

Matjaž Koželj

DOLOČITEV NAPAKE PRI MERITVI AKTIVNOSTI



Ljubljana, oktober 2013

revizija 0

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za matematiko in fiziko
Jedrska tehnika
Jedrska, reaktorska in radiološka fizika

Prejšnje izdaje:

1. izdaja: Eksperimentalne vaje, jedrska fizika, september 2006, avtor: *Matjaž Koželj*
2. izdaja: Eksperimentalne vaje, jedrska fizika, oktober 2012, avtor: *Matjaž Koželj*

Revizija: 0

1. izdaja, oktober 2013

Avtor: *Matjaž Koželj*

Shranjeno v datoteki: *1_Dolocitev_napake_pri_meritvi_aktivnosti.doc*
zadnjič shranjen 21.10.2013 15:38:00

Tiskano: 21.10.2013 15:38:00

KAZALO

1	KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE.....	4
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	4
3	IZVEDBA VAJE	5
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI	5
3.2	OPREMA PRI VAJI.....	5
3.3	MERITEV.....	6
4	NALOGA.....	11
5	LITERATURA.....	11

1 NAMEN VAJE

Namen vaje je seznaniti slušatelja z značilno porazdelitvijo števila izmerkov pri meritvah radioaktivnih razpadov.

2 TEORETIČNE OSNOVE

Za pojav radioaktivnosti je značilno, da ima statistični značaj. Posamezna jedra razpadajo **naključno** in **neodvisno**. Za posamezno vrsto (radioaktivnih) jeder poznamo **verjetnost, da bo posamezno jedro razpadlo v enoti časa** (to količino imenujemo **razpadna konstanta λ**), kar nam pri velikem številu radioaktivnih jeder omogoča, da opišemo kako se število radioaktivnih jeder zmanjšuje s časom. Ta opis imenujemo *razpadni zakon*.

Statistični značaj ugotovimo tudi, če poskušamo prešteti število jeder, ki razpade v nekem določenem času. To lahko opravimo tako, da z Geiger-Müllerjevim detektorjem preštejemo število žarkov gama, ki iz vira do detektorja pridejo v tem času. Izkaže se, da se bodo posamezne meritve med seboj razlikovale kljub temu, da vedno štejem enako dolgo. Števila ne bodo popolnoma naključna, pač pa bodo porazdeljena okrog neke **povprečne vrednosti**, ki jo običajno vzamemo za rezultat meritve. Ker je relativna napaka izmerka neposredno odvisna od števila dogodkov, vemo da gre za enoparametrično diskretno porazdelitev. Ni težko uganiti, da gre za Poissonovo porazdelitev.

Podobne težave kot pri meritvah radioaktivnih razpadov imamo dejansko tudi pri drugih meritvah, npr. meritvi dolžine neke palice. Če opravimo več meritev, bomo dobili več različnih rezultatov. Tudi v tem primeru bomo kot rezultat podali **povprečno vrednost**, lahko pa tudi povemo, koliko so se izmerki **v povprečju razlikovali (sipali) od tega povprečja**. To običajno povemo tako, da izračunamo **efektivni odmik (ali standardna deviacija)**. Če posamezne rezultate označimo z x_i in skupno število meritev N , potem so formule za izračun **povprečne vrednosti \bar{x}** in **efektivnega odmika σ** naslednje:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{N} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (1)$$

Rezultat meritve običajno podamo v naslednji obliki:

$$x = \bar{x} \pm \sigma \quad (2)$$

Zapisane formule za običajne meritve, kot je npr. naša meritev dolžine palice, izhajajo iz predpostavke, da smo pri merjenju (približno) enako krat izmerili večjo vrednost in manjšo vrednost od prave (ocena za »pravo vrednost« je \bar{x}) ter, da smo večkrat naredili majhno napako (izmerili vrednost blizu »prave vrednosti«) kot veliko napako. Običajno govorimo o *Gaussovi porazdelitvi* izmerkov, ki upošteva naključne (stohastične) napake.

Ocena velikosti napak, ki smo jih delali pri meritvah, je efektivni odmik σ . Če smo bili zelo vestni in natančni, bo σ majhen, če pa ne, pa je lahko σ večji, čeprav bomo v obeh primerih

dobili podobno povprečno vrednost \bar{x} . Efektivni odmik σ običajno imenujemo **napaka meritve**.

Podoben pristop kot pri meritvi dolžine palice izberemo tudi pri štetju radioaktivnih razpadov. Ker prebiramo rezultat s števca, ne vplivamo na meritev, pač pa so različni posamezni rezultati posledica narave pojava, porazdelitev izmerkov pa opišemo s *Poissonovo porazdelitvijo*. Izkaže se, da za meritve radioaktivnih razpadov velja naslednja formula, ki povezuje povprečno vrednost \bar{x} in efektivni odmik σ :

$$\sigma \approx \sqrt{\bar{x}} \quad (3)$$

Rezultat meritve torej lahko zapišemo:

$$x = \bar{x} \pm \sqrt{\bar{x}} = \bar{x} \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{\bar{x}}} \right) \quad (4)$$

Kot vidimo, je napaka meritve odvisna od povprečne vrednosti, torej od števila prešteti razpadov.

3 IZVEDBA VAJE

3.1 Splošni napotki

Določi porazdelitev rezultatov pri štetju razpadov iz izvora ^{60}Co . Porazdelitev določi v obliki histograma in na njega vriši področje, ki ga omejujejo *efektivni odmik od povprečja* (ali *standardna deviacija*) porazdelitve, kot se določi iz merskih podatkov. Meritev ponovi za dva različna časa.

3.2 Oprema pri vaji

- **GM števna cev v zaščitnem ohišju.**
- **Elektronski števec** (Model ST360 Radiation Counter, slika na naslovni strani), ki šteje pulze v določenem času. V števec je vgrajen tudi visokonapetostni napajalnik za GM cev.

Po vklopu števca moramo nastaviti parametre: visoko napetost in čas štetja. Izbiro načina prikaza ter nastavitve parametrov opravimo s tipko »DISPLAY SELECT«, pri čemer gre zaslon skozi naslednje načine prikaza (gori ustrezna oznaka na desnem robu): COUNTS (normalen način, ki prikazuje število sunkov od začetka štetja), TIME (čas štetja, nastavimo ga s tipkama UP in DOWN), RATE (pogostost sunkov na sekundo, ta način ne bomo uporabljali), HIGH VOLTAGE (visoka napetost, ki jo nastavimo s tipkama UP in DOWN), ALARM POINT (alarmna vrednost, ta način ne bomo uporabljali) in nastavitve glasnosti zvočnika (gorijo lučke na levi strani, jakost nastavljamo s tipkama UP in DOWN).

Ko nastavimo čas štetja (TIME) in visoko napetost (HIGH VOLTAGE), postavimo zaslon v način COUNTS in zaženemo štetje s tipko COUNT. Po nastavljenem času bo števec

nehal šteti (ugasne se lučka na tipki COUNT) in se prižge lučka na tipki STOP. Ponovno štetje zaženemo tako, da ponovno pritisnemo tipko COUNT.

Štetje lahko kadarkoli prekinemo s tipko STOP in števec resetiramo s tipko RESET.

- Šolski vir 60Co.

3.3 Meritev

Pokliči demonstratorja, da vklopi in preveri sistem ter vloži ^{60}Co izvor v ohišje. Preveri nastavljeni čas (TIME = 10 s) in poženi meritev s pritiskom na tipko COUNT. Po 10 s se bo rezultat pokazal na zaslonu. Vpiši ga v tabelo in meritev ponovi še 49-krat. Po 50-tih meritvah spremeni čas posamezne meritve (TIME = 40 s) in ponovi meritve.

3.4 Obdelava rezultatov

Po opravljenih meritvah izračunaj povprečje za posamezno skupino meritev in efektivni odmik σ (uporabi enačbo 1). Celoten račun najhitreje opraviš kar na kalkulatorju, na katerem vklopiš statistične funkcije, lahko pa tudi s pomočjo osebnega računalnika (npr. s programom Mathematica ali Matlab).

Celotno področje izmerjenih vrednosti (med najmanjšim in največjim) razdeli na 9 "kanalov" in rezultate posameznih meritev porazdeli v te kanale. Števila meritev v posameznem kanalu predstavi v obliki histograma, na katerega vriši tudi področje $x = \bar{x} \pm \sigma$. Celoten postopek ponovi tudi za daljši čas posamezne meritve.

Vprašanja:

1. Primerjaj efektivne odmike posameznih porazdelitev. Kateri je večji? Kolikšno je razmerje efektivnih odmikov?
2. Kolikšen delež (procent) izmerkov je v mejah med $x = \bar{x} - \sigma$ in $x = \bar{x} + \sigma$?
3. Primerjaj relativne napake posameznih meritev. Katera je večja in kolikšno je razmerje relativnih napak?
4. Ali porazdelitev okvirno sledi Poissonovi s parametrom \bar{x} ?

3.5 Rezultati meritev

MERITVE

Datum: _____

Čas meritve: 10 s

i	x_i
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

i	x_i
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

No. kanala	Meritve (10 s)	n
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

$$\bar{x}_{10} =$$

$$\sqrt{\bar{x}_{10}} =$$

$$\sigma_{10} =$$

$$\frac{\sqrt{\bar{x}_{10}}}{\sigma_{10}} =$$

$$x_{10} = \bar{x}_{10} \pm \sqrt{\bar{x}_{10}} = \bar{x}_{10} \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{\bar{x}_{10}}} \right) =$$

MERITVE

Datum: _____

Čas meritve: 40 s

i	x_i
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

i	x_i
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	

No. kanala	Meritve (40 s)	n
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

$$\bar{x}_{40} =$$

$$\sqrt{\bar{x}_{40}} =$$

$$\sigma_{40} =$$

$$\frac{\sqrt{\bar{x}_{40}}}{\sigma_{40}} =$$

$$x_{40} = \bar{x}_{40} \pm \sqrt{\bar{x}_{40}} = \bar{x}_{40} \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{\bar{x}_{40}}} \right) =$$

Primerjava povprečnih vrednosti in efektivnih odmikov:

$$\frac{\bar{x}_{40}}{\bar{x}_{10}} =$$

$$\frac{\sigma_{40}}{\sigma_{10}} =$$

4 NALOGA

- predstavi rezultate meritev v obliki tabel in diagramov,
- izračunaj prva dva momenta porazdelitve za oba primera,
- preveri pravilnost statistike (ujemanje s Poissonovo porazdelitvijo - grafično in računsko).

5 LITERATURA

1. Igor Jenčič, Jedrska fizika, verzija 1-0, Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo, Ljubljana, oktober 2011.
2. M. Koželj et al., Vaje iz jedrske fizike, Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo, 1998-2007.
3. James E. Turner, Atoms, Radiation, and Radiation Protection, 2nd ed., Wiley-VCH, 2004.
4. James E. Martin, Physics for Radiation Protection, 2nd ed., Wiley-VCH, 2006.
5. Glenn F. Knoll, Radiation Detection and Measurement.
6. Franc Cvelbar, Merjenje ionizirajočega sevanja, DMFA.