy wówczas, gdy naprzeciw drucika ustawimy drugą elektrodę, i gdy do tych elektrod przyłożymy wysokie napięcie. Schemat rury Lilienfeld'a-Coolidge'a zwanej elektronową wskazuje rys. 5. Elektrony opuszczające drucik rozżarzony uderzając o antykatodę dają promienie Roentgena.

Rury elektronowe są o wiele łatwiejsze do opanowania. Przy nich można natężenie i jakość promieniowania rentgenowskiego niezależnie od siebie przez zmianę napięcia czy natężenia prądu wyregulować. Zmiana prądu elektronowego następuje przez zmiany prądu żarzenia drucika katody, im wyższa jest temperatura drucika, tym więcej wysyła on elektronów. Jest to więc regulacja intensywności (natężenia) promieniowania, która jest proporcjonalna do prądu elektronowego płynącego przez rurę. Natężenie strumienia elektronów mierzy się w miliamperach. Regulację wysokiego napięcia a co za tym idzie długości fali uzyskujemy zmianą pierwotnego napięcia transformatora. Przy rurach zawierających rozrzedzony gaz tzn. jonowych, zależności te są bardziej skomplikowane. Prąd elektronowy jest tu wybitnie zależny od wysokości próżni jaka panuje w rurze, i właśnie w tych miejscu leży wyższość rur elektronowych nad jonowymi.

Każdy pierwiastek będzie emitował charakterystyczne promieniowanie gdy dostarczymy mu wystarczającą energię. Dla uzyskania poszczególnych serji  $K$ ,  $L$ ,  $M$  jak już poprzednio wytłumaczono potrzeba różnych napięć, największe dla uzyskania serji  $K$ , najmniejsze dla uzyskania serji  $M$ . Każda z tych serji posiada minimalne napięcie zależne od pierwiastka potrzebnego dla emitowania tych promieni. Napięcie to określone jest progiem absorpcji: oblicza się z równania  $\lambda V = 12,3 = \text{const}$  (uderza tu podobieństwo do prawa Wiena  $\lambda_{\text{max}} T = \text{const}$ )  $\lambda$  — długość fali  $V$  — napięcie w kilowoltach. Zależności pomiędzy energią kinetyczną elektronu, ładunkiem elektronu i napięciem, stałą Plancka i frekwencją można ująć w następujące wzory, ważne tylko dla progu absorpcji — zwanym też progiem Einsteina.

$$\frac{mv^2}{2} = eV = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad v = \frac{c}{\lambda}$$

$v$  — szybkość elektronu,  $m$  — masa elektronu,  $\nu$  — frekwencja,  $\lambda$  — długość fali,  $V$  — napięcie w kilowoltach,  $e$  — ładunek elektronu w J. E. M.,  $h$  — stała Plancka,  $c$  — szybkość światła. Zwiększając napięcie zwiększamy  $v^2$  czyli energię kinetyczną elektronu, frekwencja  $\nu$  wzrasta a tym samym maleje długość fali  $\lambda$ . Jeśli rozwiniemy wzór:

$$eV = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_K - E_M = E$$

$$\lambda V = \frac{hc}{e}$$

i jeżeli podstawimy wartości  $h = 6,548 \cdot 10^{-27}$  erg. sek.

$$e = 1,59 \cdot 10^{20} \text{ J. E. M. } c = 3,10^{10} \text{ cm/sek.}$$

otrzymujemy wartość  $\lambda V = 12,3$ .

Równanie  $\lambda V = 12,3$  określa nam tzw. próg absorpcji, czyli to minimalne napięcie, które potrzebne jest do pobudzenia pierwiastka do promieniowania charakterystycznego. Np. aby wywołać promieniowanie serji  $K$  dla molibdenu trzeba doprowadzić energię odpowiadającą długości fali  $\lambda = 0,618 \text{ \AA}$  czyli progowi absorpcji, pomimo, że fala  $K\alpha$ , tej serji wynosi  $0,707 \text{ \AA}$ . Jeśli wstawimy tę wartość do wzoru to otrzymamy:

$$V = \frac{12,3}{0,707} = 17,4 \text{ KV}$$

Stosując to napięcie nie uzyskamy promieniowania  $K\alpha$ , molibdenu, dopiero gdy podstawimy do wzoru:  $\lambda V = 12,3$ , wielkość odpowiadającą długości fali odpowiadającej progowi absorpcji dla serji  $K$  molibdenu to otrzymamy żądane promieniowanie i napięcie to wynosić będzie

$$V = \frac{12,3}{0,618} = 19,9 \text{ KV}$$

Próg absorpcji jak już wspomniano jest to minimalne napięcie jakie potrzeba do pobudzenia pierwiastka do emitowania żadanego promieniowania i dlatego też natężenie jego będzie jeszcze słabe i czas ekspozycji dla zdjęcia będzie bardzo długi, i dlatego aby zwiększyć natężenie danego promieniowania i tym samym skrócić czas ekspozycji zwiększamy napięcie. Zależności pomiędzy wzrostem napięcia i natężeniem promieniowania są następujące

$$10.000 : 15.000 : 20.000 : 25.000 = 1 : 7 : 16 : 25$$

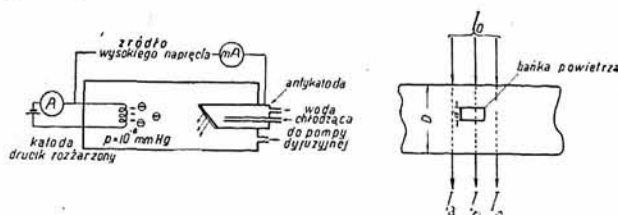
Zależności te są objęte wzorem:

$$I = k(V - V_0)^n$$

$n \sim 2$   $k$  — stała  $I$  — natężenie promieniowania  $V_0$  — napięcie dla progu absorpcji w kilowoltach  $V$  — napięcie przyłożone na rurę.

Tak przedstawia się w ogólnych zarysach teoria powstania promieni Roentgena. Temat nie byłby wyczerpany, gdyby nie wspomniano o zastosowaniu tychże.

W ogólności można podzielić zastosowanie promieni Roentgena na trzy metody: 1) metody absorbcyjne, 2) metody interferencyjne, 3) analiza spektralna.



Ryc. 5. Schemat rury rentgenowskiej wg. Lilienfeld'a-Coolidge'a

Przejście promieni przez niejednorodny materiał np. żelazo.



Metoda absorbcyjna ma zastosowanie w diagnostyce lekarskiej i materiałoznawstwie. Technika dzisiejsza posługuje się nią coraz częściej. Służy ona do wykrywania por, likwacji, pęknięć w częściach maszyn, odlewach, spoiwach itp. Tutaj są stosowane promienie twarde b. przenikliwe. Napięcia używane wynoszą od 100.000 V do 500.000 V i nawet więcej. Metody absorbcyjne opierają się na różnicy współczynników absorpcji poszczególnych materiałów. Absorpcja jest własnością atomową i sumuje się gdy mamy do czynienia ze związkiem chemicznym.

Prawo absorpcji brzmi

$$I = I_0 e^{-\mu D}$$

$I_0$  = natężenie pierwotne padającego promienia

$I$  = natężenie promienia po przejściu przez materiał o grubości  $D$  cm,

$\mu$  = współczynnik osłabienia charakteryzujący dany materiał, zależy on od tego jakie pierwiastki wchodzi w dane ciało,  $\mu = f$  (składu chem.  $\lambda$ ). Chcemy np. wykryć niejednorodność w żelazie. rys. 6.

Stosujemy prawo absorpcji, pomijamy tu absorpcję w powietrzu jako b. małą w stosunku do żelaza.

$$I_A = I_0 e^{-\mu(D-d)}$$

$$I_B = I_0 e^{-\mu D}$$

$$\frac{I_A}{I_B} = e^{\mu d}$$

Stosunek  $I_A$  do  $I_B$  nazywamy kontrastowością uzyskaną na zdjęciu lub ekranie, i jest proporcjonalny do  $d$  i  $\mu$ . Aby otrzymać duże kontrasty musimy używać dużego  $\lambda$  dla badań diagnostycznych. Z drugiej strony długofalowe promieniowanie jest b. silnie absorbowane w materiałach i czas ekspozycji byłby bardzo długi (parę godzin, dni), i dlatego, aby czas ten skrócić musimy zmniejszyć  $\lambda$ , oczywiście ten kompromis odbija się na kontrastowości obrazu. Zasada przy takich zdjęciach jest taka, skrócić czas ekspozycji do kilku minut względnie godzin zachowując jak najlepszą kontrastowość obrazu. Jeszcze jest jedna przeszkoda przy stosowaniu krótkich fal którą należy ominąć. Mianowicie według praw fotochemicznych tylko ta część promieniowania działa chemicznie, która zostaje zaabsorbowana przez warstwę emulsji na kliszy fotograficznej, promienie przechodzące i odbite nie działają chemicznie. Fale krótkie są zatem fotochemicznie mniej czynne niż długie, dlatego stosuje się ekrany np. z platynocjanku baru, który pod wpływem promieni rentgenowskich fluoryzuje światłem o dłuższym  $\lambda$  i ten obraz na ekranie fotografujemy co skraca wybitnie czas ekspozycji. Dla przykładu podaję przenikliwość promieni Roentgena przy różnych napięciach. Dla prześwietlania stali o grubości 8 cm trzeba napięcia wynoszącego 200 KV, dla stali o grubości 12 cm napięcia 240 KV. Czas zdjęcia stali o grubości 10 cm przy napięciu

240 KV wynosi 40 minut. W nowoczesnym budownictwie mają również zastosowanie promienie Roentgena szczególnie dla badania budowli żelbetowych, mostów kolejowych itp. Dla prześwietlania żelbetu o grubości powyżej 40 cm trzeba stosować napięcia wyższe niż 350 KV.

Metody interferencyjne opierają się na ugięciu promieni Roentgena przy przejściu przez krystaliczne ciała. Metody te służą do zbadania mikrostruktury materiału, dla określenia położenia kryształów w materiale i atomów w kryształach pojedynczym. Z położenia kryształów w materiale można wyciągnąć wnioski w jaki sposób materiał był obrabiany (zgniot, rozciąganie, termiczna obróbka). Określenie położenia atomów w kryształach pojedynczym ma zastosowanie dla zbadania w jakim układzie dany związek krystalizuje, w nauce o stopach metalicznych itp. Dla badań tego rodzaju są pożądane rury rentgenowskie, które wysyłają monochromatyczne (charakterystyczne) promieniowanie. Napięcia tu stosowane są względnie niskie i wynoszą około 30.000—80.000 V. Dla otrzymania monochromatycznego, charakterystycznego promieniowania używa się rury z antykataodą o pożądanym promieniowaniu charakterystycznym.

Długość fal promieni Roentgena są tego samego rzędu co odległości w kryształach. Kryształy które obserwujemy w mikroskopie przy normalnych powiększeniach, nie są prostymi składnikami. Składają się one z elementów ultramikroskopowych, utworzonych z regularnie powtarzających się elementarnych układów geometrycznych, niewidocznych nawet przy największych powiększeniach, lecz dających się rozdzielić na części składowe przy pomocy analizy rentgenograficznej. Układy te cechuje swoista budowa, w postaci siatki przestrzennej właściwej związkowi chemicznemu i metalom. Budowa kryształów jest nieciągła, cegiełką budowy kryształu jest atom lub jon. Sieć przestrzenna jest to elementarna, najmniejsza część kryształu nie dająca się już podzielić na mniejsze bez zniszczenia symetrii danej sieci. Rozróżniamy sześć układów kryształograficznych w których mieszczą się wszystkie ciała krystaliczne. Są to układy: 1) regularny, 2) tetragonalny, 3) heksagonalny, 4) rombowy, 5) jednoskośny, 6) trójskośny. Sieć przestrzenna charakteryzuje nam dany związek. Sześcienną jest jednostką należącą do układu regularnego, aby go scharakteryzować starczy podać krawędź sześcienu. Aby scharakteryzować pierwiastek względnie związek chemiczny wystarczy podać krawędź czyli odległość pomiędzy dwoma atomami, danej sieci przestrzennej, odległość ta nazywa się stałą sieci przestrzennej lub parametrem. Aby scharakteryzować kryształ krystalizujący w układzie tetragonalnym starczy podać krawędzi w sieci przestrzennej podstawy i wysokości, gdyż jak wiadomo układ tetragonalny charakteryzuje się graniastostupem o podstawie kwadratowej. Kryształ np. soli kamiennej jest naturalną



siatką interferencyjną dla promieni Roentgena. Pierwszy raz zostały ugięte promienie Roentgena w kryształach w roku 1912 przez Lauego, Friedricha i Knippinga. Fundamentalnym prawem dla metod interferencyjnych jest prawo Bragga wykryte w 1913 r. Brzmi ono:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

$n=1, 2, 3$  itd.  $d$  — odległości płaszczyzn sieci przestrzennej  $\theta$  — kąt odbłyśku (odbicia).

Promienie widzialne jak wiadomo odbijają się pod każdym kątem. W przeciwieństwie do nich promienie Roentgena odbijają się tylko pod kątem korzystnym  $\theta$  charakterystycznym dla danego ciała które spełnia powyższe równanie. Odbicie promieni Roentgena od kryształów w przeciwieństwie do odbicia promieni światła widzialnego jest odbiciem selektywnym. Odbicie i wzmocnienie promieni rentgenowskich nastąpi tylko wtedy gdy długość fali i kąt padania  $\theta$  spełniają równanie Bragga, zatem kąt  $\theta$  jest funkcją długości fali użytej i stałej sieci przestrzennej związku. Prawo Bragga jest podstawą analizy strukturalnej i chemicznej. Analiza strukturalna szuka parametry danych związków znając  $\lambda$  i  $\theta$ .

Spektralna analiza chemiczna opiera się na zasadzie, że wszystkie pierwiastki dostatecznie pobudzone wysyłają charakterystyczne promieniowanie rentgenowskie, które umożliwia nam jakościowo, a z intensywności zaczernień linii na filmie ilościowo ocenić skład dany związek. Spektralne analizy rentgenograficzne wykonuje się w tak zwanych spektrografach. Metod stosowanych nie podaję gdyż przekroczyłoby to ramy niniejszego artykułu. Metoda spektralnej analizy chemicznej jest niezastąpioną mikroanalizą. Pozwala ona mając tylko jeden miligram substancji określić jakościowo i ilościowo skład ciała dla pierwiastków cięższych od tytanu i nielotnych. Metoda ta nadaje się szczególnie do wykrycia b. drobnych ilości. Im mniej jest badanego pierwiastka, tym stosunkowo lepiej metoda ta się nadaje. Dokładność ilościowa wynosi około  $\pm 5\%$ , ale czułość jest b. wielka gdyż pozwala wykryć bez trudności  $1\%$  substancji. Błąd popełniony przy oznaczeniu ilościowym  $0,1\%$  substancji jest minimalny, gdyż  $5\%$  od  $0,1\%$  daje dokładność oznaczenia  $0,1 \pm 0,005\%$ . Jakościowo możemy wykryć przy dogodnych warunkach łatwo  $0,001\%$ , przy pomocy specjalnych aparatów wykryto nawet  $0,0001\%$ . Pomimo tych zalet metoda ta nigdy nie będzie konkurencją dla zwykłej analizy, przede wszystkim dlatego, że jest mikrometodą, dalej nadaje się tylko dla bardzo małych ilości jednego składnika, a po trzecie jest kosztowna i wymaga specjalnie szkolonego personelu.

Jeśli się mówi o zastosowaniu promieni Roentgena należy wspomnieć o pomiarze wysokich napięć. Jak już na początku wspomniano widmo hamowane przesuwają się ze wzrostem napięcia do początku układu, długość fal zmniejsza się. Miejsce przecięcia się krzywej z osią odciętych jest progiem Einsteina, które

określa jakim napięciem można uzyskać daną długość fali. Ponieważ to promieniowanie odbywa się kwantowo, to gdy przyłożymy na rurę napięcie badane i sfotografujemy widma, otrzymujemy skok. silne zaczernienie pochodzące od końca widma, a więc od najkrótszych fal, i przezroczyste tło. Odległości te można zmierzyć. Pisząc równanie  $eV = h\nu_0$  — frekwencja dla progu,  $V$  — napięcie badane,  $h$  — stała Plancka

i podstawiając  $\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}$  otrzymamy już znany

wzór  $\lambda_0 V = \text{const}$ ,  $\lambda_0$  — długość fali dla progu Einsteina. Zależność ta spełniona jest z taką ścisłością, że na niej opiera się najdokładniejsza metoda pomiaru „stałej działania” Plancka. W tej dziedzinie dokonywali pomiary Amerykanie i Niemcy. Oceniają oni dokładność swych pomiarów na  $0,5\%$ . Odwracając te doświadczenia można mierzyć wysokie napięcie dochodzące do  $1.000.000 V$ . Metoda rentgenowska odznacza się większą dokładnością niż metoda iskiernikowa. Byłoby rzeczą bardzo pouczającą zestawić dokładności i czułości pomiarów wysokich napięć metodą iskiernikową (między innymi np. metodą „Haefely” z Laboratorium Ampera w Paryżu z metodą opartą na „progu Einsteina”). Dla pomiarów technicznych wystarcza dokładność  $2-3\%$  metody iskiernikowej (dokładne pomiary dają  $1-0,5\%$  błędów) ale być może, że w elektrotechnice powstanie taki dział, który ucieknie się do dokładności metody rentgenograficznej.

Jako techników interesuje nas zawsze sprawność każdego urządzenia. Elektrotechnicy przyzwyczajeni są do wielkich sprawności: —  $60\%$  do  $98\%$ , podczas gdy sprawność aparatu Roentgena wynosi co najmniej  $1\%$ . W zestawieniu z tym, sprawność np. parowozu pośpiesznego, która wynosi  $6\%$ , jest olbrzymia. Na promieniowanie rentgenowskie zamienia się tylko  $0,1\%$ , reszta to jest  $99,9\%$  — w ciepło ogrzewające antykatodę. Ciepło to jest tym większe im większe napięcie — szybkość elektronów, i im silniejszy jest strumień elektronów, dlatego tam gdzie używamy wysokich napięć trzeba stosować antykatody trudnotopliwe np. z wolframu lub platyny, intensywnie chłodzone wodą.

W końcu należy wspomnieć o fizjologicznym działaniu promieni Roentgena. Jak wiadomo medycyna oddawna stosuje promienie Roentgena nie tylko dla prześwietlań, ale również dla celów leczniczych, do terapii dla leczenia złośliwych nowotworów. Dłużej trwałe naświetlania nawet miękkimi promieniami Roentgena są szkodliwe. Promienie zaś twarde już po krótkim czasie wywołują złośliwe oparzenia trudne do wyleczenia. Dla ochrony przed promieniami stosuje się specjalne płaszcze z gumy ołowianej i okulary ze szkła ołowianego, albowiem ołów jako pierwiastek ciężki już w bardzo cienkich warstwach absorbuje ilościowo promieniowanie rentgenowskie.

Bryjak Edmund



# Zagadnienie górnego oświetlenia światłem dziennym

ze szczególnym uwzględnieniem dachów schodkowych, rozpatrywany z architektonicznego punktu widzenia

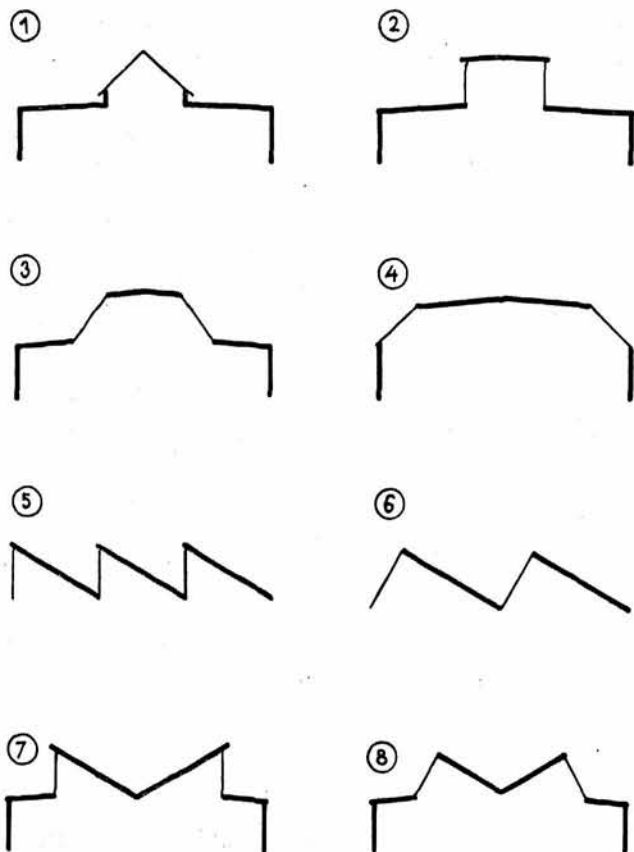
Na wstępie winno być zaznaczone, że wszystkie rozważania tego artykułu dotyczą światła dziennego, które ma przewagę nad sztucznym ze względu na bezbarwność i co najważniejsze, bezpłatność.

Podział na oświetlenie górne i boczne, łatwy tam gdzie jest wyraźna odrębność ścian i dachu, komplikuje się w niektórych rozwiązaniach współczesnych (np. dachy schodkowe), gdzie nawet pion szyb nie decyduje o linii podziału, napozór tak oczywistego.

Z zagadnieniem górnego oświetlenia spotykamy się tam, gdzie:

- 1) odległość od ścian bocznych jest zbyt duża,
- 2) przestrzeń jest obudowana ze wszystkich stron
- 3) specjalne cele wymagają oświetlenia równomiernego w całym wnętrzu,
- 4) wymagana jest przewaga oświetlenia dziennego nad sztucznym (budynek użytkowany przeważnie za dnia).

Z zestawienia tego wynika, że założenia monumentalne, w których jest przewaga części nakrywających nad podtrzymującymi domagają się górnego oświetlenia (dworce, pływalnie, pawilony reprezentacyjne i wystawowe).



W wypadku założeń o charakterze wielkomiej-  
skim, gdzie konieczna jest oszczędność miejsca, po-  
dwórza obudowane nakrywa się świetlniami (biura,  
fabryki).

Względy funkcjonalne, a to równomierne wyko-  
rzystanie całego wnętrza, przy użyciu oświetlenia  
przypominającego warunki pod gołym niebem (pra-  
cownie, muzea, czytelnie, duże założenia fabryczne)  
również wymagają świetlni.

Czynnikiem wielkiej wagi, decydującym ostatecz-  
nie o potrzebie zastosowania górnego oświetlenia  
jest projektowane użytkowanie budynku za dnia,  
z pominięciem lub częściowym tylko wykorzystana-  
niem godzin nocnych.

Po ustaleniu konieczności zastosowania świetlni  
można przystąpić do wyboru świetlika. Kierować  
się tu należy względami:

- a) architektonicznymi (tzn. czy świetlik spełni  
przewidywaną funkcję we wnętrzu), b) kosztoryso-  
wymi (konieczność urządzeń dodatkowych, jak wen-  
tylacja, ewentualnie skomplikowane odwodnienie),  
c) eksploatacji (zwiększenie kosztów opalania, czysz-  
czenia szyb, remontów itp.).

Forma wnętrza nie pozostaje bez wpływu na wy-  
kształcenie świetlika. Ten wzgląd dzieli świetliki na  
kalenicowe, równoległe do dłuższej osi budynku (ka-  
lenica również zwykle tak przebiega) i gąsienicowe,  
prostopadłe.

Podział ten może mieć przy założeniu budynku  
halowego, obok głównego względu konstrukcyjnego,  
także wynikający zeń estetyczny rytm pasów jas-  
nych i ciemnych przy założeniu gąsienicowym, a op-  
tyczne wydłużenie dali przez podłużny otwór  
świetlniowy przy założeniu kalenicowym.

Zdarzają się również wypadki, gdzie całe pokry-  
cie jest ze szkła, co ma miejsce głównie tam, gdzie  
doskonale oświetlona hala jest źródłem światła dla  
przylegających pomieszczeń.

Podręcznik inżynierski, tom IV wymienia świetli-  
ki (rys. 1).

- 1) trójkątny, 2) latarniany, 3) trapezowy, 4) man-  
sardowy, 5) pilasty pionowy, 6) pilasty pochyły,

7) wklęsły pionowy, 8) wklęsły pochyły.

„Der Industriebau” t. I. uwzględnia obok powyż-  
szych:

- a) dachy kombinowane, b) dachy schodkowe,
- c) zastosowanie luksferu, opartego na konstrukcji  
żel-betonowej, przesklepiającej wnętrze kolebkowo,  
lub w mniejszych płaszczyznach w poziomie, przy  
monolitycznym zastosowaniu pryzm szklanych.

Ze względu na rodzaj materiałów, służących do  
oszklenia świetlni, który nie pozostaje bez wpływu  
na jasność, koszt, a dalej na wentylację, odwadnianie,



ogrzewanie i ochładzanie oraz czyszczenie, można podzielić wszystkie systemy na:

1) stosujące zwykłe szkło, w zwyczajnej stolarszczyźnie, zwykle w pionie,

2) używające szkła drutowego na szczeblinach bezkitowych, a mające pochylenie od  $90^{\circ}$ — $0^{\circ}$ ,

3) posługujące się pryzmami szklanymi systemu szkło-żel-bet, przeważnie w poziomie lub w powierzchniach walcowych.

W I. t. „Der Industriebau”, jako też w IV. t. „Podręcznika inżynierskiego” prof. Bryły podana jest cała teoria, na podstawie której można już to graficznie przedstawić, już to rachunkowo obliczyć wartości „współczynnika światła dziennego” („Tageslichtquotient”), wyrażalnego w procentach, jako stosunek natężenia światła dziennego w danym wnętrzu do natężenia pod gołym niebem (przy czym przyjmuje się jednolite zachmurzenie, a co za tym idzie jednolite promieniowanie całej kopuły niebieskiej).

Wykresy zaczerpnięte z pracy prof. Meier-Leibnitz’a „Der Industriebau” I. t. a zamieszczone na rys. 2 i 3 wskazują jaka jest wartość współczynnika światła dziennego w rozmaitych wnętrzach, zależnie od rozmieszczenia otworów okiennych.

W danym wypadku przyjął prof. Meier-Leibnitz za podstawę rozważań, wnętrza o jednakowych wymiarach, zmieniając tylko rozmieszczenie otworów z zachowaniem stałej ich powierzchni. Dodać tu potrzeba, że świetlnia powinna mieć powierzchnię  $1/4$  do  $1/2$  rzutu poziomego dachu.

Na rys. 2 można porównać kolejno wartość współczynnika światła dziennego (W. Ś. Dz.) dla wnętrza systemu gąsienicowego i kalenicowego. Pod każdym przekrojem są umieszczone odpowiadające mu wartości „W. Ś. Dz.” oznaczone grubszą kreską, wraz z podaną cyfrą procentów.

Na rys. 3 widzimy bardzo ciekawe porównanie korzyści, jakie odnosimy przez zastosowanie światła górnego w stosunku do bocznego.

Wartości „W. Ś. Dz.” obliczone są dla płaszczyzn poziomych (użytkowo biorąc, dla stołów, które są zaznaczone na rysunku linią przerywaną) w odległości od podstawy około 1 m.

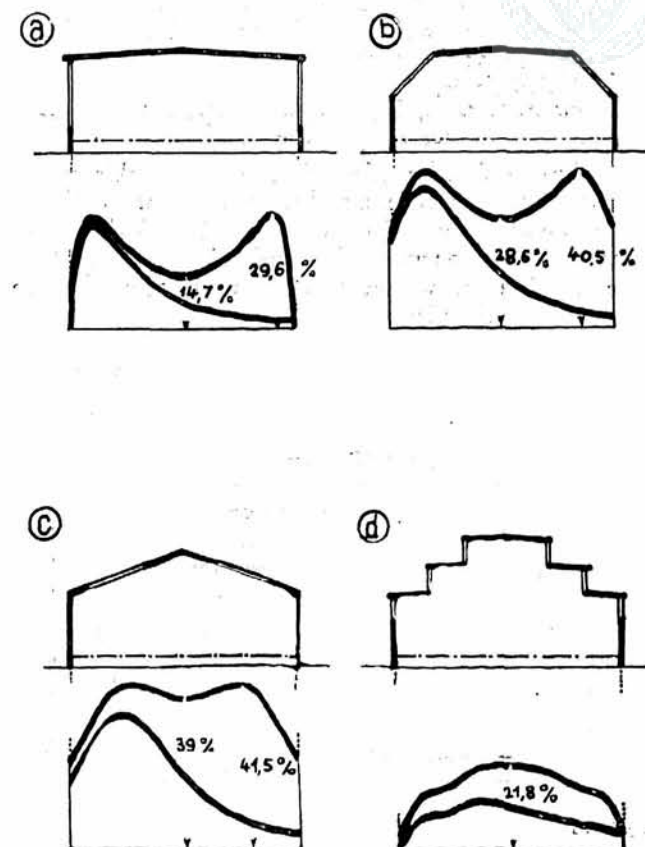
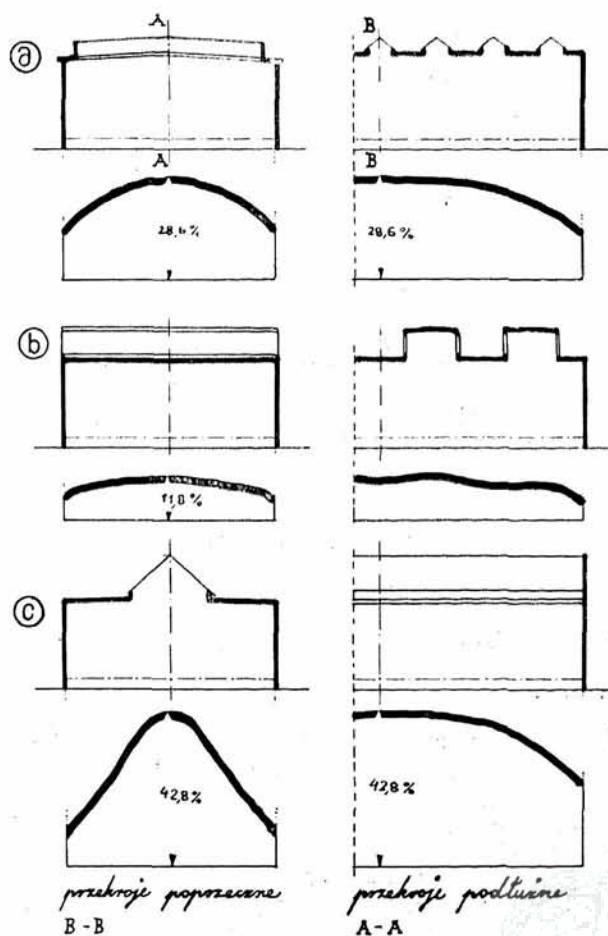
Linia pełna w wykresie oznacza: górną, wartości dla oświetlenia obustronnego, — dolną, wartości mniejsze przy oświetleniu jednostronnym, półówkowym.

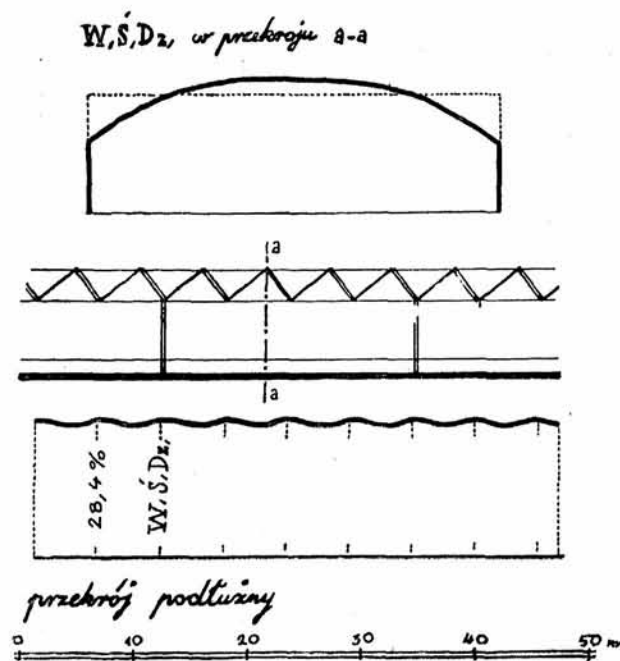
Zestawienia te są bardzo pouczające i powinny być podstawą decyzji przy wyborze rodzaju oświetlenia projektowanych budynków.

W wypadku, gdy chcemy uniknąć promieni słońca, stwarzających w porze letniej przykrą temperaturę, a ponadto niepożądanych z innych względów w przemyśle zwłaszcza tekstylnym i chemicznym, możemy to osiągnąć przez zastosowanie dachów pilastych.

Kąt nachylenia bardziej stromej, zwróconej ku północy i oszklonej powierzchni dachu pilastego nie powinien być mniejszy od najniekorzystniejszego, bo najbardziej prostopadłego promienia słońca w danej szerokości geograficznej (dla Lwowa około 62 stopnie).

Dachy pilaste w porównaniu z innymi systemami krycia i szklenia zwiększają jednak znacznie powierz-





rys. 4.

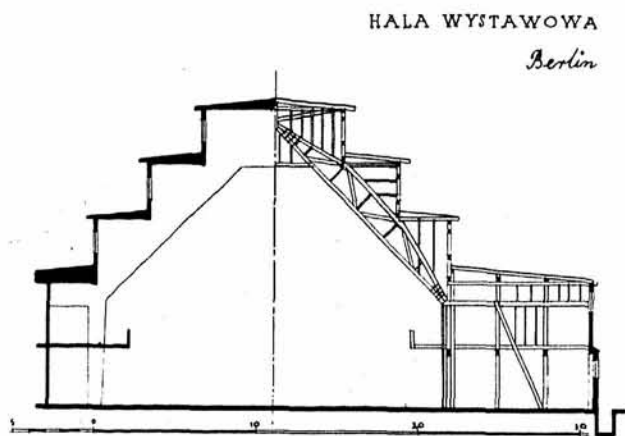
chnię, co ze względu na łatwiejsze oziębianie budynku podraża znacznie koszt opalania, a także utrudnia odwadnianie.

Rysunek nr. 3 przedstawia wykres „W. Ś. Dz.” w budynku o dachu pilastym dla elementów poziomych, normalnie biorąc stołów.

Obliczenia te jednak są zbyt teoretyczne i niezrealistyczne, gdyż nie uwzględniają tak ważnych przecież refleksów powierzchni samego dachu. Że należy się z nimi liczyć, świadczy o tym fakt, że przez pobicie jego wewnętrznej powierzchni uzyskujemy spotęgowanie refleksów, a przez to wzrost wartości oświetlenia.

Oświetlenie to ma wszelkie walory światła rozproszonego, które wpływa kojąco na oczy.

System dachów pilastych znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle, a zwłaszcza w krajach o klimacie umiarkowanym, i to w ośrodkach, w których cena gruntu nie odgrywa zbyt wielkiej roli — stąd kryje się nimi przeważnie budynki parterowe, choć to wymaga wiele miejsca.



rys. 5.

Również w czasie wystawy w Brukseli (r. 1935) system ten święcił tryumfy szeroko stosowany przy budowie pawilonów wystawowych. Tym sposobem oświetlony był Pawilon Sztuki Współczesnej, Holandii i wiele innych. Przez wprowadzenie wtórnego, poziomego oszklenia uniknięto we wnętrzu architektonicznego niepokoju, jaki wynikał z różnicy pochyłości dachów pilastych.

Jakkolwiek w artykule tym chodzi o zupełnie bezstronne zestawienie kilku typowych systemów górnego oświetlenia, bez wyciągania jakichkolwiek wniosków, to jednak należy wyróżnić system, któremu dla jego korzyści należy się więcej uwagi. Mowa tu o tzw. dachu „schodkowym”. System ten nie został zaliczony do typowych w IV. t. „Podręcznika inżynierskiego” prawdopodobnie dlatego, że można go uważać za 1) kilkakrotne powtórzenie latarni, 2) kilkakrotne powtórzenie dachu wklęsłego, 3) oddźwięk budynków wielonawowych z architektury historycznej, w których okno nawy głównej znajdowało się nad dachem nawy bocznej.

Walory wnętrza oświetlonego tym systemem wykazuje wykres na rys. 3, gdzie widoczne jest, że im bliżej środka sali wartość W. Ś. Dz. rośnie.

Zaletą tego systemu są również refleksy odbite od sufitu i, jakkolwiek nie znamy sposobu cyfrowego obliczenia wynikłych stąd korzyści, to jednak fotografii wykonanych obiektów obrazują wystarczająco dodatni wpływ na jasność wnętrza. Nie bez znaczenia dla korzystnej oceny dachu schodkowego pozostaje fakt, że stosujemy w nim normalne okna, o podwójnym oszkleniu, co w użyciu okazuje się najtańsze i najpraktyczniejsze. Opady atmosferyczne, — właściwość naszego klimatu, — utrudniające stosowanie innych sposobów górnego oświetlenia, w systemie dachów schodkowych nie stanowią specjalnej przeszkody. Dachy te wykonywane są i izolowane podobnie jak wszystkie inne, a tylko zwiększenie ilości metrów bieżących rynien poziomych, koniecznych dla każdej połaci dachu, stanowi — nieznaczny zresztą — nadwyżkę kosztów.

Pierwszy budynek tego typu powstał w roku 1913 we Francji, jestto hala targowa w Lyonie, wybudowana przez architekta Garnier’a.

W ostatnim dziesięcioleciu wybudowano na terenie Europy wiele budynków oświetlonych systemem schodkowym. Budowle te o różnorodnym przeznaczeniu i konstrukcji mają korzystne wnętrza, a oświetlenie ich jest wprost pierwszorzędne.

W artykule tym zebrano celowo konstrukcje z rozmaitych materiałów, żeby przez porównanie zilustrować korzyści, jakie daje każdy z nich, a różnorodność przeznaczenia wskazuje szerokie możliwości, otwierające się przed powyższym systemem.

Rys. 5. przedstawia przekrój poprzeczny, odsłaniający w połowie oszalowanie, dla pokazania konstrukcji hali wystawowej. Budynek wykonany z drzewa jako rama trójpřegubowa, o konstrukcji typowo inżynierskiej, co umożliwia rozpiętość podpór przeszło 22 m. Drzewo było w powyższym obiekcie materiałem wskazanym ze względu na swoją akustyczność, której wymagało przeznaczenie hali dla wystawy radiowej.

Bardzo poważny efekt architektoniczny wywiera



powtarzający się rytm szerokich ram ekranów, odbijających światło.

Najstarszą chronologicznie budowlą z pośród wymienionych jest Hala wystawowa nr. 9. Targów Lipskich (rys 6), wybudowana przed 12 laty. Projektowana jako rama z blachownicy nie rości sobie pretensji do architektury, spełnia jednak funkcję zgodnie z przeznaczeniem bardzo celowo, co można stwierdzić, oglądając fotografię jej wnętrza.

Poziome pasy okien równej szerokości z umieszczonymi poniżej dźwigarami, usztywniającymi konstrukcję podłużnie wpływają na urozmaicenie oszłętego wnętrza. Budynek ten wykazuje pewne podobieństwo do „bazylik” z podziałem na nawy: główną i boczne, z zastosowaniem otworów ponad dachami naw bocznych. Podpory umieszczone między nawami akcentują to podobieństwo. Światło okien ma powierzchnię około 14% rzutu poziomego.

Hala targowa w Vichy (rys. 7) wykonana w 1934 r. przyjmuje za podstawę konstrukcji ustrój ramowy żel-betowy wykorzystując go dla efektu architektonicznego we wnętrzu.

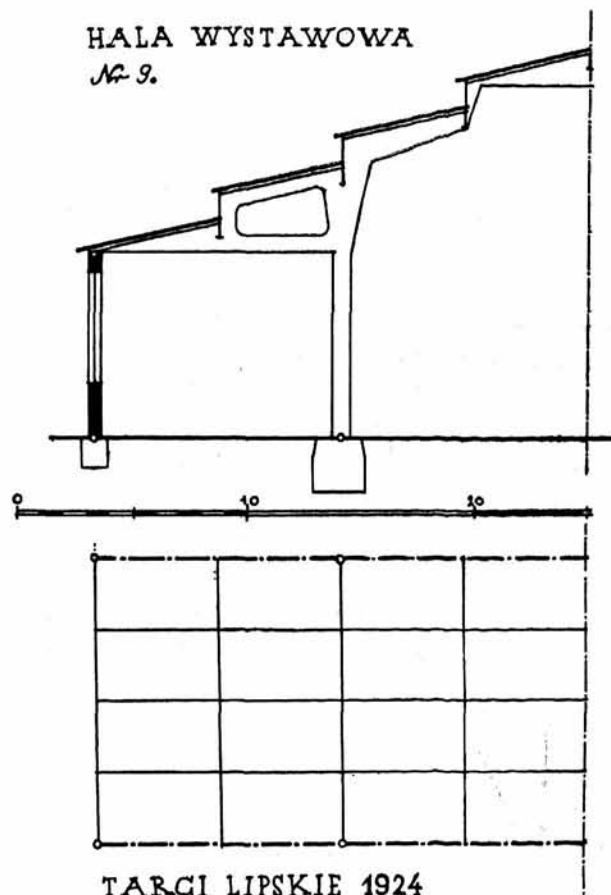
Przeciwstawienie bowiem masy ciężkich ram szkieletami okien i pokrycia stosunkowo luźno z nimi związanymi wywołuje korzystny efekt i tak hala o dużych rozmiarach rozpiętości (szerokość podpór ponad 36 m.), przy wielkiej swej jasności robi dodatnie, przestrzennie lekkie wrażenie.

Zupełnie odrębny typ przedstawia protestancki kościół Gustawa Adolfa w Berlinie (rys. 8), różniący się od wszystkich pozostałych budynków, nie tylko trapezowym rzutem poziomym, lecz także tym, że żel-betowe ramy konstrukcyjne przebiegają podłużnie, a nie poprzecznie, odmiennie jak w pozostałych obiektach, a świetlnie oparte są w formie poziomych pasów bezpośrednio na ramach, (rozpiętość ram w świetle około 14 m.).

Światło górne zostało wprowadzone jako uzupełnienie wielkich okien w ścianach bocznych, i to właśnie daje w sumie równomierne oświetlenie wszystkich ławek całego kościoła. Wnętrze przypominające kształtem kino, a jasnością szkolną aulę spełnia swój cel, jednak nie wywiera wrażenia religijnego. Ostatnio wybudowano w Pradze kościół o tarasowatym

HALA WYSTAWOWA

Nr 9.



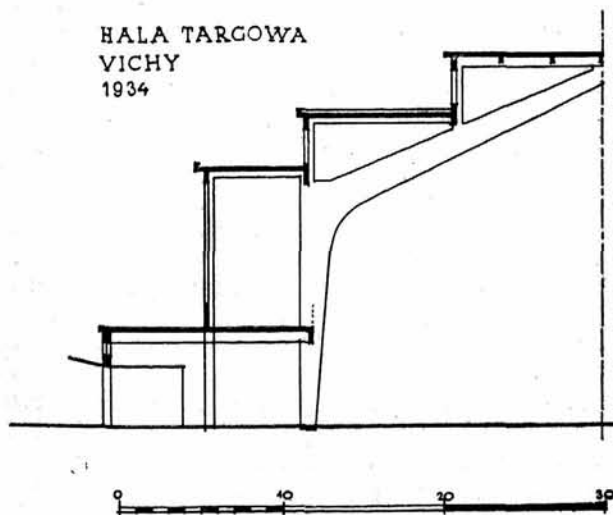
TARGI LIPSKIE 1924

rys. 6

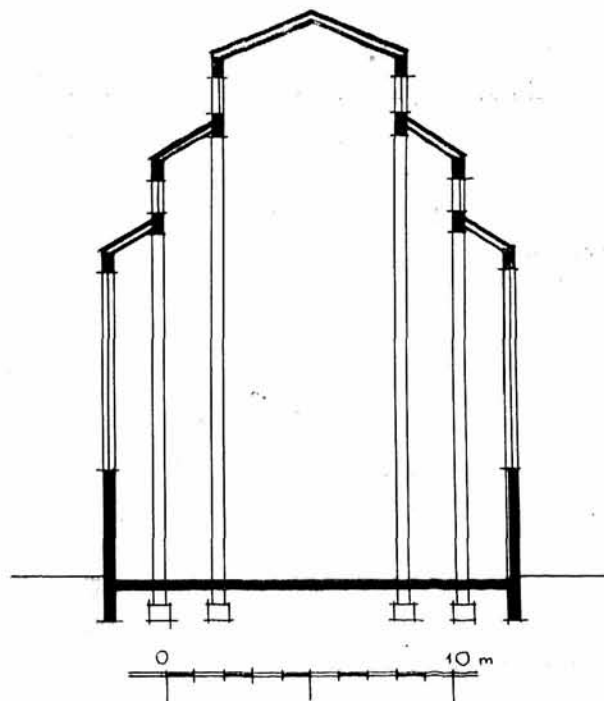
HALA TARGOWA

VICHY

1934



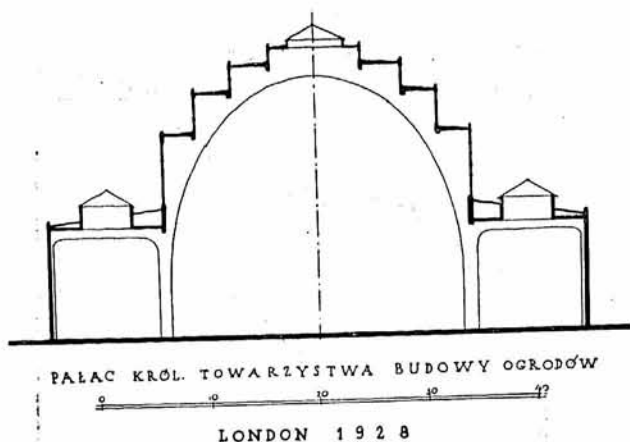
rys. 7.



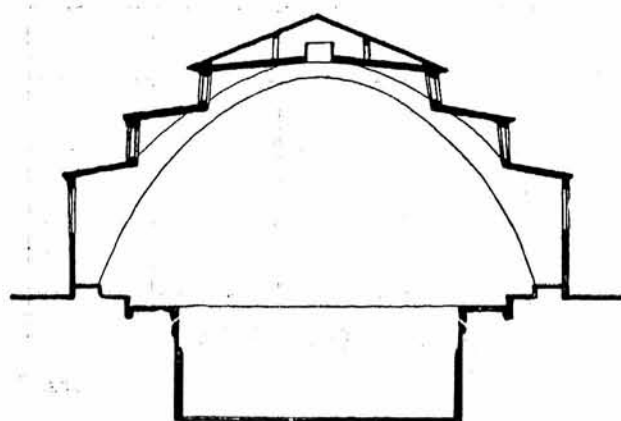
GUSTAV-ADOLF KIRCHE BERLIN

1934

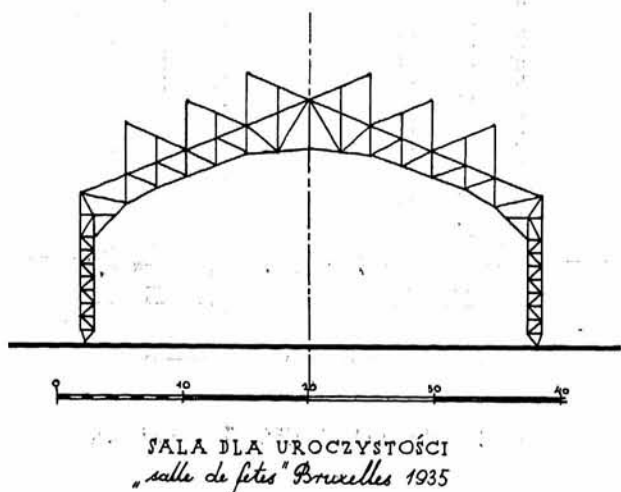
rys. 8.



rys. 9.



rys. 10.



rys. 11.

dachu wznoszącym się stopniowo ku prezbiterium. Pionowe otwory okienne umieszczone między poziomami stropów mają na celu doprowadzenie modlących się wiernym korzystnego światła od tyłu.

Jest wiadomym ze statyki, że linia ciśnień w sklepieniu przechodzi po paraboli; stąd pojawiły się w budownictwie inżynierskim najekonomiczniejsze paraboliczne łuki mostów, stąd też linia konstrukcji żel-betowej o kształcie parabolicznym pojawiła się w architekturze. Na tych przesłankach oparte, powstały około ośmiu lat temu dwa budynki na Zachodzie Europy:

Pierwszy to gmach Królewskiego Towarzystwa Budowy Ogrodów w Londynie (rys. 9.) drugi to pływalnia w Stutgarcie (rys. 10). Hala główna londyńskiego gmachu trójnawowa, skonstruowana w żelbetonie wprost w powodzi światła. Potężne okna nawy głównej, wznoszące się nad sobą terasowo, a sięgające od lica do lica, szerokiej parabolicznej ramy, dzielą się kolejno poziomymi szczeblinami na 1, 2, 3 i 6 części. Prócz wymienionych okien, znajdują się na najwyższym poziomie dachu, w każdym przeszle kołowe otwory nakryte świetlnią w kształcie ostrosłupa. Podobne kołowe tambury powtarzające się w osiach przeszle oświetlają niskie nawy boczne. Nie tak jasne jak główna, dzielą się na pojedyncze jakgdyby wnętrza, oddzielone znacznie występującym ze stropu nazewnątrż żebrami ramy.

Przestrzenność wnętrza głównej hali podkreślona długimi cienkimi prętami pionowymi, które powtarzają się rytmicznie w każdym przeszle i podtrzymują wazony z kwiatami.

Inne wybitne użytkowe znaczenie ma druga, pokrewna hala, pływalni w Stutgarcie. Cała uwaga na krytym kąpielisku koncentruje się na basenie w środku hali, tam więc, zgodnie z teoretycznymi rozważaniami na temat dachów schodkowych, jest najjaśniej. Kształt dachu hali wznoszącego się terasowo ku środkowi, jest również korzystny ze względu na wnętrze, gdyż w osi, gdzie jest najwyższe, przewiduje się miejsce na trampolinę. Ze względu na ekonomię opalania wnętrza tego typu ma mniejszą kubaturę ogrzewanego powietrza, a przez to okazuje się celowe. Dla uniknięcia stałej bolączki krytych pływalni, kąpiel z zimnych powierzchni dachu i szyb, skroplonej pary wodnej, wszystkie połacie stropu i świetlni unikają poziomu i pionu i są lekko pochylone. Miękka forma parabolicznego łuku pozwala również na spływanie po nim skroplonej pary wodnej. Pasy okien przebiegające przez całą długość sali, częściowo tylko oparte o łuk paraboliczny, a niczym nieprzerywane, wywołują wrażenie wielkiej lekkości konstrukcji.

Na światowej wystawie w Brukseli w r. 1935 najznaczniejszy procent pawilonów wybudowano na szkielecie stalowym. Prócz wspomnianych poprzednio, nakrytych dachem pilastym, wyróżnić należy „Salę dla uroczystości”, której konstrukcję nazwać można naprawdę śmiałym eksperymentem (rys. 11).

Z powodu dużej rozpiętości w świetle zastosowano konstrukcję ramową, wykonaną jako stalowa kratownica, na której w przedłużeniu prętów pionowych umieszczono pasy pionowych okien, a skutkiem znacznej wysokości otworów, dachy otrzymały spadek odwrotny, podobnie jak przy dachach



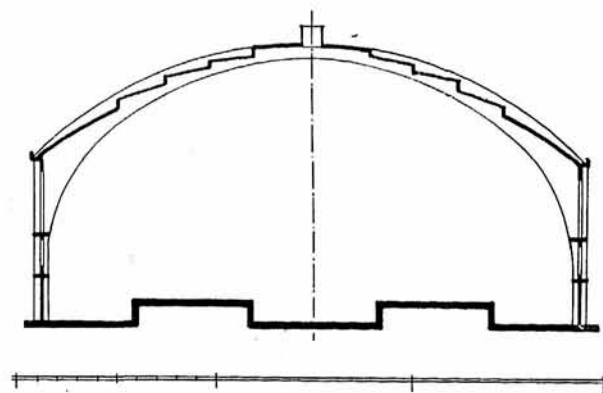
wklęsłych (rys. 1.). W ten sposób stworzono konstrukcję, która po obydwu stronach dachu tworzy, symetrycznie względem osi budynku, coś nakształt dachu pilastego. Przez odchylenie połączy dachu uzyskano bardzo korzystne powiększenie powierzchni okien, dodatnie nachylenie wewnętrznej powierzchni dachu, ze względu na refleksy, ale też bardzo utrudniono odwodnienie. Spadek wody, wzdłuż otworów okiennych, uzyskano przez kolejne obniżanie więzarów. Klimat belgijski i pawilonowy charakter budynku usprawiedliwiają eksperyment, który w dosłownej formie nie jest do pomyślenia w naszym klimacie. W ostatecznym wykonaniu wnętrza, zasłonięto przed oczyma widzów przy pomocy przestrzennych parawanów otwory okienne, oraz konstrukcję kratownicy, a oświetlając salę promieniami odbitymi, odebrano jej wrażenie naturalnego oświetlenia, stwarzając wzajemian efekty sztucznego. Korzyści jakie daje nakrycie dachem schodkowym okazały się tak znaczne, że również pawilon główny, wykonany w żel-becie, nakryto tym systemem.

A teraz kilka zdań o konstrukcjach bardziej jeszcze indywidualnych. We Francji rozpowszechnia się w budownictwie fabrycznym metoda krycia parterowych budynków dachami pilastymi, o wielkich rozpiętościach podpór, których okna, kształtu potężnych odcinków koła, czasem księżycowate, są pionowe, a części nośne dachu, zwykle żel-betowe, tworzą dość płaskie powierzchnie konoidalne.

Całość robi wrażenie wielkiej przestrzenności. System ten w pewnej alternatywie zastosowano w halach dworcowych, gdzie bezpośrednie promienie słońca nie są przeszkodą (rys. 12 i 13). Konstrukcja świetlni dworca w Reims przedstawia się następująco:

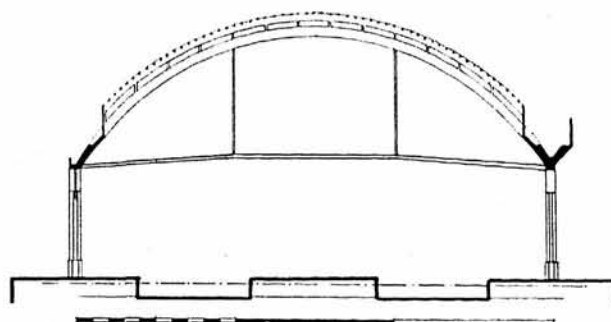
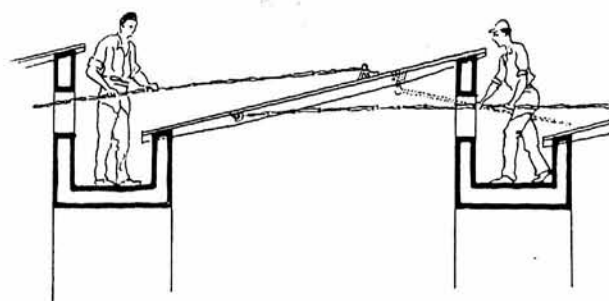
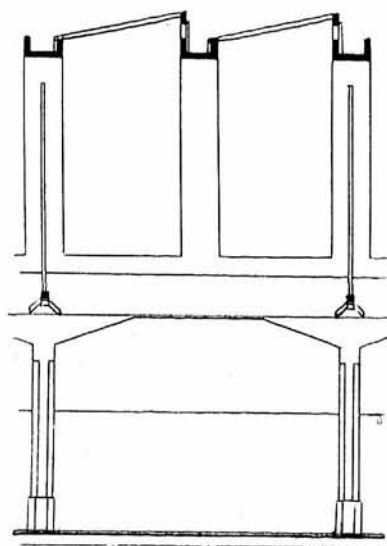
Szyby ze szkła drutowego na szczeblinach żel-betowych (podobnie jak na rys. 16), o bardzo nieznacznym spadku, opierając się na pasach żel-betowych, ściąganych poziomymi obetonowanymi prętami stalowymi. Pasy mają z jednej strony wyższą pionową ściankę, przez co uzyskuje się wspomniany spadek szyb, a również tak potrzebne w halach dworcowych otwory wentylacyjne. Powierzchnia szyb tworzy konoidę bardzo zbliżoną do pobocznic walca o wielkim promieniu. Czyszczenie szyb, które w budynkach fabrycznych, a zwłaszcza halach dworcowych jest specjalnym problemem, przedstawia się ciekawie: służba, dostająca się korytarzykami po szerokości pasów, zbiera miotłami o długich trzonach powłokę sadzy, przyczem wykorzystuje otwory wentylacyjne.

Przedstawiony dla uzupełnienia i przeciwstawienia dworzec w porcie le Havre (rys. 14), interesujący pod względem konstrukcji, pod względem użyteczności (odczyszczanie ze sadzy) nasuwa wątpliwości. Między ramami żelbetowymi, których profil wewnętrzny stanowi linia koszowa — a zewnętrzny część łuku koła i dwa odcinki prostej — rozpięta jest cienka płyta żel-betonowa, terasowato opadająca od środka na obydwie strony. Pionowe kawałeczki płyty wykorzystano dla wzmocnienia i usztywnienia konstrukcji jako żeberka, a pomiędzy nimi wstawiono części szkło-żel-betu. Wnętrze w chwili oddania



HALA DWORCA KOLEJOWEGO

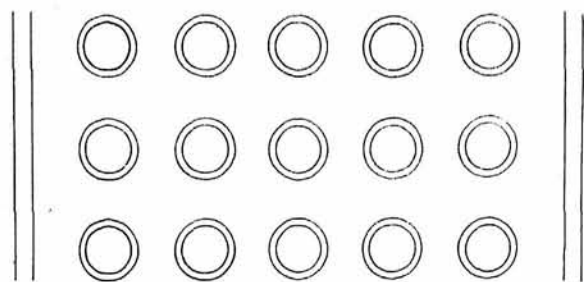
port Havre



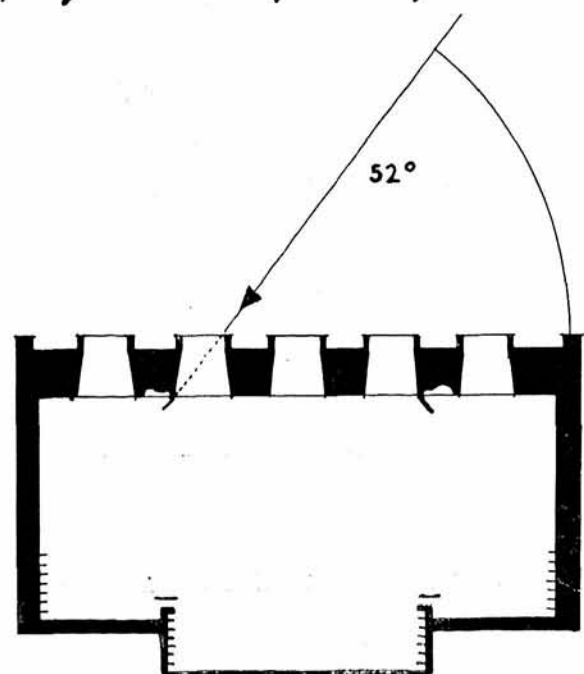
HALA DWORCA KOLEJOWEGO

Reims

## BIBLIOTEKA W VIIPURI /SUOMI/



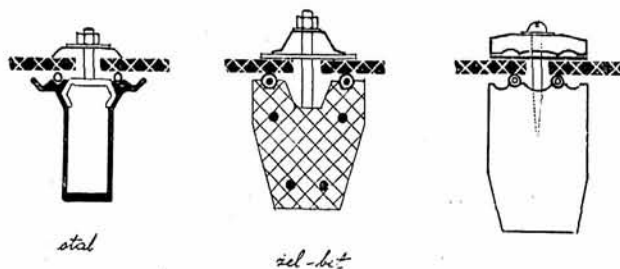
fragment rzutu poziomego dachu



przekrój poprzeczny sali czytelní



rys. 15.

SZCZEBLINY SYSTEMU BEZKITOWEGO  
porównania wielkości w zależności od materiałów

rys. 16.

Drewno

do użytku jasne z czasem zaciemnia się z powodu trudności odczyszczania.

Zupełnie odrębne stanowisko wśród przedstawionych tu budowli zajmuje biblioteka w Viipuri (Suomi) (rys. 15), której nie można podciągnąć pod żaden z dotychczasowo wymienionych typów. Już sam fakt, że wybudowano ją w klimacie wcale od naszego nie korzystniejszym, bo fińskim, winien nas specjalnie zaciekać. Sala o rzucie poziomym prostokąta ma w płaskim stropie 57 otworów kołowych dających w sumie powierzchnię równą mniej więcej  $\frac{1}{4}$  części podłogi. System ten zmierza do unikania we wnętrzu czytelní bezpośrednich promieni słonecznych (podobnie zresztą jak w dachach pilastych) a polega na kilkudziesięciu lunetach o pobocznicach znacznej wysokości, które swą powierzchnią chwytają światło, a potem je rozpraszają. Kąt  $52^\circ$ , najbardziej stromy kąt padania promieni słońca w tej szerokości geograficznej, jest granicą decydującą o wysokości lunet, a pośrednio także o grubości stropu. Wnętrze tej czytelní jest bardzo jasne, a rozprószone promienie powodują brak cienia.

Na koniec kilka zdań o szczegółach wykonawczych stosowanych przy górnym oświetleniu.

I tak w świetlikach, mających oszklenie pionowe stosujemy okna normalne, szkło zwykłe, często matowe i, co jest ważne w naszym klimacie podwójne oszklenie. Gdy kąt maleje, zaczyna się wprowadzać szkło drutowe (ewentualnie siatkę drucianą, zabezpieczającą wewnątrz przed spadaniem kawałków zbitego szkła) stosowane w wymiarze szerokości 0,5—1,00 m, długości 1,00—3,00 m. Szyby osadza się na szczelinach bezkitowych (rys. 16). Zamiast kitu używa się do uszczelnienia uodpornionego na działanie atmosferyczne sznurka (triolin) przyciskanego do szyby listwą, dokręcaną śrubą.

Drewno używane jest do wykonania szczelin w fabrykach chemicznych, gdyż ma przewagę nad żelazem, które rdzewieje i poci się. System szklenia bezkitowy charakteryzuje szczelność i elastyczność; skroploną na szybach parę wodną odprowadza się wodouodpornymi rynienkami. We wszystkich systemach stosowane kąty nachylenia są  $50-40^\circ$ , dopuszczalne minimum to  $20^\circ$ , a już i w tej granicy śnieg osiada nieruchomo na dachu. Wewnętrzne, wtórne oszklenie stosowane nieraz ze względów estetycznych w poziomie, winno mieć również pewien spadek, gdyż kapiąca z góry woda może popsuć funkcjonalność całego wnętrza. Przy pochyleniach bardzo nieznacznych stosuje się wspomniane kilkakrotnie: szkło-żel-bet. Pryzmy szklane mają wymiar dość różny, maksymalny 25—25 cm, grubość 2—3 cm. Dachy te mają znaczną wytrzymałość, a ciężar człowieka zmiatającego śnieg dźwigają z łatwością. W Anglii ukazał się patent stosujący w tym systemie podwójne oszklenie, z warstwą powietrza zawartą w każdym kwadracie dla izolacji.

Artykuł niniejszy zilustrowano dla objaśnienia przeważnie przekrojami, gdyż o te było najłatwiej, oryginalnych fotografii nie miałem a reprodukcje z reprodukcji, prócz zwiększenia kosztów nie przyniosłyby żadnej więcej korzyści. Dodatnie, ewentualnie ujemne wrażenia estetyczne, zwłaszcza, gdy chodzi o proporcje łatwo się dadzą z przekrojów od-



czytać, tym bardziej że są one przerysowane z możliwą dokładnością. Dla zwiększenia czytelności, dodana jest do wszystkich rysunków dokładna podziałka z wyjątkiem dwóch, gdzie jest tylko przybliżona (rys. 9 i 11).

Budowle omawiane są na podstawie już istniejących budynków, tak, że nie mają w sobie nic hipotetycznego, a fakt, że są zebrane z kilku krajów Europy i z rozmaitych dziedzin użytkowości przyczyni się zapewne do zwiększenia ich popularności u nas.

Julian Brzuchowski

## S P I S R Y S U N K Ó W Z P O D A N I E M Ź R Ó D E Ł

1. Schematyczne zestawienie systemów górnego oświetlenia — Podręcznik inżynierski T. IV.
2. Zestawienie wykresów W. Ś. Dz. dla systemów gąsienicowego i kalenicowego — Industriebau B. I.
3. Zestawienie wykresów W. Ś. Dz. 4 systemów oświetlenia — Industriebau B. I.
4. Wykres oświetlenia dachów pilastych — Industriebau B. I.
5. Hala wystawowa, Berlin — Lexikon der Baukunst.
6. Hala wystawowa, Lipsk — Industriebau B. I.
7. Hala targowa, Vichy L'architecture d'Aujourd'hui 1937.
8. Kościół Gustawa-Adolfa, Berlin — Deutsche Bauzeitung 1934.
9. Sala Król. Tow. Budowy Ogrodów, Londyn — Baukunst u. Städtebau.
10. Pływalnia, Stuttgart — Baukunst u. Städtebau i Lexikon der Baukunst.
11. Sala dla uroczystości, Bruksela — L'ossature metallique 1935.
12. i 13. Hala dworcowa, Reims — L'architecte.
14. Hala dworcowa, le Havre — L'architecture d'Aujourd'hui 1937.
15. Biblioteka a Viipuri (Suomi) — The architectural review 1936.
16. Zestawienie szczeblin bezkitowych — Lexicon der Baukunst i Industriebau B. I.

## L I T E R A T U R A

PODRĘCZNIK INŻYNIERSKI tom IV., Dr Inż. W. Żenczykowski: oświetlenie pomieszczeń światłem dziennym.  
 DER INDUSTRIEBAU B. I. Dr H. Maier - Leibnitz, Die bauliche Gestaltung von Gesamtanlagen und Einzelgebäuden, Berlin 1932.  
 B. I. E. Heideck u O. Leppin, Planung und Ausführung von Fabrikanlagen, Berlin 1933.  
 WASMUTHS LEXIKON DER BAUKUNST I—IV Band, Berlin 1929/32.

L'OSSATURE MELALLIQUE rocznik 1935.  
 La 'TECHNIQUE DES TRAVAUX rocznik 1934/1935.  
 THE ARCHITECTURAL REVIEW rocznik 1936.  
 DER BAUMEISTER do rocznika 1935.  
 DEUTSCHE BAUZEITUNG rocznik 1934.  
 BAUKUNST UND STADTEBAU roczniki 1929 i 1933.  
 L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI 1937.  
 DER STAHLBAU rocznik 1928.  
 L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI 1937.

## Z wycieczki Z. S. I. do Trzeciej Rzeszy

W ubiegłym roku Związek Studentów Inżynierii Politechniki Lwowskiej wykorzystując dogodne warunki finansowe w Niemczech, jakie wprowadzono na czas Igrzysk Olimpijskich, skierował swą doroczną wycieczkę do Trzeciej Rzeszy.

Po opracowaniu programu kierownictwo wycieczki zwróciło się z prośbą o przygotowanie go na miejscu oraz o ewentualne rozszerzenie do naszej ambasady w Berlinie i do „Deutsche Studentenschaft”. Za pośrednictwem berlińskiej Centr. Zw. niemieckich stud. nawiązaliśmy kontakt z poszczególnymi oddz. prowincjonalnymi, leżącymi na trasie projektowanej wycieczki i, nie napotykając na żadne trudności, przygotowano bez zbyteń wysiłku program i jego przyszłe wykonanie na terenie Niemiec.

Trudności spiętrzyły się dopiero, gdy rozpoczęto starania o paszporty i wywóz pieniędzy. Kierownictwo zwróciło się drogą urzędową do P. Z. Z. M. „Liga” z prośbą o załatwienie spraw paszportowych. Niestety wbrew oczekiwaniom od „Ligi” nic oprócz

sprzecznych i niejasnych informacji nie otrzymano, i dopiero dzięki interwencji Władz Uczeln. sprawy te doczekały się pomyślnego załatwienia, z pominięciem zupełnym drogi urzędowej, na którą mylnie pierwotnie te sprawy skierowano. Dodać należy, że pozwolenia na zmianę pieniędzy i paszporty otrzymano w przeddzień wyjazdu. Ta do ostatniej wprost godziny niepewność spowodowała, że z pierwotnej liczby 30 zgłoszonych wyjechało zaledwie 16 uczestników.

Kierownictwo Naukowe wycieczki i opiekę nad nią łaskawie przyjąć raczył P. Prof. Maksymilian Matkiewicz.

Po dwudziestogodzinnej jeździe przybyliśmy do Berlina. Stęsknieni za odpoczynkiem z prawdziwym zadowoleniem dowiedzieliśmy się, że pierwsze kroki skierujemy do t. zw. Haus der Jugend, gdzie tutejsi nasi opiekunowie wyznaczili nam nocleg. Gościnni gospodarze nie omieszkali na wstępie zaznajomić nas z ostrymi przepisami, jakie obowiązują w tym schro-