IBK- 1315

CS06RA474

IBK-1315

ODREDJIVANJE REAKTORSKIH PARAMETARA U SIMULIRANOJ REŠETKI REAKTORA „RA" MERENJEM REAKTIVNOSTI NIVOA TEŠKE VODE U D_2O MODERIRANOM REAKTORU „RB"

S.M.Takač, H.D.Marković i Z.B.Dimitrijević

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE „BORIS KIDRIČ"
BEOGRAD-VINČA

IBK-1315

ODREDJIVANJE REAKTORSKIH PARAMETARA U SIMULIRANOJ REŠETKI REAKTORA „RA" MERENJEM REAKTIVNOSTI NIVOA TEŠKE VODE U D_2O MODERIRANOM REAKTORU „RB"

S.M.Takač, H.D.Marković i Z.B.Dimitrijević

Vinča 1974.

S A D R Ž A J

	Strana
IZVOD	1
1.UVOD	2
2.TEORIJA EKSPERIMENTA	3
3.EKSPERIMENTALNI POSTUPAK	5
3.1. Opis jezgra	5
3.2. Odredjivanje koeficijenta reaktivnosti nivoa teške vode Merenje asimtotskih perioda	6
3.3. Odredjivanje difuzione dužine neutrona u rešetki	8
4.REZULTATI	11
5.DISKUSIJA	12
6.REFERENCE	
SLIKE I DIJAGRAMI	

IZVOD

Direktna metoda za eksperimentalno odredjivanje starosti neutrona τ, u rešetki reaktora, gde se ne „zagadjuje" moderator, do danas nije usavršena. Obično u „plemenito" moderiranim rešetkama (u prvom redu D_2O) pribegava se indirektnom odredjivanju τ preko merenja koeficijenta reaktivnosti nivoa teške vode. U ovom radu učinjen je pokušaj primene Fermijeve teorije starosti za odredjivanje parametra τ, u multi-reflektovanom sistemu jezgra tipa reaktora „RA", sa kritičkim osvrtom primenljivosti iste.

Koeficijent reaktivnosti $\partial\rho/\partial H$, za simulirano jezgro reakora „RA" je odredjen merenjem stabilnih perioda na različitim superkritičnim nivoima, preko Nordheim-ove jednačine. Na taj način dobijena je vrednost

$$\frac{\partial\rho}{\partial H} = (279.8 \pm 5.0) \cdot 10^{-4} \ cm^{-1}$$

Koristeći ostale eksperimentalne podatke i proračunatu vrednost τ, preko Dessauer-ove formule odredjen je beskonačni faktor multiplikacije k_∞

$$k_\infty = 1.530$$

ova vrednost je uporedjena sa izvornim podacima reaktora „RA" gde vrednost za k_∞ iznosi

$$k_\infty = 1.526$$

1. U V O D

Koeficijent reaktivnosti nivoa teške vode ($\partial\rho / \partial H$) predstavlja jednu značajnu veličinu za eksperimentalno određivanje efektivne migracione površine (M^2), kao i beskonačnog faktora umnožavanja (k_∞) za određenu rešetku reaktora. U slučaju velikog i ravnomerno raspoređenog goriva u jezgru reaktora, tačnost merenja koeficijenta reaktivnosti nivoa moderatora su tim veće. /1/

Reaktivnost jednog sistema se može meriti na više načina, jedna od uobičajenih metoda je merenje reaktivnosti preko stabilnih perioda reaktora. Tako određene periode se zatim obračunavaju preko „inhour"-ove jednačine i svode na odgovarajuće reaktivnosti. U ovom eksperimentu merena je jedna serija stabilnih perioda na simuliranom jezgru reaktora „RA", koje su se kretale u intervalu od nekoliko desetina, pa do preko 1000 sekundi.

Izmerene stabilne periode su preko Nordheim-ove jednačine preračunate u odgovarajuće reaktivnosti. Za taj proračun korišćeno je šest grupa zakasnelih i osam grupa fotoneutrona za dati sistem. Za

određivanje koeficijenta reaktivnosti nivoa moderatora, dobijene reaktivnosti za različite merene periode reaktora su fitovane polinomom prvog stepena u funkciji viška nivoa moderatora.

Merenjem mikro raspodele termalnih neutrona u elementarnoj ćeliji određena je difuziona dužina termalnih neutrona L u rešetki reaktora. Koristeći Fermijevu teoriju starosti neutrona izračunata je starost neutrona τ, beskonačni koeficijent multiplikacije k_∞ i efektivna migraciona površina M^2.

2. TEORIJA EKSPERIMENTA

Iz Fermijeve teorije starosti, za kritični reaktor, beskonačni faktor multiplikacije k_∞, možemo napisati u obliku

$$k_\infty = \frac{1 + B_c^2 L^2}{e^{-\tau B_c^2}} \qquad (2.1)$$

gde su B_c^2 - ukupni buckling kritičnog reaktora,

L - difuziona dužina termalnih neutrona u rešetki, i

τ - starost neutrona.

Ukoliko je reaktor dovoljno velikih dimenzija, B_c^2 malo, kao što je to u našem slučaju, verovatnoća da neutroni za vreme usporavanja neće umaći iz sistema je velika, te se izraz $e^{-\tau B_c^2}$ može razviti u red, sim što se članovi višeg reda mogu zanemariti, tj.

$$e^{-\tau B_c^2} \approx 1 - \tau B_c^2 = (1 + \tau B_c^2)^{-1} \qquad (2.2)$$

Jednačina (2.1) se sada može napisati u obliku

$$k_\infty = (1 + L^2 B_c^2)(1 + \tau B_c^2) \qquad (2.3)$$

Po definiciji reaktivnost sistema je data sledećim izrazom

$$\rho = \frac{k_e - 1}{k_e}$$

gde je k_e efektivni faktor multiplikacije neutrona. Sa druge strane, kako je k_e za kritičan reaktor definisan sledećim izrazom

$$k_e = \frac{k_\infty e^{-B_c^2 \tau}}{1 + L^2 B_c^2} \qquad (2.4)$$

a uzimajući u obzir jednačinu (2.2) dolazimo do sledećeg izraza

$$k_e = \frac{k_\infty}{(1+L^2B_c^2)(1+\tau B_c^2)} \tag{2.5}$$

Iz gornjih jednačina može se dobiti za reaktivnost sistema sledeći izraz

$$\rho = \frac{1}{k_\infty}(1+L^2B_c^2)(1+\tau B_c^2) \tag{2.6}$$

i

$$\frac{d\rho}{dB_c^2} = -\frac{L^2(1+\tau B_c^2) + \tau(1+L^2B_c^2)}{(1+\tau B_c^2)(1+L^2B_c^2)} \tag{2.7}$$

Pošto je

$$\frac{d\rho}{dH} = \frac{\partial\rho}{\partial B_c^2} \cdot \frac{\partial B_c^2}{\partial H}$$

nalazimo da je

$$\frac{\partial\rho}{\partial H} = -\frac{\partial B_c^2}{\partial H}\left(\frac{L^2}{1+L^2B_c^2} + \frac{\tau}{1+\tau B_c^2}\right) \tag{2.8}$$

Kako je ukupni „buckling" B_c^2 zbir radijalnog i aksijalnog „bucklinga", tj. $B_c^2=\alpha^2+\beta^2$ dolazimo do izraza

$$\frac{\partial B_c^2}{\partial H} = \left(1 + \frac{\partial\alpha^2}{\partial\beta^2}\right)\frac{\partial\beta}{\partial H}$$

Ako u prvoj aproksimaciji usvojimo da je $\beta^2=\left(\frac{\pi}{H_c}\right)$ onda imamo da je

$$\frac{\partial B_c^2}{\partial H} = -\frac{2\pi^2}{H_c^3}\left(1 + \frac{\partial\alpha^2}{\partial\beta^2}\right) \tag{2.9}$$

Zamenom jednačine (2.9) u jednačinu (2.8) za koeficijent reaktivnosti teške vode dobijamo sledeći izraz

$$\frac{\partial\rho}{\partial H} = \frac{2\pi^2}{H_c^3}\left(1 + \frac{\partial\alpha^2}{\partial\beta^2}\right)\left(\frac{L^2}{1+L^2B_c^2} + \frac{\tau}{1+\tau B_c^2}\right) \tag{2.10}$$

Izraz $\partial\alpha^2/\partial\beta^2$ nazvaćemo reflektorskim koeficijentom i zavisiće jedino od geometrijskih parametara sistema. Vrednost $\partial\alpha^2/\partial\beta^2$ za pojedine korake rešetke, može se izračunati iz kritične jednačine za reaktor sa reflektorom /2/. U tabeli 1. date su ove vrednosti za različite korake rešetke. Istovremeno na dijagramu 1. predstavljene su vrednosti reflektorskog koeficijenta u funkciji koraka rešetke.

Tabela 1.

ι (cm)	[illegible]	3.87	13.	14.[illegible]	17.89	19.8[illegible]
$1+\partial\alpha^2/\partial\beta^2$	1.44	1.33	1.21	1.1[illegible]	1.[illegible]0	1.153

Na osnovu mernih vrednosti koeficijenta reaktivnosti nivoa teške vode i difuzione dužine za dati sistem sa poznatim „backlingom", B_c^2 iz jednačine (2.1) može se odrediti starost neutrona τ. Uvrštavanjem ovih podataka u jednačinu (2.1) možemo odrediti beskonačni faktor multiplikacije k_∞ ,odnosno migracionu površinu neutrona u rešetki, koja je po definiciji data jednačinom

$$M^2 = L^2 + \tau \qquad (2.11)$$

3. EKSPERIMENTALNI POSTUPAK

3.1. Opis jezgra

Novo formirano jezgro reaktora „RA" sastoji se iz 56 gorivnih elemenata 2% obogaćenog urana u moderatoru od teške vode. Rešetka je formirana u vidu kvadrata sa korakom od 13 cm. U prvoj fazi ispitivano je čisto jezgro bez eksperimentalnih kanala. Ovo jezgro u suštini predstavlja simulirano jezgro istraživačkog reaktora „RA". Cilj ovog istraživanja je bio da se dobiju što kompletniji kako teorijski tako i eksperimentalni pomenutog jezgra reaktora „RA". Detaljniji opis ovog jezgra mogu se naći u referencama /3/ i /4/.

3.2. Određivanje koeficijenta reaktivnosti nivoa teške vode

- Merenje asimtotskih perioda -

Pri odredjivanju reaktivnosti preko perioda reaktora, osnovna predpostavka je da se populacija neutrona menja eksponencijalno sa vremenom. Saglasno Koppel-ovim proračunima /5/, može se dokazati da pod običnim eksperimentalnim uslovima nekoliko minuta može biti dovoljno, po jednoj naglo promani u reaktivnosti, da bi se perioda reaktora dovoljno stabilizovala i dobila visoka tačnost mernih podataka. Ukoliko u sistemu imamo jedan strani izvor neutrona, kao u našem slučaju (izvor neutrona od spontanih fisija u U^{238}, ili pak fotoneutroni), tada je za stabilizaciju neutrona potrebno duže vreme i ako je recimo reaktor u polaznim stanju bio neznatno subkritičan.

Da bi se izbeglo duge vreme potrebno za stabilizaciju periode sva merenja stabilnih perioda izvršena su na taj nači što je reaktor predhodno bio balansiran ručnom komandom, na kritičnost, a zatim preko cirkulacione pumpe povećan nivo na željeni višak reaktivnosti. Vreme pumpanja teške vode se kretalo u intervalima od 5 do 30 sekundi, dok su merene periode reaktora ležale u oblasti od 5 do 1[illegible] sec. Mada je najveći broj perioda reaktora meren u oblasti od 60 do 250 sec, što se pokazalo kao najpogodnije sa eksperimentalne tačke gledišta.

U cilju dostizanja što veće tačnosti i reproducibilnost rezultata, pokazalo se da delovi gorivnih kanala iznad jezgra moraju biti suvi. Iz tog razloga težilo se da se reaktivnost reaktora menja na taj način, što je navedena promena bila pozitivna u odnosu na predhodnu.

Kod dužeg rada reaktora uočeno je takodje, da se kritični nivo H_c i pored konstantne temperature D_2O umereno smanjuje. Ovaj fenomen se da opisati promenom intenziteta fotoneutronskog izvora za vreme izvodjenja eksperimenta.

Merene vrednosti perioda na impulsnim start-up kanalima, za različite nadkritične nivoe ($H_c+\Delta H$), fitovane su metodom najmanjih kvadrata na eksponencijalnu funkciju na računskoj mašini CDC-36[illegible]. Iz fitovanih podataka odredjivane su merene stabilne periode T. /7/

Koeficijenat reaktivnosti teške vode odredjen je merenjem pozitivnih perioda reaktora. Eksperimentalno odredjene periode, koje su odgovarale različitim superkritičnim nivoima ($H_c+\Delta H_c$), preko Nordheim-ove formule definisale su odgovarajuće reaktivnosti /6/. U našem slučaju obzirom da se radilo o teškovodnom reaktoru, Nordheim-ova formula je bila izražena preko uobičajenih šest grupa zakasnelih i osam grupa fotoneutrona i to u obliku

$$\rho = \frac{\ell}{T k_e} + \sum_{i=1}^{6} \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T} + K \sum_{i=7}^{14} \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T} \qquad (3.1)$$

gde su ρ - reaktivnost

T - stabilna perioda

K - faktor umicanja

ℓ - efektivni život neutrona ($\ell = 4.934 \cdot 10^{-4}$ sec)

Za naš sistem faktor umicanja K je izračunat i iznosi K=0.53. Veličine β_i i λ_i date su u Tabeli 2.

Na dijagramu 3. predstavljena je zavisnost reaktivnosti ρ u funkciji periode reaktora T izračunate iz Nordheim-ove jednačine sa gore notiranim konstantama u intervalu od

$$30 \leq T \leq 150 \text{ sec.}$$

Tabela 2.

i	$\beta_i \cdot 10^{-4}$	λ_i
1	2.11	0.0124
2	14.02	0.0305
3	12.54	0.111
4	25.28	0.301
5	7.36	1.14
6	2.69	3.01
7	6.598	0.276
8	2.074	0.0169
9	0.71	$0.49 \cdot 10^{-2}$
10	0.342	$1.52 \cdot 10^{-3}$
11	0.21	$4.27 \cdot 10^{-4}$
12	0.237	$1.16 \cdot 10^{-4}$
13	0.033	$4.41 \cdot 10^{-4}$
14	0.01	$3.56 \cdot 10^{-6}$

U Tabeli 3. date su eksperimentalno odredjene periode T u funkciji nadkritičnog nivoa teške vode ΔH sa odgovarajućim reakrivnostima ρ za korak rešetke ℓ=13 cm.

Tabela 3.

ΔH (cm)	T_1 (sec)	T_2 (sec)	ρ_1 (pcm)	ρ_2 (pcm)
[illegible].2	1759.[illegible]	1851.[illegible]	7.8	7.6[illegible]
[illegible].3	1424.[illegible]	1496.[illegible]	9.4	9.[illegible]
[illegible].1[illegible]	497.[illegible]	477.[illegible]	21.7	22.2
[illegible].12	3[illegible].8	311.6	32.[illegible]	31.1
[illegible].17	18[illegible]	19[illegible]	48.7	46.5
[illegible].18	158.7	174.9	53.2	5[illegible]
[illegible].2[illegible]	151.5	15[illegible]	54.5	56.[illegible]
[illegible].5[illegible]	34.8	49.[illegible]	153.[illegible]	124.[illegible]
[illegible].52	36.5	4[illegible]	15[illegible].3	142.[illegible]

Iz ovih podataka aproksimirana je prava

$$\rho = a\Delta H + b$$

metodom najmanjih kvadrata. Koeficijent pravca aproksimirane prave, predstavlja koeficijent reaktivnosti nivoa teške vode za datu rešetku /7/.

3.3 Odredjivanje difuzione dužine neutrona u rešetki

Difuziona dužina zavisi izmedju ostalog od raspodele termalnih neutrona unutar individualne elementarne ćelije u rešetki reaktora /8/ i /9/. Ranih godina je izvršen jedan široki spektar merenja mikro raspodele u elementarnim ćelijama različitih koraka rešetke na multom sistemu „RB" /1[illegible]/.

Za mapiranje termalnog fluksa neutrona u ćeliji reaktora upotrebljene su male folije od prirodnog metalnog Disprozijuma, kao i folije od 5 i 1[illegible] % legure disprozijum-aluminijuma.

Sva merenja distribucije termalnih neutrona unutar eksperimentalne ćelije su izvršena na specijalno pripremljenom gorivnom elementu koji je u svim slučajevima bio postavljen u teme centralne kvadratne rešetke. Ovaj gorivni element je bio izbušen radijalno, na približnoj visini centra jezgra, u koji je postavljen nosač sa detektorskim folijama.

U cilju korišćenja mernih rezultata pri analizi difuzione

dužine, za različite korake rešetke, izvršeno je usrednjavanje raspodela gustina termalnih neutrona. Kako je dostignuta dovoljno dobra rezolucija cela kriva distribucije termalnih neutrona u svim slučajevima podeljena je na devet zona. Za usrednjavanje gustina korišćena je formula

$$q_i = \frac{\int_{r_o}^{R} q_i'(r)\,2\pi r dr}{\pi(R^2 - r_o^2)}$$

gde su R-spoljni poluprečnik zone, a r_o-unutrašnji poluprečnik zone. Za moderator u unutrašnjosti gorivnog elementa korišćena je analogna formula:

$$q_i = \frac{\int_{0}^{r_1} q_i'(r)\,2\pi r dr}{\pi r_1^2}$$

Kako je difuziona dužina definisana odnosom

$$L^2 = \frac{D_{th}}{\Sigma_{ath}}$$

gde je D_{th} difuziona konstanta, a Σ_{ath} totalni makroskopski presek sredine za termalne neutrone. Za slučaj heterogenog reaktora potrebno je definisati jedan efektivni makroskopski efikasni presek $\overline{\Sigma}_a$, kao i efektivnu difuzionu konstantu sistema $\overline{D}_{th}$. Efektivna vrednosti mogu se odrediti preko usrednjavanja stvarnih efikasnih preseka za apsorpciju po zapremini i srednjem termalnom fluksu, odnosno gustina po jednogrupnom tretmanu tj.

$$\overline{\Sigma}_a = \frac{\sum_k V_k \Sigma_{ak} \overline{q}_k}{\sum_k V_k \overline{q}_k}$$

odnosno

$$\bar{D}_{th} = \frac{\sum_k V_k \bar{\sigma}_k}{\sum_k V_k \frac{1}{D_k} \bar{\sigma}_k}$$

gde su V_k-zapremina zone a $\bar{\sigma}_k$ srednja gustina zone.

Na osnovu merenih raspodela i gornjih jednačina odredjene su difuzione dužine za različite korake rešetke,koje su numerički date u Tabeli 4.

Tabela 4.

ℓ (cm)	8.[illegible]	9.87	14.[illegible]	17.89	19.79
L^2 (cm^2)	6[illegible].9	98.9	213.4	354.2	449.6

Isti rezultati predstavljeni su na Dijagramu 3. Iako difuziona dužina konkretno za rešetku sa korakom od ℓ = 13 cm nije merena,ona se može odrediti numerički fitom gore datih podataka i ona iznosi L^2= 181.3 cm^2.

4. REZULTATI

Eksperimentalno odredjivanje periode reaktora korelisano je preko inhour-ove formule na reaktivnost u funkciji nadkritičnih nivoa datih u tabeli 3. Na osnovu tih podataka, metodom najmanjih kvadrata, odredjen je koeficijent reaktivnosti nivoa teške vode za ovu rešetku i ona iznosi

$$\frac{\partial \rho}{\partial H} = (279.[illegible] \pm 5.[illegible]) \cdot 1[illegible]^{-4} \ cm^{-1}$$

Dobijena vrednost za $\partial \rho / \partial H$ primenjena je za izračunavanje starosti neutrona τ preko jednačine (2.10). Medjutim, kako se i očekivalo, pomenuta teorija za direktno odredjivanje τ preko merenja koeficijenta reaktivnosti nivoa D_2O zadovoljava jedan spektar isključivo bočno reflektovanih rešetki (Vidi Ref.1 i 9). Kako je ispitivano jezgro bilo, osim bočno, i odozdo reflektovano, reflektorski koeficijent koji je proračunat samo za jednostruko reflektovano jezgro nije mogao biti primenjen. Stoga je za izračunavanje starost neutrona τ primenjena Dessauer-ova formula (11) data jednačinom

$$\tau = \tau_0 \left(1 + \frac{V_n}{V_m} \right) \left(1 + 2 \frac{V_{Al}}{V_{tot}} \right)$$

gde su V zapremine odgovarajućih sredina. Vrednost τ_0=11[illegible] cm^2 je proračunata za tešku vodu čistoće 99,8%. Na taj način izračunata vrednost za starost neutrona iznosi

$$\tau = 12[illegible].[illegible] \ cm^2$$

Iz jednačine

$$M^2 = L^2 + \tau$$

odredjena je migraciona površina

$$M^2 = (3[illegible]1.3 \pm 19.[illegible]) \ cm^2$$

Za odredjivanje beskonačnog faktora umnožavanja, k_∞, korišćen je ruski eksperimentalni podatak za "buckling" (B^2=15.[illegible] m^{-2}) /12/.
Preko jednačine (2.3), nadjeno je da beskonačni faktor multiplikacije iznosi

$$k_\infty = 1.53[illegible]$$

5. DISKUSIJA

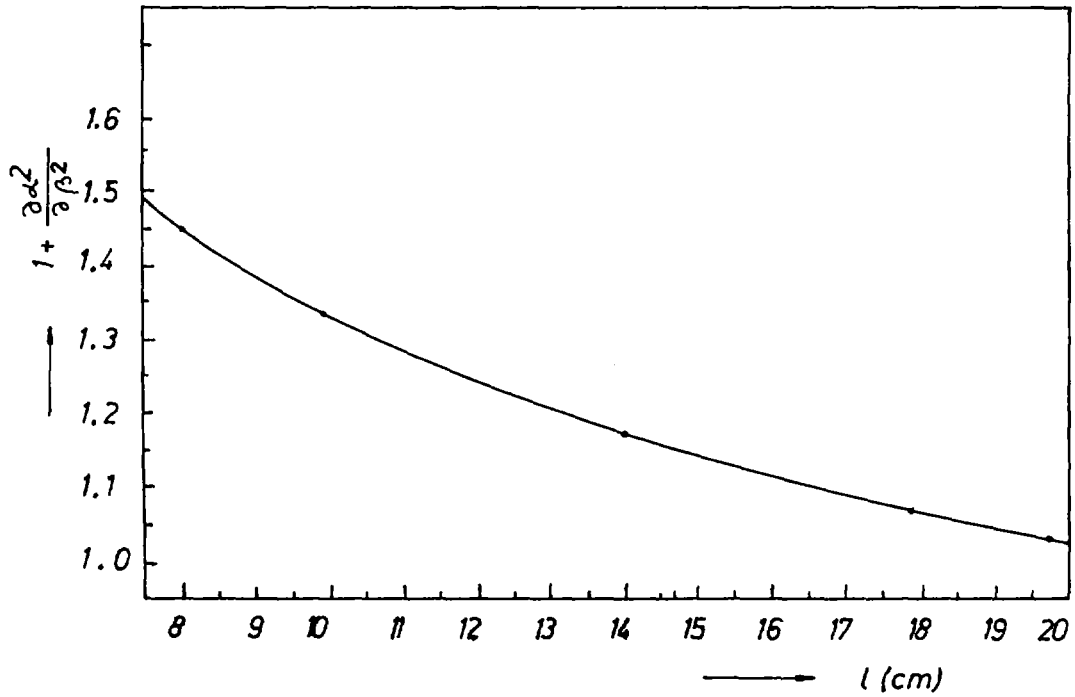
Eksperimentalna metoda za direktno odredjivanje starosti neutrona τ, u rešetci reaktora do danas nije razvijana. Primenjena Fermi-jeva teorija za odredjivanje τ preko merenja reaktivnosti nivoa teške vode, očigledno se može koristiti samo na ograničen spektar reaktorskih rešetki. U ovom radu pokušano je da se vidi primenljivost iste u složenom bočno i odozdo - reflektovanom jezgru reaktora. Naravno dobijeni rezultati nisu zadovoljili, što se i moglo očekivati, paje τ odredjen preko Dessauer-ove formule, što daje daleko bližu sliku stvarnog stanja procesa termalizacije u deliji reaktora. Očigledno veće neslaganje primenjene teorije dolazi od zanemarivanja donjeg reflektora u jezgru reaktora. Medjutim, dopunskim merenjem aksijalne raspodele i na osnovu ostalih eksperimentalnih podataka za τ, moguće je odrediti eksperimentalno reflektorski koeficijent za višestruko reflektovano jezgro reaktora, što numerički predstavlja mukotrpan i dugotrjan rad na računaru.

Dobijeni eksperimentalni podaci za pojedine parametre reaktora uporedjeni su sa izvornim podacima jezgra reaktora "RA" /12/ i nadjeno je izvanredno slaganje.

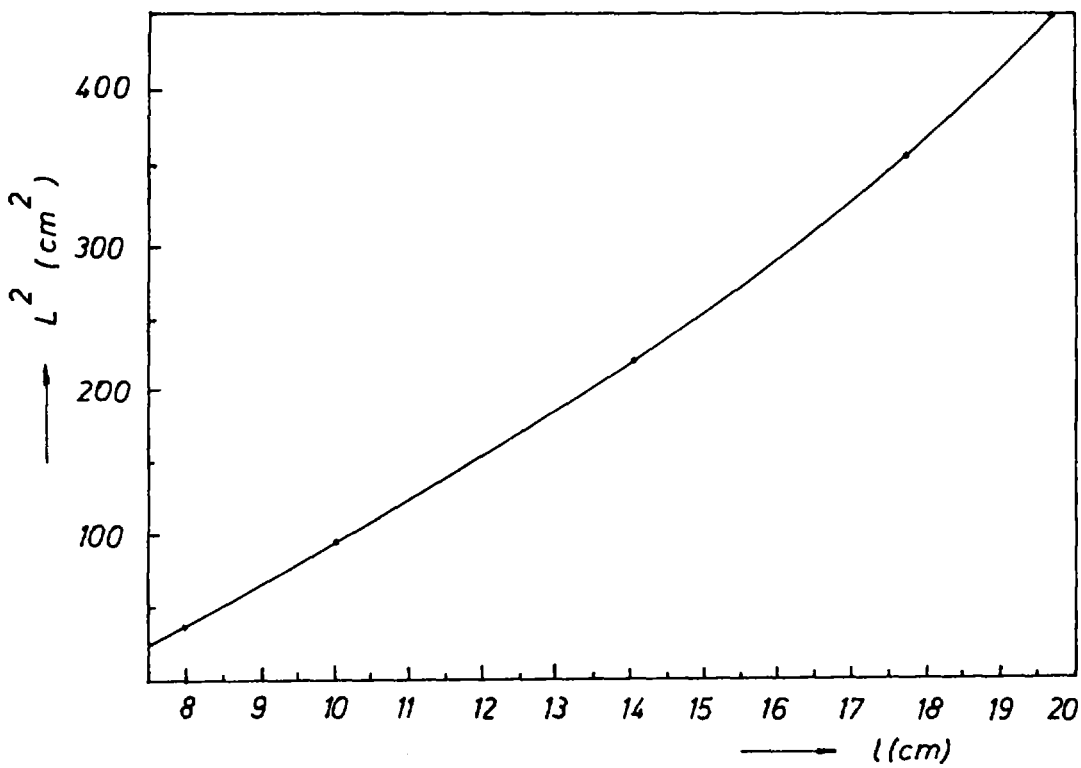
6. REFERENCE

1. S.M.Takač : Water Level Coeficient of Reactivity Measurement and Determination of M^2 and k_{∞} in the Reference Core of NORA, 1971, KIR-N 1[illegible], Kjeller.
2. S.M.Takač : Merenje beskonačnog faktora multiplikacije preko difuzione dužine i koeficijenta reaktivnosti teške vode u D_2O reaktoru, Magistarski rad (1963).
3. S.M.Takač, S.Dj.Vranić : Reaktor "RB" - Istraživačke i posebne aktivnosti nuklearnog sistema, IBK-1314 (1974).
4. T.Doševski,S.M.Takač,O.Šotić,H.Marković,Z.Dimitrijević : Konstruktivne i reaktorske karakteristike simulacionog jezgra "RA" na nultom eksperimentalnom sistemu "RB", IBK-1323 , 1974, Vinča
5. S.Bernstein et al. : Yield of Photo-Neutrons from U^{235} Fision Products in Heavy Water, Phys.Rev vol. 71 No.9 1947.
6. S.Glasstone,M.C.Edlund : The Elements of Nuclear Reactor Theory, D.Van Nostrand Corp. (1952).
7. O.M.Šotić : Curvefit a FORTRAN Subroutine for Curve Fitting, IBK-1[illegible]17, Vinča,1971.
8. S.M.Takač : Neutron Flux Distribution Measurement in the Elementary Cell of the "RB" Reactor,1963, [illegible]-Y-4.
9. M.Raišić,S.Takač,H.Marković and T.Doševski : Determination of D_2O-2% Enriched Uranium Lattice Parameters by Means of a Critical System-Exponential and Critical Experiments- IAEA,Vienna, (1964) pp. 5[illegible]-527
10. S.M.Takač : Metoda perturbacije za eksperimentalno odredjivanje prostorne raspodele neutrona u ćeliji nuklearnog reaktora- doktorska disertacija- 1972.
11. G.Dessauer: Physics of Natural Uranium, D_2O Lattices, Proc. 2 nd. UN Int.Conf, PUAE 12 (1958)
12. А.Д.Галанин и др. Критичвский опыт на тяжеводном экспериментальном реасторе.

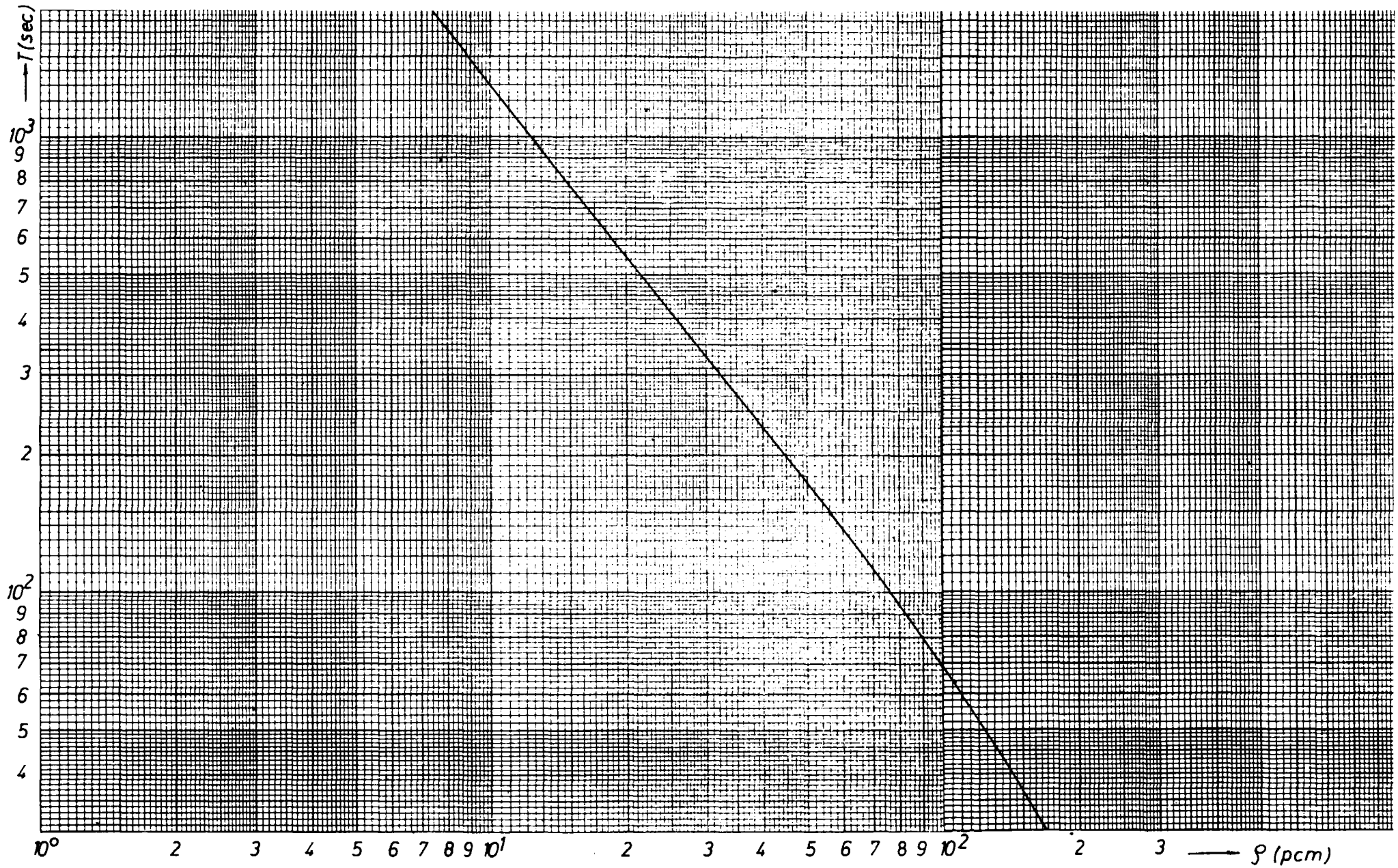
SLIKE I DIJAGRAMI



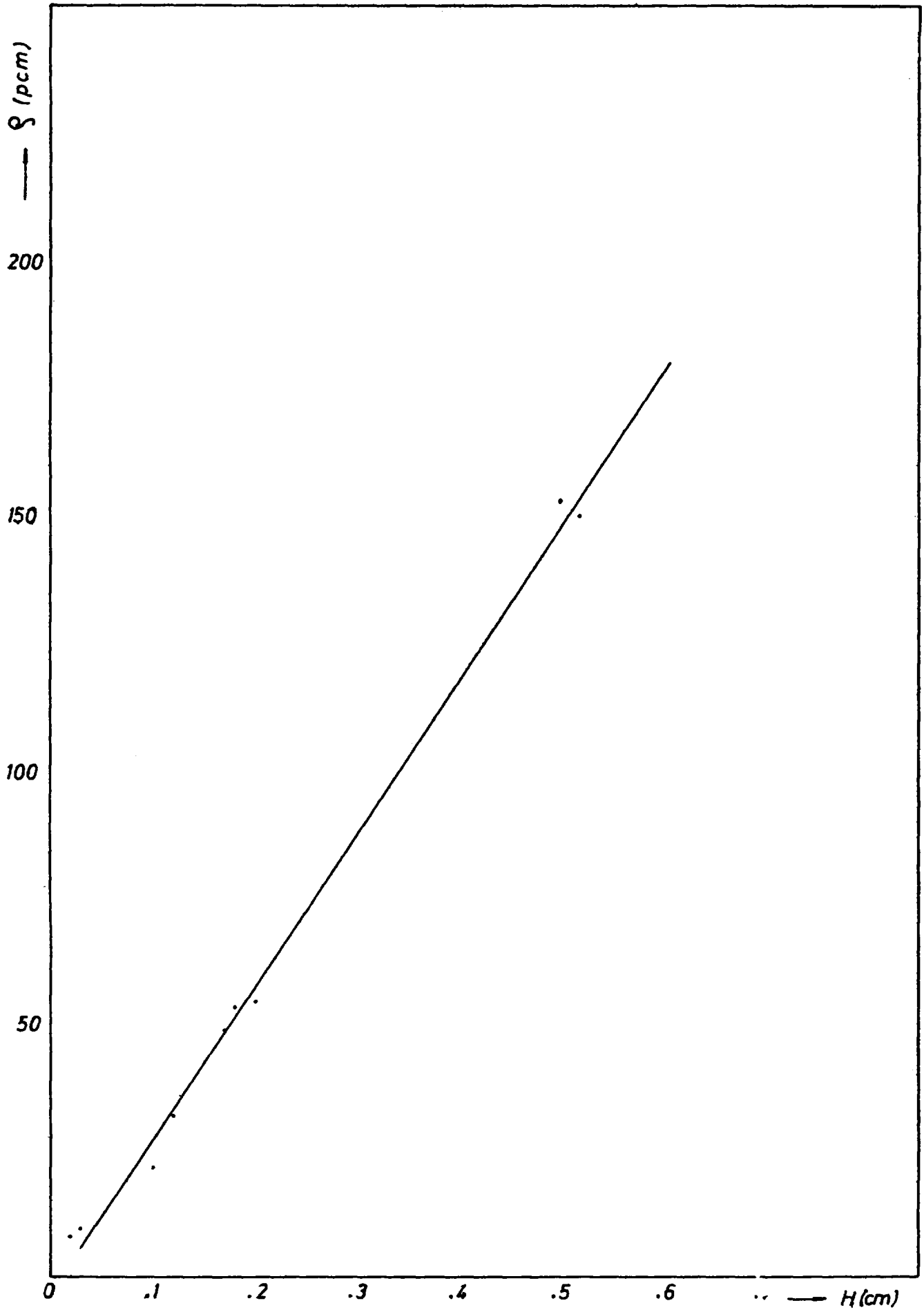
Dijagram 1. Reflektorski koeficijent u funkciji koraka rešetke



Dijagram 2. Eksperimentalne vrednosti L^2 u funkciji koraka rešetke



Dijagram 3. Reaktivnost u funkciji periode reaktora



Dijagram 4. Reaktivnost u funkciji ΔH.

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