



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00542

(22) Data de depozit: 18.07.2013

(41) Data publicării cererii:  
27.02.2015 BOPI nr. 2/2015

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE C&D  
PENTRU FIZICĂ ȘI INGINERIE NUCLEARĂ  
(IFIN-HH), STR. REACTORULUI NR. 30,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• STOCHIOIU ANA,  
STR. SG. MJ. VASILE TOPLICEANU  
NR. 14, BL. P39, AP. 49, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• TUDOR ION, ȘOS. ALEXANDRIEI  
NR. 398A, BRAGADIRU, IF, RO

(54) METODĂ DE EVALUARE A DOZELOR ÎN CÂMP DE RADIAȚII  
X PRODUSE DE INSTALAȚIILE MEDICALE UTILIZÂND  
DOZIMETRIA TERMOLUMINISCENTĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru evaluarea dozei de radiații primite de un pacient pe toată durata examenelor medicale specifice. Metoda conform invenției se bazează pe dozimetria termoluminiscentă pentru evaluarea echivalentului de doză, și constă în înlocuirea pacientului utilizând o copie virtuală a acestuia, în dispunerea perpendiculară a două detectoare termoluminiscente în fiecare punct al unei matrice de dimensiuni de 40 x 40 cm, matricele fiind distribuite în copia virtuală, atât la incidență, cât și la diverse adâncimi, în selecția celei mai mari valori înregistrate de detectoarele din fiecare locație a matricei, eliminându-se astfel efectul unghiului de incidență al fluxului de radiații.

Revendicări: 1  
Figuri: 3

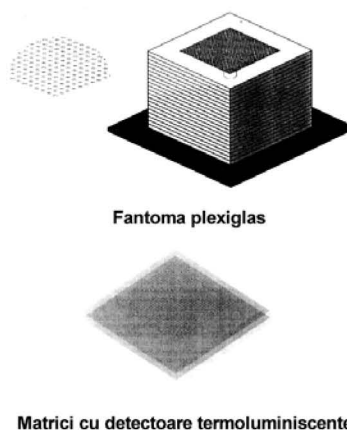


Fig. 1



# METODA DE EVALUARE A DOZELOR IN CAMP DE RADIATII X PRODUSE DE INSTALATIILE

## MEDICALE UTILIZAND DOZIMETRIA TERMOLUMINISCENTA

### DESCRIEREA INVENTIEI

Inventia se utilizeaza in exclusivitate in domeniul medical. Ea se refera la o metoda pentru evaluarea cat mai corecta a echivalentului de doza, Hp(10), bazata pe dozimetria termoluminiscenta, marime necesara la evidenta dozei de radiatii primite de un pacient pe toata durata examenelor medicale specifice. Pentru evaluarea lui Hp(10), in raport cu calitatea imaginii radiologice, metoda inlocuieste pacientul utilizand o fantoma originala.

In conformitate cu legislatia in vigoare, pentru anumite tipuri de investigatii medicale, facute cu ajutorul instalatiilor radiologice este obligatorie evidenta dozei primite de pacient, in echivalent de doza, Hp(10). In prezent, dozele primite in cursul procedurilor radiologice sunt evaluate cu ajutorul unor dispozitive de masurare a produsului doză-arie (DAP-metre) sau de masurare a produsului Kerma in aer-Arie (KAP-metre), care sunt montate foarte aproape de tubul roentgen al echipamentului de radiologie, pe colimator. DAP-metrul contine o camera de ionizare rectangulara, de dimensiuni mai mari decat colimatorul sursei de radiatii, rolul colimatorului fiind acela de a selecta din fasciculul de radiatie doar fotonii dintr-un anumit unghi solid. Indicatia furnizata de DAP-metru este exprimata in Gy·cm<sup>2</sup>.

Dozimetria medicala se bazeaza, in prezent, pe masurarea de doza absorbita si calculul echivalentului de doza folosind factori de conversie. Aceasta este adesea efectuata de catre un fizician medical (FM), acreditat de Comisia Nationala de Control al Activitatilor Nucleare (CNCAN), sau de un expert fizician medical (EFM), cu pregatire de specialitate in domeniu. Inregistrările juridice de rezultate de dozimetrie sunt de obicei pastrate pentru o perioada stabilita de timp, in functie de cerintele legale la nivel national.

In tomografia computerizata (CT), afisarea dozei la consola sistemului este tipica sursei primare de informatii in determinarea dozei data pacientului pentru o examinare completa. Valoarea dozei afisate este calculata pe baza parametrilor de expunere dati de software-ul instalatiei de CT.

Verificarea dozei afisate este posibila prin masurarea din afara, cu un alt sistem, a unor valori de referinta la o rotatie sau la o examinare CT completa. Marimea dozimetrie de baza in CT este Kerma in aer, iar unitatea de masura este Gray-ul (Gy). Pentru gestiunea dozei primite de pacient este importanta valoarea echivalentului de doza, Hp(10), lucru care este posibil de determinat cu metoda propusa.

Pentru evaluarea dozelor in camp de radiatii X produse de instalatiile nucleare se utilizeaza dozimetria termoluminiscenta (TL), care ofera informatia utila, cea care se inregistreaza in evidente, echivalentul de doza, Hp(10), exprimat in miliSievert (mSv).

Metoda de evaluare a dozelor in camp de radiatii X produse de instalatiile medicale utilizand dozimetria termoluminiscenta permite si evaluarea dozei primite de pacient cumulata cu radiatia retroimprastiata, informatie pe care dispozitivele de masurare de tip produs doză-arie (DAP-metru) sau de masurare de tip produs Kerma in aer-Arie (KAP-metre) nu o ofera. Doza masurata de DAP-metru nu contine si aceasta contributie, astfel ca, dozele raportate sunt cu pana la 30-38% mai mici decat cele reale obtinute numai cu dozimetrele termoluminescente. La iradierea in aer, unde fenomenul de retroimprastiere are o contributie foarte mica,

indicațiile furnizate de dozimetrele termoluminescente și de DAP-metru sunt similare . Studiile efectuate au evidențiat avantajele folosirii detectoarelor termoluminescente pentru evaluarea dozelor în expunerea medicală. Dimensiunile reduse ale acestora, ușurința manipulării și acuratețea rezultatelor obținute le recomandă pentru determinarea dozelor înregistrate de pacienți în timpul examenelor radiologice.

Metoda dozimetrică termoluminiscentă (TL) este recomandată în special pentru generatoarele de radiații X care nu au prevăzute aparate precum KAP-metre (Produs Kerma în aer - Arie) sau DAP- metre ( Produs Doza-Arie) pentru măsurarea dozei de radiații aplicate pacientului, dar și pentru celelalte generatoare care au dotările de mai sus. Metoda presupune existența sistemului de dozimetrie TL, format din:

- a. Detectoare termoluminiscente (TL)
- b. Cititor de detectoare TL
- c. Cuptor de regenerare detectoare TL
- d. Fantoma cu matrici de detectoare
- e. Iradiator

Sistemul de dozimetrie termoluminiscentă folosește detectoare pe baza de LiF activat cu magneziu, cupru și fosfor (LiF: Mg, Cu, P).

Pentru determinarea echivalentului de doză, Hp(10) ( mSv) primit de un pacient la o investigație medicală sau la o sedință de radioterapie se utilizează răspunsul detectoarelor TL din cadrul sistemului TL calibrat. Calibrarea sistemului dozimetric se face în conformitate cu recomandările ICRU Report 39 și a cerințelor standardului IEC 61066:2006.

Aceasta constă în iradierea detectoarelor TL în condițiile specifice activității radiologice, identice cu cele în care vor fi pacienții expuși și aflarea răspunsului dozimetric, în mSv, prin citirea lor la Cititorul TL. Mărimea exprimată în echivalent de doză penetrabilă, la adâncimea de 10 mm, Hp(10) este obținută din valoarea medie a răspunsului dozimetric pentru detectoarele plasate pe matricea 0 cm; ea caracterizează doza primită pe întreg corpul. Este utilizată fantoma proiectată special pentru simularea pacientului.

Detectoarele TL de LiF: Mg, Cu, P,( diam.4.5mm x0.8mm) sunt dispuse în matrici de dimensiuni 40x40 cm. La rândul lor, matricile sunt distribuite în fantoma, în funcție de interes, atât la incidența cât și la diverse adâncimi (0, 10, 20, 30, 40 cm), pe o suprafață egală cu mărimea colimată a fluxului de radiații sau pe o suprafață de interes.

Detectoarele TL sunt calibrate echivalent Cs-137,trasabilitatea mării, Hp(10), fiind preluată de la un Standard Secundar Dozimetric (SSD) conform standardului IEC 61066:2006

Deoarece nu toate TLD-urile sunt fabricate pentru a avea aceeași eficiență referitor la termoluminescența, semnalele lor măsurate, diferă după iradiere, la aceeași doză. Un lot tipic de TLD-uri are un coeficient de variație de 10-12%. Această variație poate fi redusă la aproximativ 5% prin folosirea procedurii de selectare.

O posibilitate este de a diviza un lot de detectoare, în grupuri care au sensibilități similare. O altă posibilitate este de a stabili o sensibilitate individuală și un factor pentru fiecare detector din lot, lucru care, în cazul de față, folosind un număr mare de detectoare TL, poate fi pierdută identitatea lor. Calibrarea constă în determinarea răspunsului detectoarelor TL, în număr de impulsuri/ mSv.

Unul din elementele de originalitate introdus in metoda propusa este fantoma cu dispunerea perpendiculara a doua detectoare in fiecare punct al matricii. Acest lucru permite obtinerea unei informatii corecte, neinfluentata major de unghiul de iradiere, cum este cazul Tomografiei Computerizate (CT). Este stiut ca la CT, imaginea se obtine printr-o rotatie sau mai multe (slice-uri) la o examinare completa. In cazul dispunerii detectorului numai in pozitie orizontala, acesta avand grosimea de numai 0.8 mm, in pozitia fluxului, informatia integrata este mult diminuată (aprox. 35- 45%). Folosirea fantomei cu dispunere perpendiculara a doua detectoare in acelasi punct din matrice, permite integrarea informatiei in orice pozitie a fluxului de radiatii X. In acest fel se pot obtin 2 (doua) seturi de masuratori pentru aceeasi iradiere, fapt ce imbunatbeste rezultatul dozimetric, prin selectia lor (dintre cele doua detectoare aflate in aceeasi locatie a matricii se retine valoarea cea mai mare, corespunzatoare cu unghiul maxim de incidenta )

Un alt element important este dat de posibilitatea obtinerii unei imagini a uniformitatii fluxului si in profunzime a corpului, la adincimi de 0, 10, 20, 30, 40 cm.

Pentru echivalentul de doza luat in evidenta pacientului se ia valoarea obtinuta de pe prima matrice, matricea aflata la 0 cm, considerat la piele.

Tehnologic este posibil de modificat configuratia fantomei, in functie de scop, deoarece aceasta este realizata din placi de plexiglas (densitate de suprafata echivalent tesut, aprox. 1000mg/cm<sup>2</sup>) de grosime 2 cm si matricea este realizata pe 5 (cinci) din placile ce pot fi montate, impreuna cu celelele, pentru diverse profunzimi ( standard 0; 10; 20; 30; 40 cm). Dimensiunile standard ale fantomei sunt 40 x 40 x 40 cm.

De asemenea, constructia matricii, permite obtinerea unei rezolutii mai bune, pe orice zona de interes, prin completarea cu detectoare a tuturor punctelor prevazute pe matrice, 8(opt) detectoare/cm<sup>2</sup>, rezolutie maxima.

Fantomele utilizate curent sunt universale. Cu ajutorul lor se fac alinierea mecanice, determinarea puterii fascicolului, grosimea slice-lor, uniformitatea spatiala si doar uneori este posibila si determinarea dozimetrica.

Acest inconvenient este eliminat de metoda propusa, care se ocupa preponderent de:

- i) determinari dozimetrice;
- ii) uniformitatea campului de radiatii;
- iii) nivelul de atenuare in corpul pacientului, in profunzime, pe directia fluxului de radiatii.

Metoda propusa permite masurarea corecta a echivalentului de doza, Hp(10), in mSv, primit de pacient, detectoarele integrand informatia pe toata durata procedurii de iradiere.

Un alt element important este utilizarea metodei de dozimetrie termoluminiscenta pentru evaluarea nivelului de atenuare in corpul pacientului, in profunzime, pe directia fluxului de radiatii. Configuratia fantomei permite o imagine spatiala a punctelor in care este determinata valoarea echivalentului de doza. Dimensiunile mici ale detectoarelor termoluminiscente permit o aproximare destul de buna in 2D, astfel incat se poate face asa numita dozimetrie pe organul de interes.

Tipuri de fantome utilizate in domeniu investigatiei si terapiei cu radiatii X, similare cu inventia propusa sunt :

- The Alderson Radiation Therapy Phantom (ART)-RSD ( Radiology Support Devices)
- AAPM CT Performance ( American Association of Physics Medicine)
- Phantom for Abutment Verification- Radiation Products Design, Inc.

Masuratorile in conditii reale au fost considerate ca fiind cele mai bune in stabilirea nivelurilor de referinta recomandate de Agentia Internationala pentru Energia Atomica si Comisia Europeana si stabilirea lor la nivel national. Se aplica tehnici standard de utilizare a detectoarelor termoluminiscente, atasate pe pielea pacientului, in centrul campului de radiatii. O data stabilite aceste niveluri de referinta, pentru verificarea lor se poate folosi metoda propusa, tocmai pentru a elimina expunerea pacientilor la controlul instalatiilor. Cele mai frecvente tipuri de examene, introduse in lista procedurilor standard sunt pentru: piept, craniu, abdomen, articulatie sold etc. Pentru ca spitalele de diferite dimensiuni si niveluri de dotare cu generatoare de radiatii X sa respecte nivelurile nationale de doza primite de pacienti, ele trebuie verificate, cu o metoda comuna pentru aceeasi determinare.

Beneficiarul acestor practici este pacientul, caruia i se administreaza o doza minima de radiatii, optimizata pentru o informatie radiologica necesara stabilirii unui diagnostic corect.

Prin utilizarea metodei la nivel national se poate obtine acelasi tip de evidenta in toate centrele de diagnostic cu raze X, marimea de baza in evidenta pacientilor fiind echivalentul de doza pentru radiatii penetrante, Hp(10). Metoda este de baza si pentru controlul de calitate al serviciului.

Scurta prezentare a figurilor:

Fig. 1. Reprezinta imaginea fantomei utilizata in cadrul metodei prezentate, formata din matrici si sectiuni blank din plexiglas, considerat echivalent tesut uman, de grosime 2 cm, si dimensiuni 40x40 cm, 20 buc. Dimensiunea totala a fantomei este 40x40x40cm.

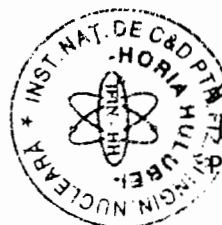
Fig. 2. Reprezinta imaginea unei matrici de detectoare termoluminiscente si modul de pozitionare a detectoarelor in fiecare locatie a matricii, cat si relatia fata de incidenta fluxului de radiatii X: dimensiuni detector si dispunerea celor doua detectoare TL in fiecare locatie a matricii.


Fig.3. Imaginea reprezinta omogenitatea fluxului de radiatii obtinuta de pe matricea 1, profunzime 10 cm si exprimarea grafica a atenuarii in profunzime a fluxului de radiatii X. Datele au fost obtinute pe un model experimental.

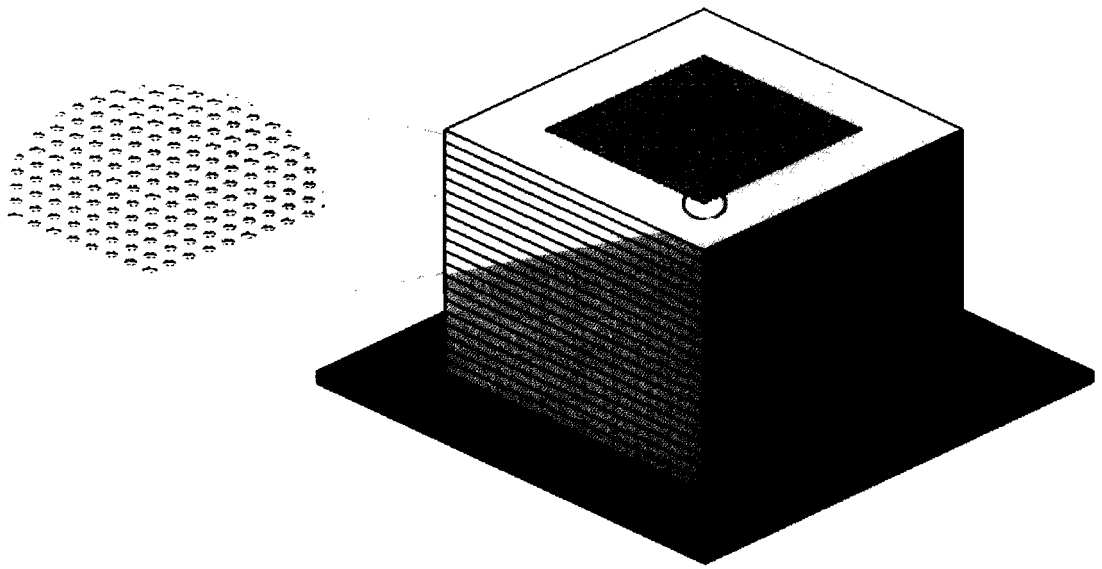
Metoda a fost utilizata pe un model experimental cu rezultate publicate in Review Journal of Physics, volum 58, numarul 3-4, 2013. Masuratorile au fost facute pe o instalatie INTEGRIS H 5000, examinare radiologica de tip interventional, angiografie. Au fost folosite matrici cu detectoare, dim.8 x 12 cm plasate in profunzime la 10, 16, 23 si 30 cm. Cu ajutorul datelor au fost determinate omogenitatea fluxului de radiatii X si atenuarea in profunzime a acestuia.

## REVENDICARE

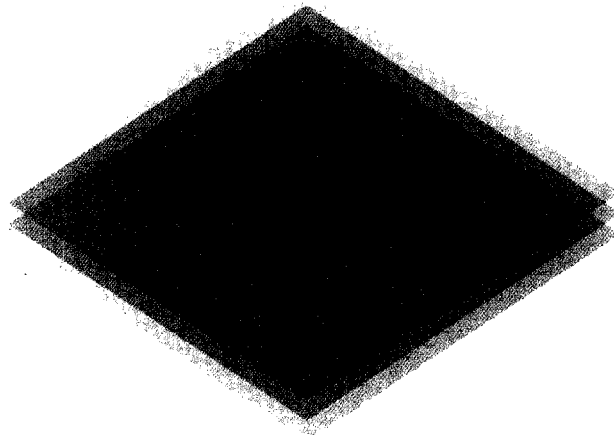
Metoda pentru evaluarea dozelor in camp de radiatii X produse de instalatiile medicale, caracterizata prin aceea ca, prin dispunerea perpendiculara a doua detectoare (unul perpendicular pe celalalt) in fiecare punct al matricii si prin selectia valorii celei mai mari inregistrata de detectoarele din fiecare locatie a matricii se elimina efectul unghiular fata de incidenta fluxului de radiatii X.



  
Director General IFIN-HH  
Prof. Dr. Nicolae Victor Zamfir



Fantoma plexiglas



Matrice cu detectoare termoluminiscente

Fig.1 Fantoma cu matrice de detectoare

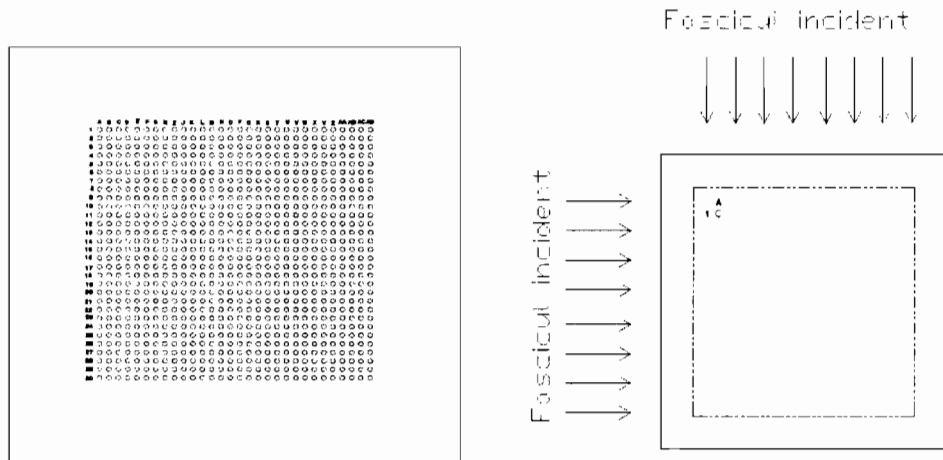


Fig.2A. Model matrix, punct A-1 (exemplu)

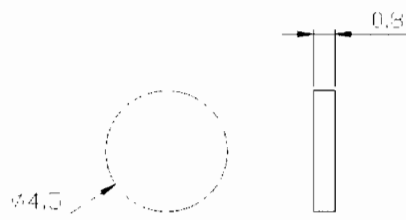
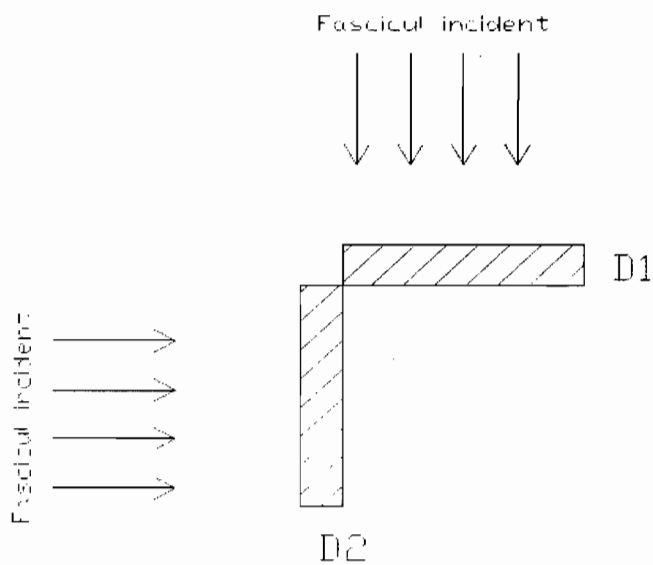


Fig.2B. Dimensiuni detector TL



D1,D2 = detectoare termoluminoscente

Fig.3C. Punct A-1, matricea 1, 0 cm

Figura 2. Matrice, dimensiuni detector si dispunerea celor doua detectoare in fiecare locatie a matricii



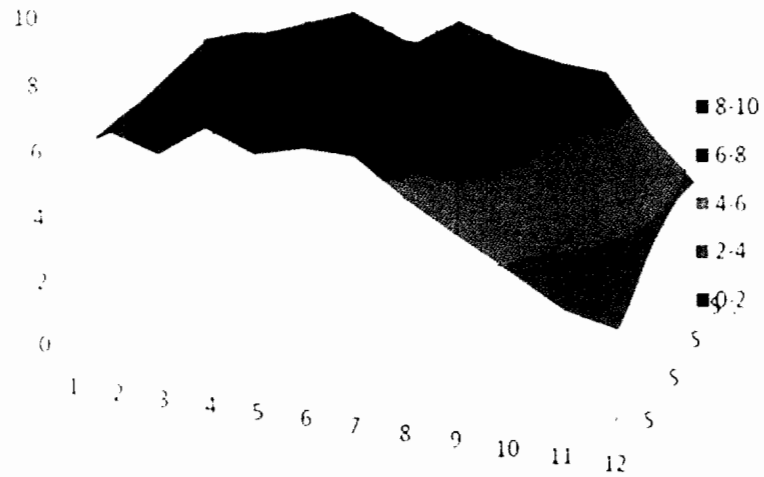


Fig. 3 A. Distribuția echivalentului de doză, Hp(10) pe matricea nr.1 (profundime 10 cm).

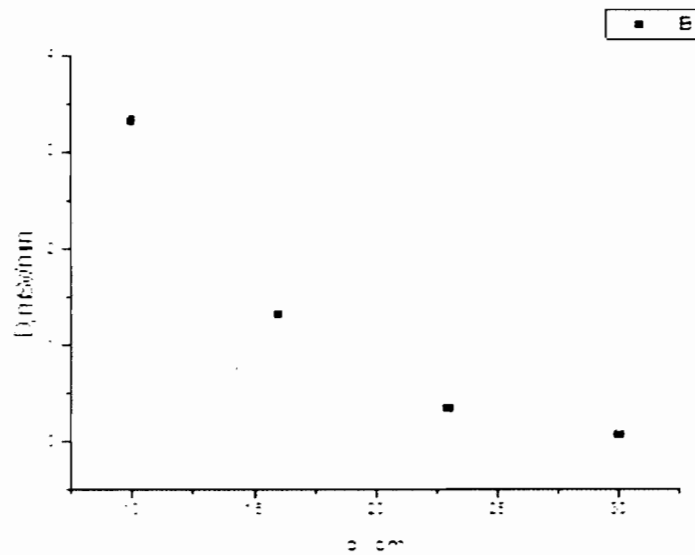


Fig. 3 B Atenuarea în profunzime a fascicului de radiații X (120 keV)

Fig.3. Omogenitatea fluxului de radiații ( Fig.3 A) și atenuarea acestuia în profunzime: 10,16, 23, 30cm ( Fi.3 B)