

## EFIKASNOST BROJAČKOG UREĐAJA IZMJERENA POMOĆU $KClO_3$

V. POPOVIĆ i B. M. SALER

*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb*

*(Primljeno 10. V 1962)*

Prikazano je određivanje efikasnosti brojačkog uređaja, koji služi za mjerenje radioaktivnosti u zraku i vodi, pomoću  $KClO_3$ .

### UVOD

Određivana je efikasnost brojačkog uređaja, kojemu je brojilo proizvodnje Industrije za elektrotehniku iz Ljubljane, brojač je Geiger-Müllerova cijev marke Tracerlab TGC-2, promjer prozora  $d = 2,75$  cm, prozor od tinjca oko  $1,5$  mg/cm<sup>2</sup>, a smješten je u olovni štitić s prozorom prema dolje, ispod kojega su police.

Efikasnost brojačkog uređaja treba da se odredi prema vrsti uzorka. Kad se radi samo o pojedinim radionuklidima, onda se kao standard uzima određeni radionuklid, koji se s nosačem nanese na planšetu. Međutim, ako se radi o smjesi radionuklida, kao na primjer pri određivanju ukupne betaaktivnosti u zraku, vodi, itd., onda treba, po mogućnosti, izabrati radionuklid koji ima takvu energiju beta-čestica koja približno odgovara srednjoj energiji beta-čestica smjese radionuklida. To nije jednostavno, jer se srednja energija beta-čestica mijenja u toku vremena, te bi trebalo za vrlo precizna mjerenja mijenjati i standarde kojima se mjeri efikasnost zavisno od vremena koje je proteklo od momenta eksplozije. Svakako, situacija se još više komplicira ako se javljaju u međuvremenu i novi radionuklidi. S obzirom na to što je takve precizne standarde teško pripremiti, upotrebljava se najviše ili

standard kalija-40 ili talija-204. Talij-204 je prikladniji kad se radi o mjerenju ukupne beta-aktivnosti, jer energija beta-čestica talija-204 od 0,77 MeV-a više odgovara srednjoj energiji čestica smjese radionuklida nego kalij-40, kojega beta-čestice imaju energiju od 1,33 MeV-a. Prednost je kalija-40 u tome što se kalij-40 nalazi u svakom spoju kalija u određenoj proporciji s poznatim brojem impulsa po mg prirodnog kalija, a osim toga je i dugoživući radionuklid, a talij-204 to nije.

Mana upotrebe kalija-40 kao standarda je što se može uglavnom pripraviti standard samo s jednim istim odnosom aktivnog i neaktivnog dijela, i na taj način ne može sasvim podesiti stepen samoapsorpcije. To se, doduše, može postići dodavanjem neke druge neaktivne materije, no s obzirom na to što je odnos aktivnog i neaktivnog dijela u jednom spoju kalija ionako vrlo nepovoljan s obzirom na aktivni dio, nemoguće je uvijek postići željeni odnos, pogotovu ako se hoće dobiti veća aktivnost po mg uzorka.

No, kalij-40 se i pored tih nedostataka vrlo često upotrebljava kao standard, pa smo i mi određivali efikasnost brojača s njime.

#### PRIPREMA UZORKA

Kod pripreme standarda važno je da uzorak u planšeti bude što ravnomjernije raspoređen. Upotrijebljen je  $KClO_3$  koji je dobro usitnjen u tarioniku, a taloženje je izvršeno u centrifugi. U tarionik se stavi grubo odvajana količina  $KClO_3$  i zatim dobro izmrvi. Nakon toga se doda nekoliko ml metilnog alkohola i nekoliko kapi 10% rastvora polivinil klorida u metilnom alkoholu. Tako se dobije suspenzija koja se kroz lijevak ulije u rasklopnu epruvetu, kojoj je na dnu smještena očišćena i odvajana planšeta. Kad je suspenzija prenijeta u epruvetu, doda se još nekoliko ml metilnog alkohola i zatim ostavi da se talog ravnomjerno slegne, a onda se centrifugira otprilike 10 minuta kod oko 2500 okretaja na minutu. Nakon centrifugiranja gornji se sloj odlije, cpruveta za rasklapanje odviše, a planšeta s talogom izvadi. Pošto je metilni alkohol ispario, planšeta se važe, i razlika u težini daje količinu  $KClO_3$  plus nešto polivinil klorida. S obzirom na to što se radi o vrlo maloj količini polivinil klorida, ta se težina polivinil klorida može zanemariti. Tako pripremljeni uzorci stavljaju se u brojač.

Odvage se obično prave tako da se dobije nekoliko uzoraka s onim težinama koje se očekuju i kod normalnih uzoraka, a vrlo često se radi i kontrolni standard s približno istim količinama kalija-40.

Standardi se čuvaju u eksikatoru.

## EFIKASNOST BROJAČA

U praktičnom radu nije potrebno da brojački uređaj registrira sve raspade. Dovoljno je da je broj registriranih impulsa linearno proporcionalan broju raspada. Efikasnost brojačkog uređaja definirana je kao omjer broja registriranih impulsa prema teorijskom broju raspada za isto vrijeme. Dakle, efikasnost  $E$  jednaka je:

$$E = \frac{\text{broj korisnih impulsa}}{\text{teorijski broj impulsa}} \quad (E)$$

Za praktičan rad treba poznavati efikasnost brojačkog uređaja, da se može odrediti aktivnost nekog uzorka pomoću relacije (E).

## MJERENJE UZORAKA

Uzorci kalijevog standarda od 5,02, 9,84, 20,52, 39,73 mg/cm<sup>2</sup> stavljeni su na planšet u od plastične mase promjera  $D = 2,4$  cm. Svi uzorci mjereni su sa prve police udaljene oko 4 mm od prozora brojača. Površina uzoraka 4,52 cm<sup>2</sup>, težina uzoraka: 22,7, 44,5, 92,8, 179,5 mg. Cijeli postupak rađen je specijalno u svrhu mjerenja aktivnosti uzoraka zraka i vode.

10 mg KClO<sub>3</sub> sadržava 3,19 mg kalija s teoretskom vrijednošću od 5,2 impulsa na minutu.

Sa  $R_0$  je označeno osnovno brojanje. Sa  $x_i$  su označena mjerenja uzoraka ( $i = 1 \dots n$ );  $\bar{x}$  je srednja vrijednost mjerenja uzoraka, tj.  $\bar{x} = n^{-1} \left( \sum_{i=1}^k x_i \right)$ ;  $\Delta x_i$  je apsolutna vrijednost razlike srednje vrijednosti i  $i$ -te vrijednosti, tj.  $\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|$ ;  $\sigma$  je standardna devijacija, tj.  $\sigma = [n^{-1} \left( \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \right)]^{1/2}$ . Aktivnost  $A$  jednaka je  $A = x - R_0 \pm (\sigma^2 + \sigma_1^2)^{1/2}$ , gdje je  $\sigma_1$  standardna devijacija osnovnog brojanja. Standardna greška  $s$  je standardna devijacija obračunata na jedinicu vremena.

Prvi uzorak:

$x_i$ (imp/min)	$\Delta x_i$	$(\Delta x_i)^2$
19,6	0,08	0,0064
18,9	0,62	0,3850
20,1	0,58	0,3365
19,6	0,08	0,0064
19,4	0,12	0,0144
97,6		0,7487

$$\bar{x} = \frac{97,6}{5} = 19,52 \text{ imp/min}$$

$$s = 0,39 \text{ imp/min,}$$

$$R_o = 17,01 \pm 0,26 \text{ imp/min}$$

$$A = 2,51 \pm 0,47 \text{ imp/min}$$

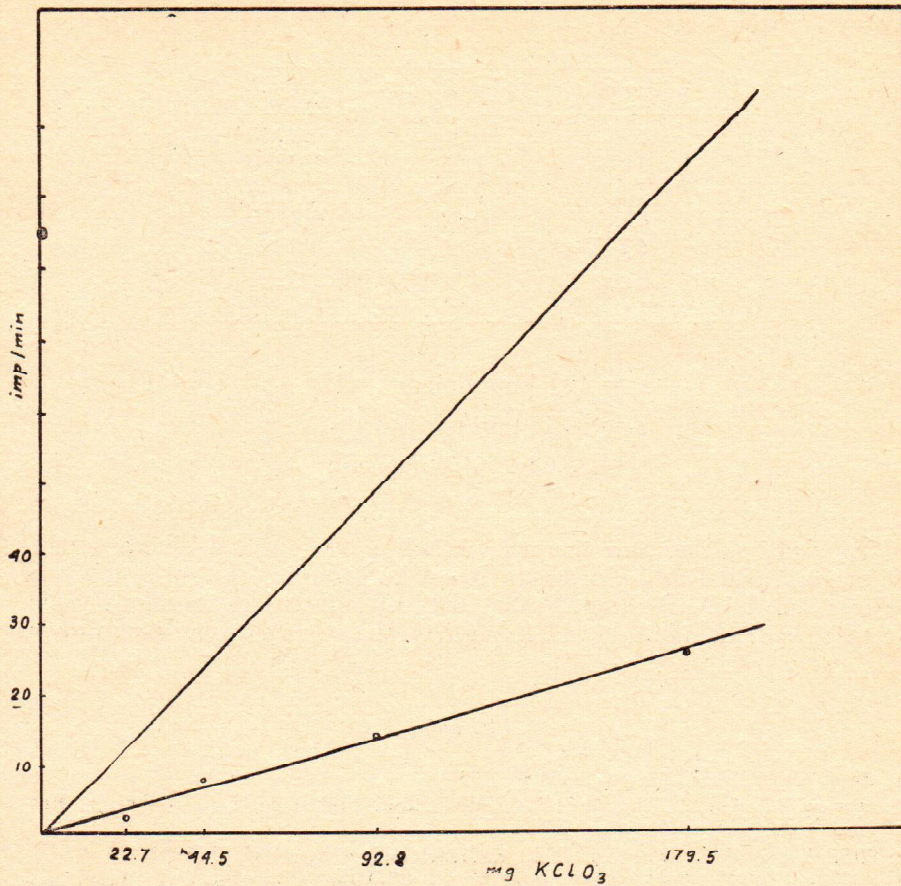
Drugi uzorak:

$x_i$ (imp/min)	$\Delta x_i$	$(\Delta x_i)^2$
26,0	1,2	1,44
23,8	1,0	1,00
25,9	1,1	1,21
24,5	0,3	0,09
23,8	1,0	1,00
124,0		4,74

$$\bar{x} = 24,8 \text{ imp/min}$$

$$s = 0,97 \text{ imp/min}$$

$$A = 7,79 \pm 1,01 \text{ imp/min}$$



Sl. 1. Teoretski pravac i pravac dobiven mjerenjima uzoraka. Razlika ordinata teoretskog i eksperimentalnog pravca daje efikasnost

Treći uzorak:

$x_i$ (imp/min)	$\Delta x_i$	$(\Delta x_i)^2$
30,4	0,54	0,2915
30,5	0,44	0,1938
30,7	0,24	0,0577
31,4	0,46	0,2120
31,7	0,76	0,5780
154,7		1,3330

$$\bar{x} = 30,94 \text{ imp/min}$$

$$s = 0,52 \text{ imp/min}$$

$$A = 13,93 \pm 0,58 \text{ imp/min}$$

Četvrti uzorak:

$x_i$ (imp/min)	$\Delta x_i$	$(\Delta x_i)^2$
43,6	0,96	0,9230
41,6	1,04	1,0810
42,3	0,34	0,1150
42,0	0,64	0,4100
43,7	0,06	0,0036
213,2		2,5330

$$\bar{x} = 42,64 \text{ imp/min}$$

$$s = 0,71 \text{ imp/min}$$

$$A = 25,63 \pm 0,76 \text{ imp/min}$$

Na grafu su nacrtane teoretska krivulja i krivulja dobivena mjerenjima uzoraka. Razlika ordinata teoretske krivulje i krivulje dobivene mjerenjem daje efikasnost. Pravac dobiven mjerenjem uzoraka nacrtan je tako da suma kvadrata udaljenosti tačaka od pravca bude minimum.

#### Literatura

1. Reed, G. W., ANL-5608 Chemistry (1956).
2. Draganić I., Gal O., Radotić M., Radiohemiski praktikum, Naučna knjiga, Beograd, 1959.
3. Whitehouse, W. J., Putman, J. L., Radioactive Isotopes, Oxford, 1958.
4. Overman, R. T., Clark, H. M., Radioisotope Techniques, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1960.

#### Summary

### THE EFFICIENCY OF A COUNTING EQUIPMENT

The efficiency of a counting equipment is calibrated by measuring  $\text{KClO}_3$  with regard to its special purpose (determination of activity in air and water). On the graph the efficiency is given as the ratio of measured to theoretical values.

*Institute for Medical Research,  
incorporating the Institute of Industrial Hygiene,*

Zagreb

*Received for  
publication May 10, 1962*