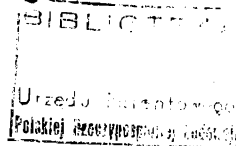


G06g 1/16



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 44806

42m⁴ 1/16
Kl. 42 m, 36

Commissariat à l'Energie Atomique

Paryż, Francja

Suwak do obliczania osłon ochronnych przed promieniowaniem źródła radioaktywnego

Patent trwa od dnia 19 sierpnia 1959 r.

Pierwszeństwo: 9 września 1958 r. dla zastrz. 1; 22 maja 1959 r. dla zastrz. 2—5 (Francja).

Przedmiotem wynalazku jest suwak przeznaczony do obliczania w sposób dokładny, szybki i łatwy, osłon mających ochraniać personel w czasie manipulowania z substancjami radioaktywnymi wysyłającymi promieniowanie gamma albo promienie X.

Należy tu rozwiązać następujące zagadnienia bądź ze względu na zastosowanie takich osłon, bądź też na ich wykorzystania:

obliczenie grubości ścianek osłon, wykonanych z danego materiału w funkcji odległości operatora od źródła promieniowania i natężenia oraz energii promieniowania gamma wysyłanych przez to źródło, minimalna odległość operatora od źródła promieniowania o znanym natężeniu i energii promieniowania przy uwzględnieniu zastosowania osłony o znanej skuteczności absorpcji promieniowania gamma lub też bez użycia tej osłony,

maksymalne natężenie promieniowania źródła, jakie może być wykorzystane przy zastosowaniu danego systemu ochrony.

Istniejące przyrządy rachunkowe nie pozwalają na szybkie rozwiązywanie takich zagadnień i odnoszą się tylko do przypadków szczególnych w zastosowaniu jedynie do niektórych zwykłych pierwiastków promieniotwórczych.

Znane suwaki rachunkowe według patentu amerykańskiego nr 1.609.972 (F. A. Sherrer i tow.), umożliwiają obliczenie osłabienia promieniowania, ale wymagają znajomości innych danych, jak skuteczny przekrój materiału osłony, efekt promieniowania rozproszonego itd.

Koncepcja suwaka według wynalazku opiera się na matematycznym ujęciu natężenia promieniowania R w danym punkcie, które obejmuje następujące parametry:

A — aktywność źródła promieniowania,
B — współczynnik znany „build up”, wyrażający skuteczność rozproszenia promieniowania,

I(E) — natężenie promieniowania jednostkowe-go strumienia fotonów energii E;

μ — liniowy współczynnik absorpcji osłony,
x — grubość osłony,

r — odległość źródła promieniowania (przyjętego jako punktowe) od operatora.

Uwzględniając powyższe oznaczenia równanie na natężenie promieniowania R można napisać w postaci:

$$R = \frac{AB I(E) e^{-\mu x}}{4\pi r^2} \quad (1)$$

$$\text{albo przyjmując } k' = \frac{1}{4\pi} \text{ i } C = \frac{1}{r}$$

$$\text{można napisać: } R = k' ABC^2 I(E) e^{-\mu x} \quad (2)$$

R — w milirentgenach na godz.
A — w milicurie
E — w megaelektronowoltach
 μ — w (centymetrach)⁻¹
r i x w cm.

oraz współczynnik absorpcji liniowej w powietrzu μ_a wyrażony w cm⁻¹, to równanie (1) przybierze postać:

$$R = k \frac{\mu_a ABE e^{-\mu x}}{r^2} \quad (3)$$

przy $k = 1,685 \cdot 10^8$

Otrzymuje się więc równanie o pięciu niewiadomych R, x, r, A i E; wiedząc cztery z nich można określić piątą niewiadomą. Suwak według wynalazku pozwala na rozwiązanie tych pięciu rodzajów równań, z których każde polega na określeniu jednej niewiadomej znając pozostałe cztery.

Równanie (3) można napisać w postaci:

$$\frac{Br^2}{A} = k \frac{\mu_a B E}{e^{\mu x}} \quad (4)$$

a po wprowadzeniu dwóch funkcji pośrednich otrzymuje się:

$$\gamma_1 = \frac{k\mu_a B E}{e^{\mu x}} = f(E, x)$$

$$\text{i } \gamma_2 = \frac{Br^2}{A} = g(r, R, A),$$

przy czym wartość funkcji $\gamma_2 = g(r, R, A)$ rozdziela się na dwie części przez wprowadzenie

$$\text{funkcji } y = \frac{r^2}{A}$$

$$\text{Funkcja } \gamma_1 = k \frac{\mu_a B E}{e^{\mu x}} = f(E, x)$$

w której wartości k, E, μ , μ_a i nawet B są na ogół niezależne od x, przedstawia zmienność osłabienia promieniowania monoenergetycznego w funkcji grubości ścianek osłony.

Badanie tej funkcji, którą można napisać w postaci:

$L\gamma_1 = Lk + L\mu_a + LB + LE\mu x$,
prowadzi we współrzędnych semilogarytmicznych do wykreślenia układu krzywych b, wyraźnie prostoliniowych.

$$\text{Podobnie funkcja } \gamma_2 = \frac{Rr^2}{A} = g(r, R, A) \text{ przed-}$$

stawia zmienność natężenia promieniowania w funkcji odległości r operatora od źródła promieniowania i aktywności źródła. Funkcja

$$y = \frac{r^2}{A} \text{ którą można napisać w postaci } Ly =$$

$= 2Lr - LA$ pozwala na wykreślenie współrzędnych logarytmicznych układu prostych równoległych, które są prostymi izoaktywności, gdzie wartość A jest stałą.

Ustalenie w ten sposób charakterystyk prostych, przedstawiających funkcje γ_1 , pozwala określić cztery parametry x, r, A i E, które wchodzą do równania na promieniowanie R.

Może to być wykonane przy kombinacji klasycznych zasad monogramu ze skrzyżowaniem i suwaka logarytmicznego.

Suwak rachunkowy według wynalazku wyróżnia się tym, że posiada stałą płytkę, zaopatrzoną na jednej powierzchni w układ charakterystyk krzywych, przedstawiający funkcję

$$\gamma_1 = f(E, x) = \frac{k\mu_a B E}{e^{\mu x}} \text{ przy czym } \gamma_1 \text{ jest}$$

przedstawiona na osi odciętych podzielonej logarytmicznie, a x — na osi rzędnych podzielonej liniowo; ta oś rzędnych jest nakreślona na ruchomej części suwaka przesuwającej się równolegle do osi odciętych; druga strona tej płytki zawiera podziałkę logarytmiczną funkcji R, przed którą przesuwają się ruchoma linijka; na tej linijce jest wykreślony w układzie współ-

rzędnych logarytmicznych układ charakterystyk
 r^2
 prostych przedstawiający funkcję $y = -$, przy
 A

czyż y jest naniesione na tej linii jako odcięte, a r jako rzędne na ruchomej części suwaka będącej odpowiednikiem takiej części z drugiej strony.

Poza tym suwak według wynalazku, posiada na tylnej stronie krzywe przedstawiające zmiany, w funkcji energii, całkowitego skutecznego przekroju makroskopowego różnych materiałów osłony; na części ruchomej suwaka — skalę energii w MeV, a na linii — podwójną serię krzywych dających z jednej strony przez bezpośrednie odczytywanie i dla różnych materiałów osłony równoważne grubości ścianek osłony z ołowiu w funkcji energii, a z drugiej strony przez nomogramy pozwalające rozwiązać zagadnienie ochrony odnoszące się do źródeł, nie będących punktami.

Według wynalazku, materiałami do wykonywania osłony, dla których podaje się krzywe i z których odczytuje się grubości ścianek osłony materiałów, równoważne grubości ściankom ołowiu są to żelazo, aluminium beton (zwykły lub ciężki) i woda. Odpowiednie krzywe, wykreślone na odwrotnej stronie linijki suwaka są umieszczone parametry w odniesieniu do energii fotonów.

W odmianie suwaka zastosowano na tylnej stronie linijki krzywe izoenergii odpowiadające pewnej liczbie zwykłych pierwiastków promieniotwórczych.

Ponieważ beton zachowuje się wyraźnie jak aluminium, więc można posługiwać się tym samym układem krzywych; podziałkę ścianek osłony podano w stosunku do gęstości jej materiału.

Całe zagadnienie dotyczące tych materiałów traktuje się w odniesieniu do ołowiu.

Jeżeli dana jest grubość ścianek osłony, to porównuje się ją z równoważną grubości ścianki z ołowiu i obliczenia prowadzi się jak z osłoną z ołowiu.

Przy określaniu grubości ścianek osłony najpierw oznacza się równoważną grubość ścianek osłony z ołowiu, a następnie dokonuje się zamianę na grubość ścianek z materiału wybranego.

Co się tyczy wykorzystania suwaka do obliczenia natężenia promieniowania pochodzącego ze źródeł nie będących punktami, to jest możliwe przez odniesienie do pojęcia źródła punktowego o tej samej aktywności.

Przy oznaczeniu literą I_1 natężenia promieniowania odpowiadającego źródłu niepunktowemu, którego aktywność jest równomiernie rozłożona, a w tych samych warunkach ochrony oznacza się literą I_2 natężenie promieniowania źródła punktowego o tej samej aktywności, to

I_1
 stosunek — określa współczynnik korekcji, któ-
 I_2

rego znajomość pozwala określić za pośrednictwem źródła punktowego, zagadnienia ochrony dotyczące źródeł niepunktowych.

Suwak według wynalazku można stosować w przypadku źródeł promieniowania dających się sprowadzić (upodobnić), z punktu widzenia ochrony, bądź do źródeł liniowych, bądź do źródeł płaskich kołowych.

Na odwrotnej stronie linijki suwaka są wykreślone krzywe, przedstawiające zmiany współ-

I_1
 czynnika korekcji — = F w funkcji grubości
 I_2

ścianek osłony, wyrażonej w średnich swobodnych przebiegach oraz w funkcji pozornej średnicy źródła.

Przez pozorną średnicę źródła należy rozumieć:

1
 Dla źródeł liniowych o stosunku —, gdzie l
 a

jest długością źródła i a — odległość od źródła do punktu pomiaru wziętego na prostopadłej przechodzącej przez środek źródła.

d
 Dla źródeł płaskich kołowych o stosunku —
 a

gdzie d jest średnicą źródła i a — odległością od źródła do punktu pomiaru wziętego na prostopadłej do płaszczyzny źródła przechodzącej przez środek tego źródła.

W tych warunkach grubość ścianek osłony należy obliczać w średnich o swobodnych przebiegach. Jest to parametr bezwymiarowy $b = \Sigma x$, w którym:

Σ oznacza całkowity makroskopowy przekrój skuteczny ścianki osłony, a

x — grubość tej ścianki.

Dla określenia całkowitego makroskopowego przekroju skutecznego, znając energię fotonów i rodzaj materiału osłony, wartość Σ określa się metodą skrzyżowania. W tym celu należy posługiwać się z jednej strony skalą kalibrowaną w jednostkach energii, znajdującą się na przedniej stronie suwaka (biegacza), a z drugiej strony — krzywymi wykreślonymi na

przedniej stronie linijki, które przedstawiają dla każdego materiału osłony zmiany wartości Σ w funkcji energii fotonów.

Obliczanie wartości $b = \Sigma x$ wykonuje się na przedniej stronie linijki suwaka. W tym celu suwak jest zaopatrzony w dwie skale logarytmiczne wykonane jedna na linijce i druga na biegaczu, które pozwalają na obliczenie wartości iloczynu Σx przez zwykłe dodanie długości skal.

Wobec tego, że wartości x odczytuje się na skali biegacza, b odczytuje się na odpowiadającej skali linijki. W każdym razie położenie przecinka nie jest sprecyzowane i podziałka „1” np. może przedstawiać wartości 1, 10 lub 100.

Na rysunku uwidoczniono schematycznie, tytułem przykładu suwak według wynalazku do obliczania osłon ochronnych przed źródłem promieniowania, przy czym fig. 1 przedstawia tylną stronę linijki suwaka wyposażonego w biegacz, fig. 2 — przednią stronę tej linijki zaopatrzoną w biegacz i w linijkę, fig. 3, 4 i 5 przedstawiają układ linii wykresu nakreślony na tylnej stronie linijki, który umożliwia przez bezpośrednie odczytanie określić w funkcji energii odpowiednie grubości ścianki osłony z ołowiu, równoważne grubości takiej ścianki z żelaza, aluminium, betonu Z albo wody, fig. 6 i 7 — również nakreślone na tylnej stronie linijki nomogramy umożliwiające rozwiązanie zadania ochrony w odniesieniu do źródeł niepunktowych (źródła płaskie kołowe dla fig. 6 i źródła liniowe dla fig. 7), a fig. 8, 9 i 10 — tylną stronę linijki podczas dokonywania różnych obliczeń, opisanych poniżej.

Jak widać z fig. 1, suwak według wynalazku posiada płytkę 1, zaopatrzoną w układ krzywych charakterystyk 2 przedstawiających zmianę osłabienia aktywności fotonów gamma w funkcji grubości ścianki osłony dla różnych wartości energii E tych fotonów (0,5, 0,6 itd. 2,5—3 MeV).

Wartość grubości x ścianki z ołowiu powodująca osłabienie tej aktywności odczytuje się na osi 3 naniesionej na płaszczyźnie 4 biegacza przezroczystego 5, mogącego poruszać się równoległe do długiego boku linii.

Celem rozszerzenia możliwości stosowania tej skali, wykonanej w stosunku do ścianki z ołowiu, na inne ewentualne materiały ochronne, jak uran, stosuje się zasadę przybliżonego doboru równoważnych grubości ścianki przez zastosowanie następującego równania:

$$x_e = x_{pb} \cdot \frac{d_{pb}}{d_e}$$

gdzie x_e i d_e oznaczają odpowiednio grubość ścianek osłony z ołowiu i gęstość ołowiu, a x_{pb} i d_{pb} oznaczają odpowiednio grubość ścianki osłony i gęstość jej z innego materiału, niż ołów.

Płaszczyzna 4 biegacza w konsekwencji posiada drugą oś 6, przesuniętą w stosunku do osi poprzedniej: oś 3 dla osłon ołowiwych, a oś 6 dla osłon uranowych. W tym wykonaniu osłony używa się tylko tych dwóch osi dla ułatwienia odczytywania.

Jak widać z fig. 2 druga strona suwaka zawiera ruchomą linijkę 7, na której wykreślono wiązkę prostych linii izoaktywności 8 dla aktywności A od 10 mikrocurie do 10^4 curie.

Wartość odległości r źródła promieniowania od operatora odczytuje się na drugiej powierzchni 9 biegacza 5 według jednej z dwóch osi 10 lub 11 odpowiednio dla ołowiu lub uranu, jak dla płaszczyzny 4 tego biegacza.

Dolna krawędź 12 linijki posiada skalę logarytmiczną 13 (która służy jednocześnie do kon-

r^2
A

strukcji układu krzywych $\gamma_1 = f(E, x)$ i y —)

dająca wartości natężenia promieniowania R w milirentgenach na godz. (reper 14) albo w rentgenach na godzinę (reper 15). Oprócz tego, na płaszczyźnie 4 biegacza 5 (fig. 1) jest nakreślona skala 16 energii, rozciągająca się w tym szczegółowym przykładzie od 0,5 do 3 MeV; na przezroczystych częściach linii również są wygrawerowane dwie skale 17 i 18; skala 17 jest wykalibrowana w średnich przebiegach swobodnych, a skala 18 — w cm ołowiu. Na linii jest jeszcze wygrawerowana skala logarytmiczna 19, podająca wartości całkowitego makroskopowego przekroju skutecznego osłony, której to skali odpowiada na płaszczyźnie 4 biegacza skala logarytmiczna 20 wykalibrowana w grubościach (podająca wartości grubości).

Wreszcie, na płaszczyźnie linii oznaczonej cyfrą 1 sieć krzywych 21 przedstawia w funkcji energii zmiany całkowitego makroskopowego przekroju skutecznego Σ dla różnych materiałów osłon; woda, beton lekki Z_1 , aluminium, beton ciężki, żelazo, ołów, uran.

Dla przykładu opisano sposób użycia suwaka według wynalazku dla rozwiązania dwóch różnych zadań.

Przyjmując, że źródło punktowe o sile 100 curie wysyła promieniowanie gamma o mocy 1 MeV. Jakie jest natężenie promieniowania

w odległości 1 m od źródła, gdy się umieści przed źródłem promieniowania osłonę żelazną o grubości ścianek 25 cm? Należy wykonać następujące czynności. Do określenia grubości ścianek z ołowiu równoważnej osłonie żelaznej umieszcza się ruchomą linijkę 7 w ten sposób, aby reper ołowiu 18 przecinał na podziałce 25 poziomą skalę wykalibrowaną w grubości ścianki osłony z żelaza na tylnej stronie linijki 7 (fig. 8). Na przecięciu linii prostej energii 1 MeV i reperi ołowiu odczytuje się wynik, np. 12 cm grubości ścianki osłony z ołowiu. Obliczenie natężenia promieniowania z osłoną ołowianą o grubości ścianki 12 cm dokonuje się w sposób następujący:

Przesuwa się biegacz na płaszczyźnie 1 w ten sposób, aby wartość $x = 12$ odczytana na osi 3 wygrawerowanej na płaszczyźnie 4 biegacza, odpowiadała przez skrzyżowanie linii wartości energii $E = 1$ MeV fotonów gamma odczytanej na odpowiedniej krzywej wiązki 2.

Współrzędne znalezionej punktu sprawdzają równanie:

$$\gamma_1 = f(E, x)$$

Odwraca się więc linię i przesuwają się linijkę 7, nie dotykając biegacza w ten sposób, aby wartość $r = 100$ cm (odległość źródła promieniowania od operatora) odczytana na osi 10 wygrawerowanej na płaszczyźnie 9 biegacza, odpowiadała wartości $A = 100$ curie (aktywność źródła) odczytanej na linijce. Współrzędne znalezionej punktu sprawdzają równanie:

$$y = \frac{r^2}{A}$$

Wartość natężenia promieniowania R odczytuje się na podziałce 13 w milirentgenach na godzinę naprzeciwko reperi 14 (albo w rentgenach na godzinę naprzeciwko reperi 15), np. 14 mr/h w wybranym przykładzie.

Drugi przykład zastosowania suwaka dotyczy obliczenia natężenia promieniowania na osi symetrii źródła niepunktowego monokinetycznego.

Przyjmując, że źródło płaskie kołowe o średnicy 100 cm i całkowitej aktywności gamma 10 curie wysyła promieniowanie gamma o energii 1,5 MeV. Jeżeli to źródło jest umieszczone w osłonie ołowianej o grubości ścianek 10 cm, równoległej do płaszczyzny źródła, to takie jest natężenie promieniowania w odległości 1 m od źródła na prostopadłej przechodzącej przez jego środek?

Suwakiem posługuje się w następujący sposób:

Rozpoczyna się od rozwiązania zadania zakładając, że źródło jest punktowe i posiada aktywność całkowitą $= 10$ curie. Postępując jak poprzednio znajduje się natężenie promieniowania $= 65$ mr/h. Następnie określa się grubość ścianek osłony b wyrażoną w średnich przebiegach swobodnych. Aby to uczynić przesuwają się biegacz na tylnej stronie linijki w ten sposób, aby reper energii przeciął krzywą ołowiu na podziałce 1,5 MeV (fig. 9). Naprzeciwko podziałki 10 skali logarytmicznej biegacza odczytuje się na skali linii $b = 6$. Wreszcie, aby odszukać współczynnik korekcji, używa się su-

waka w ten sposób, że krzywa — — — 1 prze-

cina skalę 17 na podziałce 6. Na przecięciu skali b i skali „F” odczytuje się wartość 0,63 (fig. 10). Gęstość promieniowania źródła kołowego równa się $65 \times 0,63 = 40$ mr/h, mnożenie to wykonuje się za pomocą skal logarytmicznych 19 i 20 wykreślonych na linijce i biegaczu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Suwak do obliczania osłon ochronnych przed promieniowaniem źródła radioaktywnego, znamienny tym, że posiada stałą płytkę, zaopatrzoną na jednej stronie w układ

$$\text{krzywych funkcji } \gamma_1 = f(E, x) = \frac{k E B \mu_a}{e^{\mu x}}$$

gdzie k jest współczynnik liczbowy, zależny od wybranych jednostek, (E) energia fotonów, (B) współczynnik zwany „build up”, μ_a i μ są to odpowiednie współczynniki absorpcji liniowej powietrza i materiału stanowiącego osłonę, γ_1 jest przedstawiona według osi odciętych z podziałką logarytmiczną, a (x) jest odczytywane na osi rzędnych z podziałką liniową, przy czym oś jest wykreślona na przezroczystym biegaczu, mogącym przesuwac się równoległe do osi odciętych a druga strona tej płytki zawiera podziałkę logarytmiczną, która przedstawia funkcję natężenia promieniowania (R) , przed którą przesuwają się ruchoma linijka i na tej linijce jest wykreślony w układzie współrzędnych logarytmicznych układ charakterystyk

przedstawiających funkcję $y = \frac{r^2}{A}$, gdzie

- r jest odległością źródła promieniowania od operatora i (A) — aktywnością źródła, wartość (y) jest naniesiona na tej linii jako odcięta i (r) jako rzędna na przezroczystym biegaczu, będącym odpowiednikiem poprzedniego.
2. Suwak według zastrz. 1, znamieny tym, że jego tylna strona zawiera krzywe, przedstawiające zmiany funkcji energii fotonów całkowitego makroskopowego przekroju skutecznego ścianek osłony z różnych materiałów.
 3. Suwak według zastrz. 1 i 2, znamieny tym, że jego tylny biegacz zawiera skalę energii kalibrowaną liniowo w megaelektronowoltach i skalę grubości ścianek osłony kalibrowaną logarytmicznie w centymetrach.
 4. Suwak według zastrz. 1—3, znamieny tym, że jego linijka zawiera na stronie tylnej podwójny układ krzywych, umożliwiający z jednej strony przez bezpośrednie odczytanie równoważne grubości ścianki ołowianej dla różnych materiałów w funkcji energii, a z drugiej strony — nomogramy pozwalające rozwiązać zadanie ochrony odnoszące się do źródeł niepunktowych.
 5. Suwak według zastrz. 1—4, znamieny tym, że jego tylna strona zawiera krzywe izoenergii odpowiadające pewnym zwykłym pierwiastkom promieniotwórczym.

Commissariat à l'Energie Atomique

Zastępca: mgr inż. Adolf Towpik
rzecznik patentowy

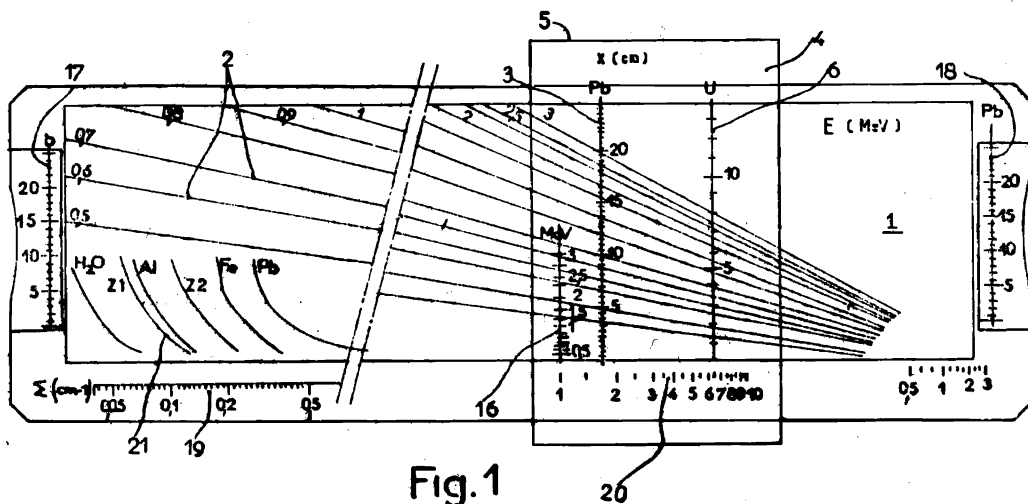


Fig. 1

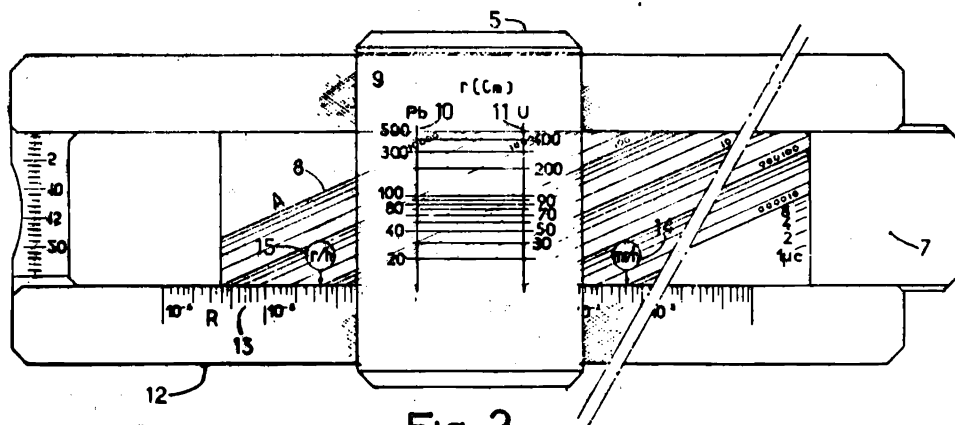


Fig. 2

Fig. 3

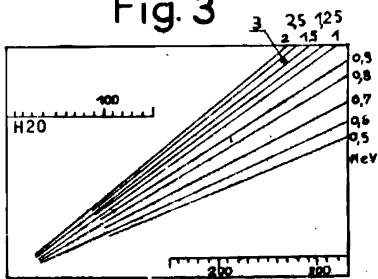


Fig. 4

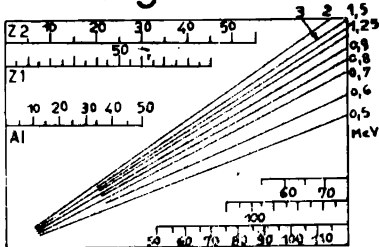


Fig. 5

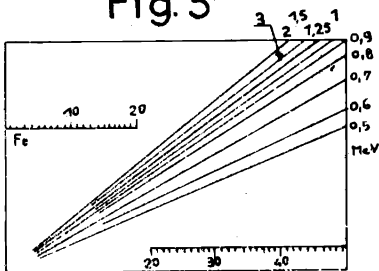


Fig. 6

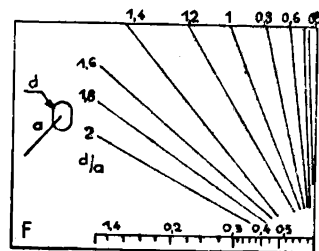


Fig. 7

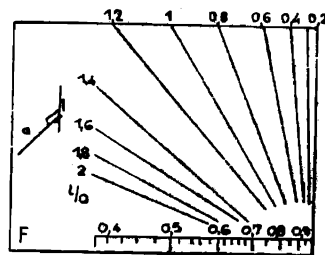


Fig. 8

