IBK-679

T. Boševski

OPTIMALNI RASPORED PROSTORNIH TAČAKA U ĆELIJI REAKTORA

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE „BORIS KIDRIČ"
BEOGRAD-VINČA

IBK - 679

NUKLEARNA TEHNIKA

IBK-679

T. Boševski

OPTIMALNI RASPORED PROSTORNIH TAČAKA U ĆELIJI REAKTORA

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE "BORIS KIDRIČ"

BEOGRAD - VINČA

Novembar 1968.

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

A B S T R A K T

U radu je odabran raspored prostornih tačaka, optimalan u odnosu na ukupan broj potreban za integraciju broja reakcija u ćeliji. Za numeričku proveru na jednoj standardnoj ćeliji reaktora snage korišćen je ranije razvijen program "VESTERN", koji za računanje raspodele fluksa koristi metodu verovatnoće sudara. Kako je u radu pokazano, ukupan broj prostornih tačaka dvostruko je manji od odgovarajućeg broja prostornih zona potrebnih za odredjivanje broja reakcija u ćeliji sa unapred zadanom tačnošću. Ovakav rezultat pokazuje put ka daljem kondenzovanju postupka za odredjivanje prostorno energetske raspodele fluksa u ćeliji reaktora.

1. U V O D

Ideja da se Gauss-ova integracija koristi za odredjivanje broja reakcija u pojedine materijalne zone reaktorske ćelije potekla je od Kobayashi i Nishikara (1). Kasnije je Carlvik u (2) dao usavršeniju metodu za računanje transporta neutrona u diskretno prezentovanoj ćeliji. Kao i u (1) metoda iz (2) primenjivana je na raspored prostornih tačaka pogodan za Gauss-ovu integraciju.

U ovom radu ispitaćemo mogućnost zamene Gauss-ove integracione metode u izvesne prostorne zone pogodnijom integracijom. Optimalni raspored tačaka u zoni tražićemo u odnosu na ukupan broj prostornih tačaka potrebnih za odredjivanje broja reakcija sa unapred zadanom tačnošću.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE REAKTORSKE ĆELIJE

Kao najaktuelniju posmatraćemo cilindrično simetričnu ćeliju. Za test proračune usvojićemo standardnu četvorozonu ćeliju energetskog reaktora: homogenizovano gorivo, rashladjivač, obvojna cev i moderator. Gorivo i moderator su zapreminski najveće materijalne zone, pa i traženje optimalnog rasporeda prostornih tačaka u tim zonama može biti od najvećeg značaja.

3. ZONA GORIVA

U materijalnoj zoni goriva poluprečnika a ukupan broj reakcija odredjujemo izrazom

$$A = 2\pi \int_0^a r\Sigma(r)\phi(r)dr \tag{3.1}$$

Smenom promenljivih $x = \frac{r}{a}$ jednačini (3.1) dajemo oblik pogodan za primenu numeričkih metoda integracije

$$A = 2\pi a^2 \int_0^1 x\Sigma(x)\phi(x)dx \tag{3.2}$$

Podintegralna funkcija u (3.2) sugerira nam da koristimo integracionu metodu sa Jakobi-evom težinskom funkcijom.

$$\int_0^1 x^{\alpha} f(x)dx = \sum_{i=1}^{n} w_i f(x_i) \tag{3.3}$$

Ispitaćemo slučajeve

$$\alpha = 0 \qquad f(x) = x\Sigma(x)\phi(x),$$

imamo običnu Gauss-ovu integraciju

$$\alpha = 1 \qquad f(x) = \Sigma(x)\phi(x)$$

i

$$\alpha = 2 \qquad f(x) = \frac{1}{x}\Sigma(x)\phi(x)$$

Polazeći od jednačine (3.1) na osnovu osobina podintegralne funkcije možemo izvesti prigodniji postupak integracije.

Podintegralna funkcija u (3.1) $\sum(r)\phi(r)$ za $r = o$ ima prvi izvor nula, što sledi iz uslova simetrije.

Nešto izmenjena jednačina (3.1) može se napisati

$$A = 2\pi\left\{\frac{a^2}{2}\sum(o)\phi(o) + \int_o^a r\left[\sum(r)\phi(r) - \sum(o)\phi(o)\right]dr\right\} \quad (3.4)$$

Dalje smenom promenljivih $x = \frac{r}{a}$

$$A = 2\pi a^2\left\{\frac{\sum(o)\phi(o)}{2} + \int_o^1 x\left[\sum(x)\phi(x) - \sum(o)\phi(o)\right]dx\right\} \quad (3.5)$$

Podintegralna funkcija u (3.5) oko nule ponaša se kao x^3, tako da za integraciju najpogodnija je Gauss-ova šema sa kubnom Jakobi-evom težinskom funkcijom. Tako (3.5) postaje

$$A = 2\pi a^2\left[\frac{\sum(o)\phi(o)}{2} + \sum_{i=1}^{n} w_i f(x_i)\right]$$

$$f(x_i) = \frac{1}{x_1^2}\left[\sum(x_i)\phi(x_i) - \sum(o)\phi(o)\right] . \quad (3.6)$$

Izmedju ova četiri postupka odredjivanja rasporeda prostornih tačaka u zoni goriva ostaje da tražimo optimalni.

Za proračun fluksa u unapred zadate prostorne tačke korišćen je program VESTERN (3, 4). Istovremeno je odredjivan i srednji fluks u gorivu podelom na više zone ravnog fluksa. Odnos vrednosti apsorpcije izračunate preko fluksa u tačkama i preko srednjeg fluksa višezone podele, u funkciji broja tačaka, za različite Jakobi-eve težinske funkcije, dat je na dijagramu 1. Na dijagramu 2. dat je isti odnos, ali za način integracije prema (3.6).

Na slikama 1, 2. i 3. dati su primeri proračuna raspodele fluksa u gorivu za po tri integracione tačke pri vrednosti parametara α Jakobi-eve težinske funkcije 0, 1 i 2 respektivno.

4. ZONA MODERATORA

Apsorpciju u moderatoru izračunavamo preko izraza

$$A_n = 2\pi \int_0^k r \sum(r)\phi(r)dr \qquad (4.1$$

Smenom promenljivih

$$r = R - (R - a)x \qquad (4.2)$$

jednačina (4.1) postaje

$$A_M = 2\pi(R-a) \int_0^1 \left[R-x(R-a)\right] \sum(x)\phi(x)dx \qquad (4.3)$$

Za numeričko odredjivanje integrala u (4.3) pored Gauss-ove integracije

$$\int_0^1 f(x)dx = \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i) \qquad (4.4)$$

ispitaćemo i integracionu šemu koja fiksira graničnu tačku ćelije

$$\int_0^1 f(x)dx = C_o f(o) + C_1 f'(o) + \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i) \qquad (4.5)$$

Na slikama 4. i 5. dati su primeri proračuna raspodele fluksa u moderatoru za po četiri integracione tačke prema (4.4) i (4.5) respektivno.

Na dijagramu 3. kao i na dijagramima 1. i 2. može se videti konvergencija pojedinih integracionih šema pri odredjivanju broja reakcija u moderatoru.

5. ANALIZA TAČNOSTI

Tačnost poznavanja apsorpcije u gorivu i moderatoru diktirana je preko tačnosti faktora termalnog iskorišćenja goriva.

$$f = \frac{A_g}{A_g + A_M + \sum_i A_i} \qquad (5.1)$$

gde je:

A_g - apsorpcija u zoni goriva

A_M - apsorpcija u moderatoru

A_i - apsorpcija u svim ostalim materijalima ćelije.

Apsolutna greška faktora f može se izraziti:

$$\Delta f = f^2(1-f)\left[\frac{\Delta A_g}{A_g} + \frac{\Delta A_M}{A_M + \sum_i A_i}\right] \qquad (5.2)$$

Za standardnu ćeliju teškovodnog energetskog reaktora $f = 0{,}98225 \pm 5.10^{-5}$ možemo oceniti relativnu grešku kojom treba da odredimo apsorpciju u gorivu i moderatoru:

$$\frac{\Delta A_g}{A_g} \leqslant 0{,}25 \cdot 10^{-2} \quad \text{i} \quad \frac{\Delta A_M}{A_M} \leqslant 0{,}1 \cdot 10^{-2}$$

što u gorivu zahteva tri, a u moderatoru dve integracione tačke.

6. ZAKLJUČAK

U zoni goriva integracija sa Jakobi-evom težinskom funkcijom x^1 ima istu tačnost kao i integracija prema (3.6). Za računanje transporta neutrona pogodniji je raspored tačaka prema (3.6) zbog toga što u fiksnoj tački $x = 0$ poznajemo i izvod fluksa. Iz istog razloga integracija apsorpcije u moderatoru po (4.5) ima pogodniji raspored tačaka od obične Gauss-ove integracije.

Na kraju možemo kazati da sa manje od 10 prostornih tačaka u ćeliji možemo odrediti faktor termalnog iskorišćenja neutrona sa zadovoljavajućom apsolutnom greškom od $5 \cdot 10^{-5}$, dok je pri podeli ćelije na zone ravnog fluksa potreban broj zona dvostruko veći.

Ovakav ohrabrujući rezultat sugerira osvajanje postupka za brzo i tačno računanje fluksa u unapred zadate prostorne tačke ćelije.

LITERATURA

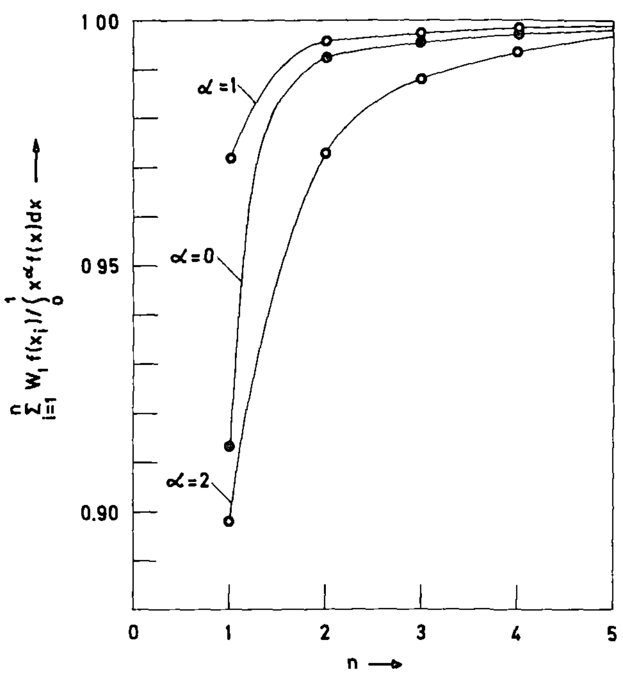
1. Kobayashi, K. and Nishikara, H., The Solution of Integral Transport Equations in Cylindrical Geometry using the Gaussian Quadrature Formula. Journal of Nuclear Energy A/B 18 (1964) 513-522.

2. I.Carlvik, Integral Transport Theory in One-Dimensional Geometries, AE-227, Stockholm, 1966.

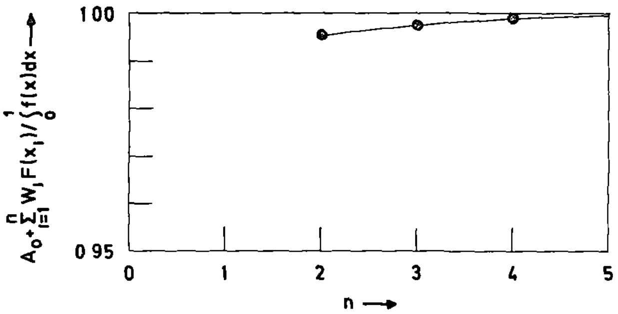
3. T.Boševski i J.Pop-Jordanov, Verovatnoće sudara za koncentrične cilindrične zone, IBK-598, Beograd 1967.

4. T.Boševski i J.Kapetanović, Uputstvo za korišćenje programa "VESTERN", IBK-635, Beograd 1968.

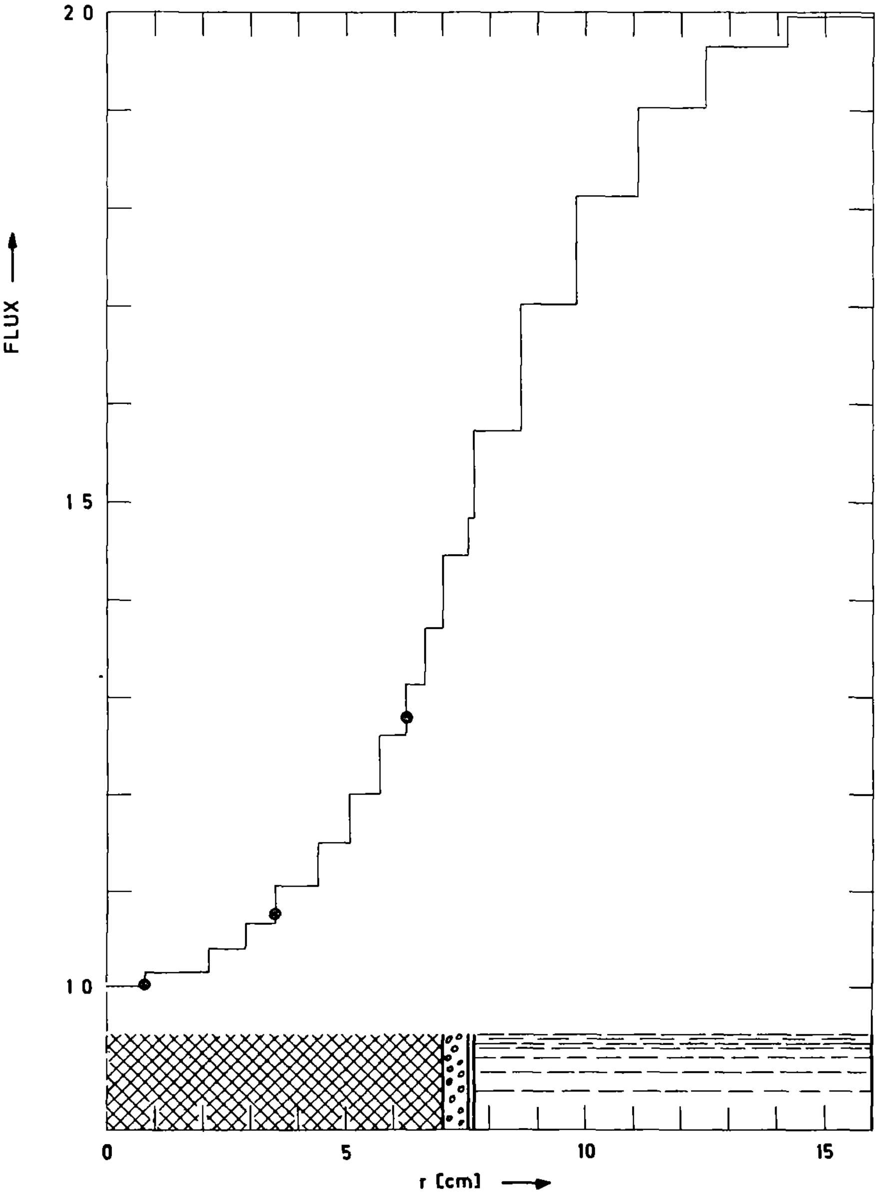
5. V.I.Krilov, L.T.Šuljgina, Spravočnaja kniga po čislennomu integrirovaniju, Moskva 1966.



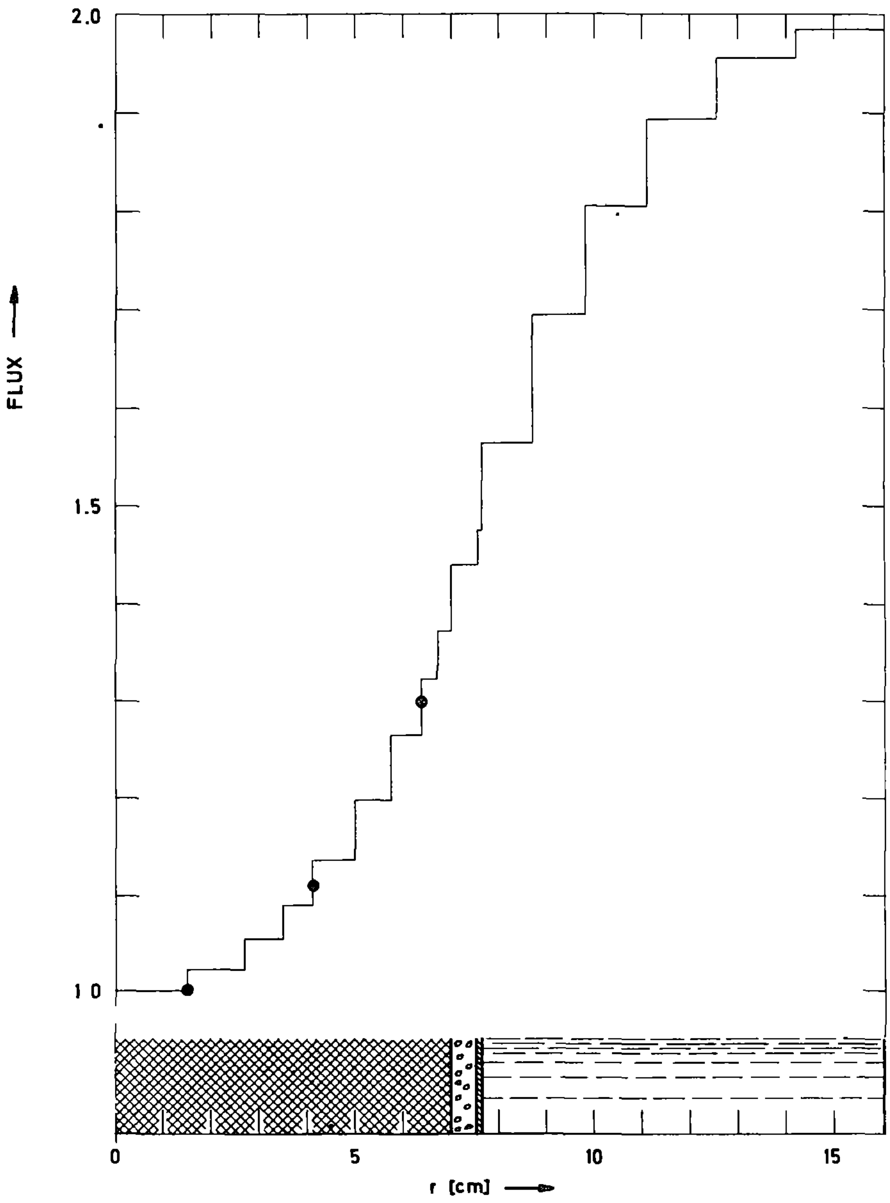
DIJAGRAM 1 KONVERGENCIJA NUMERIČKE INTEGRACIJE SA JAKOBI-EVOM TEŽINSKOM FUNCIJOM ZA ZONU GORIVA



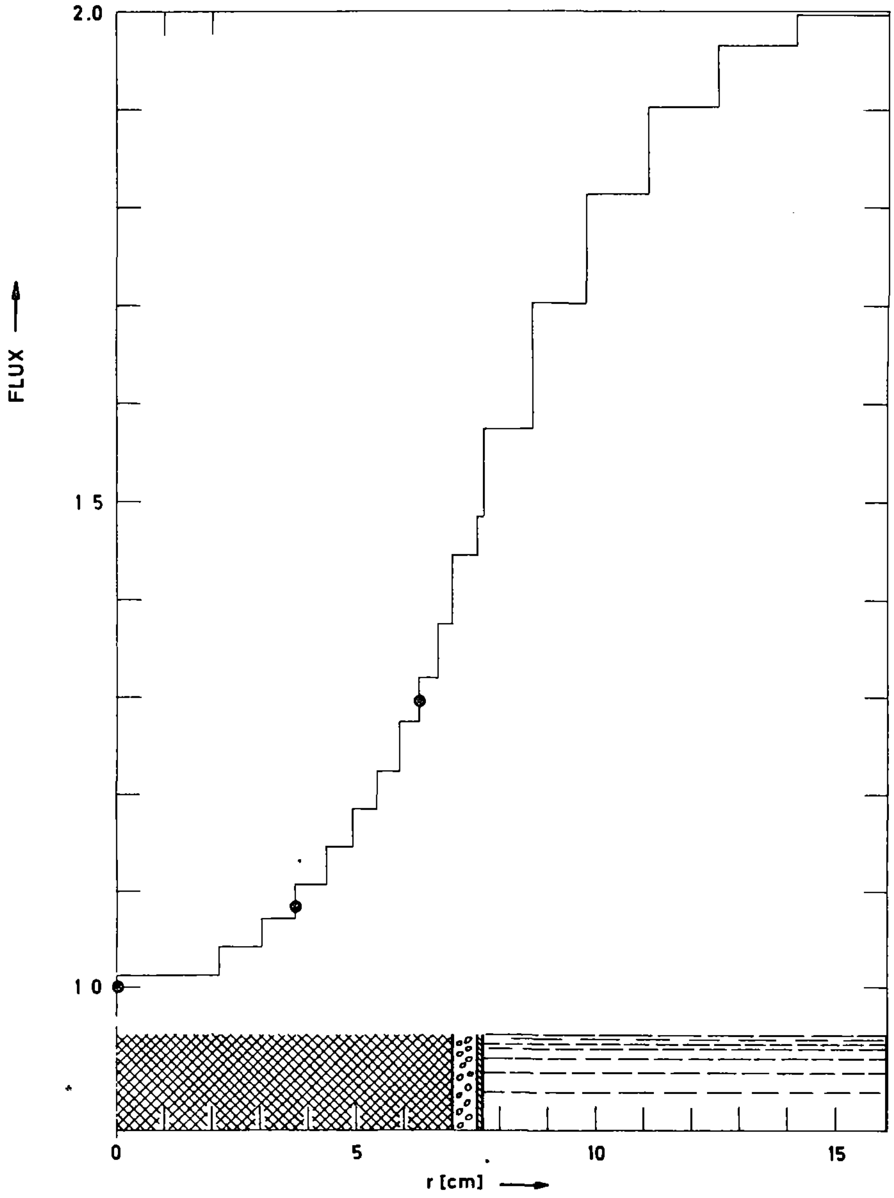
DIJAGRAM 2 KONVERGENCIJA MODIFIKOVANE NUMERIČKE INTEGRACIJE ZA ZONU GORIVA



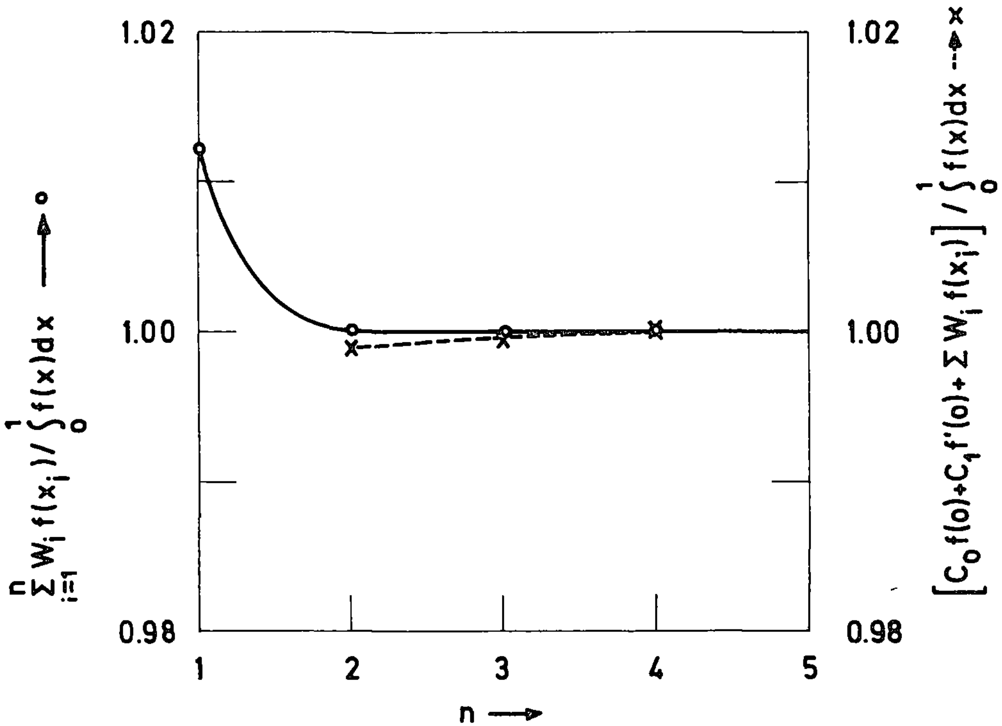
SL 1 RASPORED TAČAKA U GORIVU ZA INTEGRACIJU $\int_0^1 f(x)dx = \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i)$



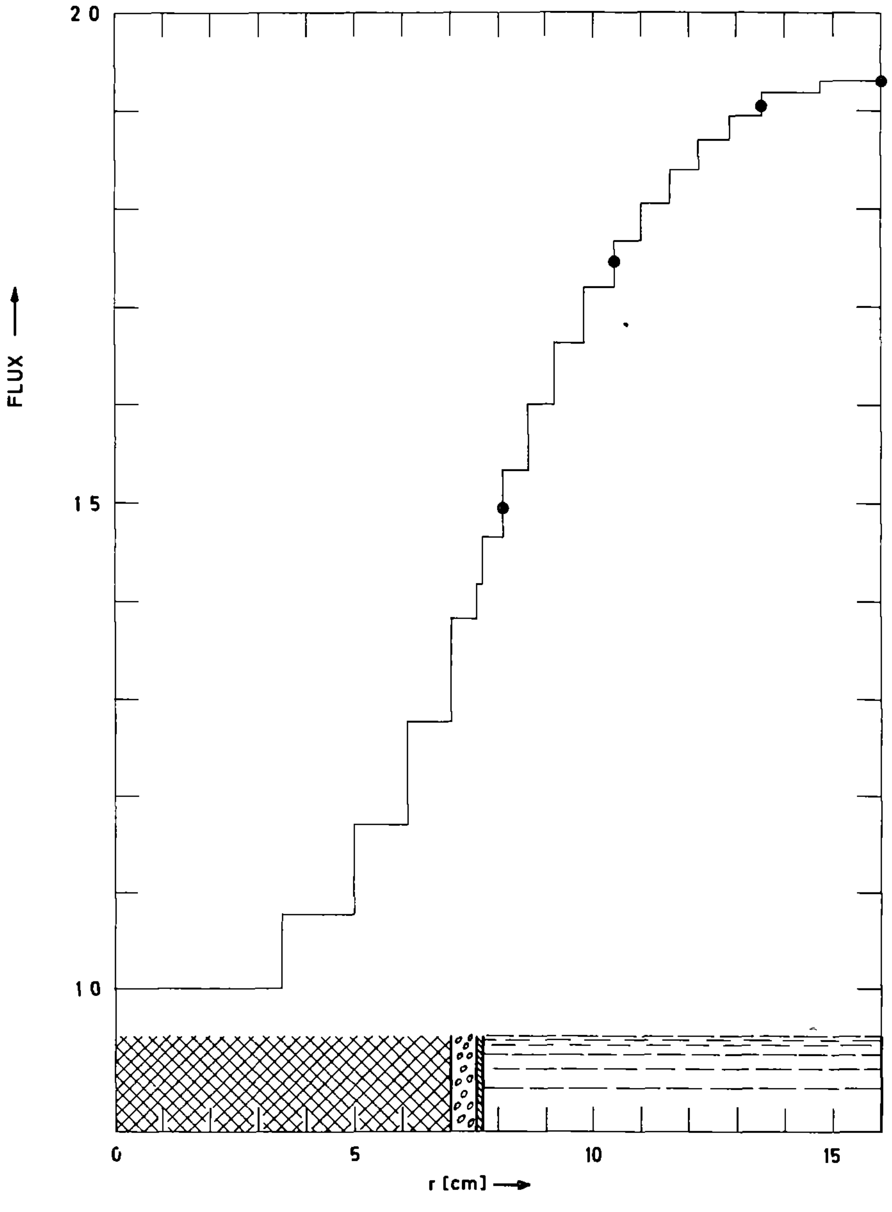
SL 2 RASPORED TAČAKA U GORIVU ZA INTEGRACIJU $\int_0^1 x f(x) dx = \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i)$



SL 3 RASPORED TAČAKA U GORIVU ZA INTEGRACIJU $\int_0^1 x^3 f(x)dx = \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i)$

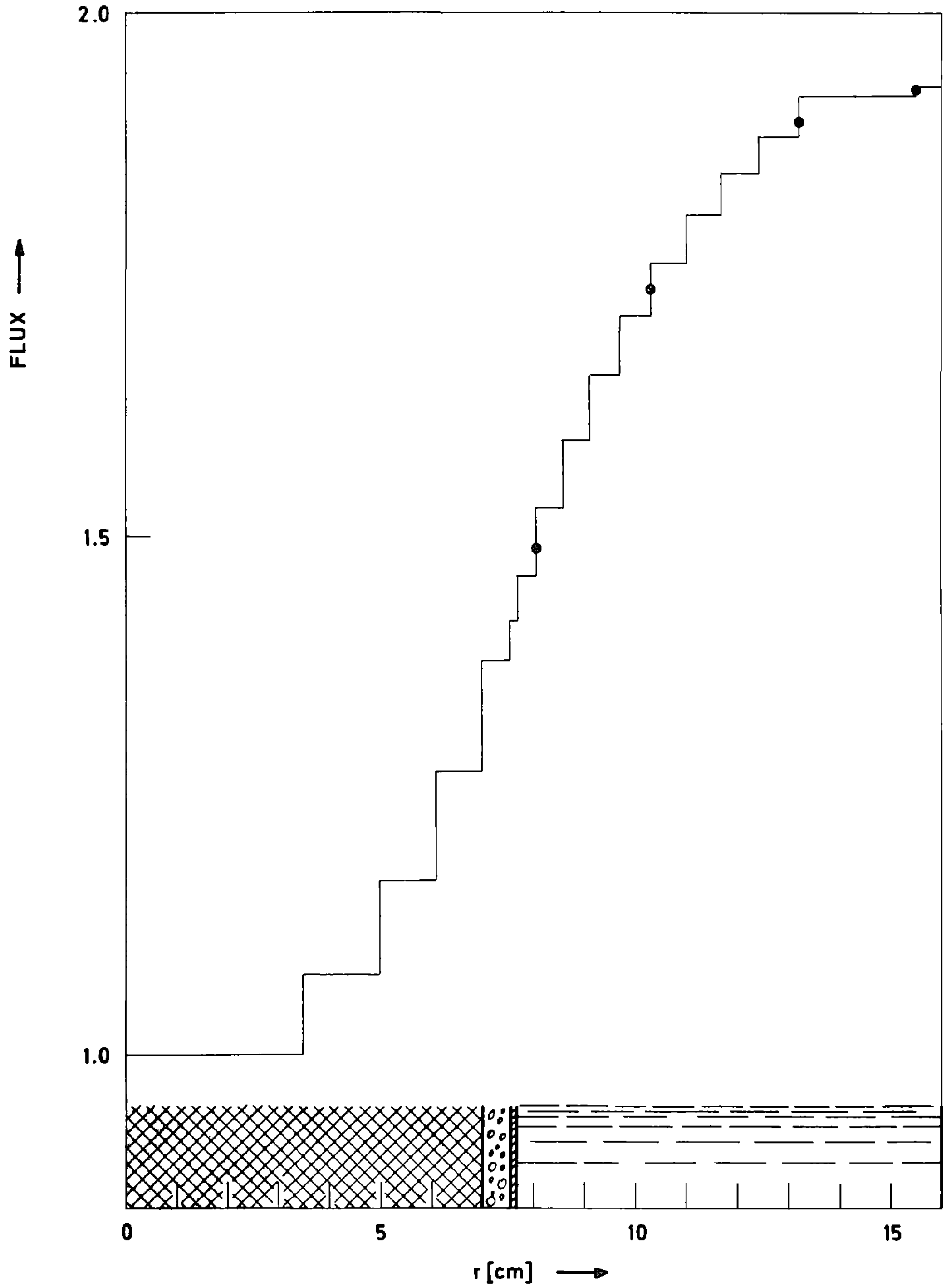


DIJAGRAM 3 KONVERGENCIJA NUMERICKIH INTEGRACIJA ZA ZONU MODERATORA



SL 4 RASPORED PROSTORNIH TAČAKA U MODERATORU ZA INTEGRACIJU

$$\int_0^1 f(x)dx = C_0 f(o) + C_1 f(o) + \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i)$$



SL.5 RASPORED PROSTORNIH TAČAKA U MODERATORU ZA INTEGRACIJU

$$\int_0^1 f(x)\,dx = \sum_{i=1}^{n} W_i f(x_i)$$

Izdavač:
Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič"
Poštanski fah 522
Beograd - Vinča