

α -žiarenie už nemá ionizačné účinky; dĺžka dráhy prebehnutej v danom hmotnom prostredí a pri daných podmienkach, potrebná pre tento pokles rýchlosti, nazýva sa *dobehom* α -žiarenia.

Druhá časť rádioaktívneho žiarenia, tzv. β -žiarenie, mení svoj smer v magnetickom poli ako prúd čiaštočiek nesúcich záporný elektrický náboj, teda tak ako žiarenie katódové. Bolo dokázané, že rádioaktívne β -žiarenie je so žiarením katódovým kvalitatívne totožné; β -žiarenie je prúd elektrónov, ktoré sú z jadier rádioaktívnych prvkov vymršťované rýchlosťou niekedy skoro až svetelnou. Vzduchom i pevnými látkami prechádza β -žiarenie ľahšie ako α -žiarenie; β -žiarenie je prenikavejšie.

Tretí druh prirodzeného rádioaktívneho žiarenia, γ -žiarenie, je žiarenie nehmotné (v obvyklom zmysle tohoto slova) a bez elektrického náboja; v magnetickom ani v elektrickom poli nemení smer svojho postupu. Svojou povahou je totožné so svetlom, avšak s tým rozdielom, že vlnová dĺžka príslušného elektromagnetického vlnenia je neobyčajne malá (0,14 až len 0,0005 $m\mu$). γ -žiarenie je zo všetkých druhov žiarení prirodzene rádioaktívnych látok najpenikavejšie. Na zmenšenie intenzity rádioaktívneho γ -žiarenia, napr. na polovicu, je potrebná vrstva olova až niekoľko cm hrubá.

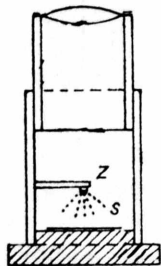
Je veľmi vzácným zjavom, že by rádioaktívny prvok bol zdrojom všetkých troch druhov rádioaktívnych žiarení. Obyčajne je rádioaktívny prvok buď α -žiaričom, alebo β -žiaričom, pričom γ -žiarenie sprevádza v niektorých prípadoch α -žiarenie, inokedy β -žiarenie.

16.2. Prístroje slúžiace na detekciu a výskum rádioaktívneho žiarenia.

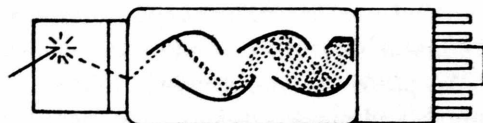
Hoci všetky druhy rádioaktívneho žiarenia pri väčšej intenzite alebo pri dlhšom pôsobení majú zhubný vplyv na ľudský organizmus, bezprostredne neúčinkujú na zmysly. Úspešný výskum rádioaktivity a používanie rádioaktívneho žiarenia ako prostriedku vedeckého a technického výskumu vyžadujú preto používanie vhodných tzv. *detektorov* rádioaktívneho žiarenia, ktoré nás informujú o *jestvovaní* žiarenia na skúmanom mieste, a prístrojov na kvantitatívne sledovanie jeho vlastností. Všetky tieto zariadenia, ktorých je dnes už veľmi mnoho a ktoré sa najmä v posledných rokoch stále zdokonaľujú, sú napriek tomu založené na spoločnom princípe: využívajú účinky žiarenia na prostredie, v ktorom sa žiarenie šíri, alebo na látky, na ktoré žiarenie dopadá. Najčastejšie sa využívajú ionizačné a svetelné účinky rádioaktívneho žiarenia a jeho pôsobenie na fotografickú emulziu.

1. Metódy scintilačné. Medzi historicky aj zásadne najzaujímavejšie metódy detekcie a výskumu rádioaktívneho žiarenia patria metódy scintilačné.

V starších na tejto metóde založených zariadeniach, v tzv. *spintariskopoch*, využívala sa schopnosť najmä rádioaktívneho α -žiarenia spôsobovať luminiscenciu napríklad sírnika zinečnatého, diamantu alebo kyanidu platnatobarnatého. Dôležitá je pritom okolnosť, že svetielkovanie týchto látok vplyvom rádioaktívneho žiarenia zo slabého zdroja sa skladá z jednotlivých zaiskrení (*scintilácií*), ohraničených na malý priestor a dobre pozorovateľných s použitím lupy alebo mikroskopu s malým zväčšením, pričom každé zaiskrenie značí dopad práve len jednej, napríklad α -častice. Spintariskop Crookesov je znázornený na obr. 16.2, na ktorom *Z* značí zdroj α -žiarenia a *S* sklenenú doštičku, ktorá po natretí kanadským balzámom bola posypaná jemne práškovým sírnikom zinočnatým,



Obr. 16.2.



Obr. 16.3.

aktivovaným stopami medi alebo striebra. Spintariskop obsahuje aj prístroj na štúdium rozptylu α -žiarenia, ktorým sme sa zaoberali už v čl. 15.3. Výhodou spintariskopov je, že v obvyklej úprave sú podstatne menej citlivé na β - alebo γ -žiarenie ako na α -žiarenie, takže možno pomocou nich skúmať α -žiarenie aj za prítomnosti β - alebo γ -žiaričov. Ich veľkou nevýhodou však je, že scintilácie sú veľmi slabé, takže pozorovateľ musí pracovať v úplnej tme a dlho si zvykať na pozorovanie slabých zábleskov.

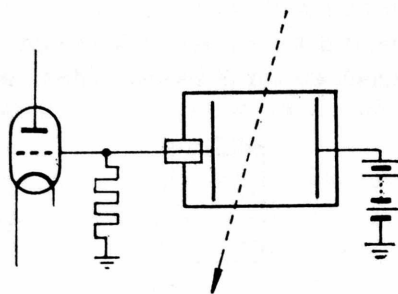
V poslednom čase scintilačná metóda výskumu rádioaktívneho žiarenia bola veľmi zdokonalená zhotovením tzv. *scintilačných počítačov*. Ich hlavnou súčiastkou je tzv. *fotonásobič* (obr. 16.3), v ktorom svetelné záblesky vyvolané vo vhodnej látke (monokryštály NaI, antracénu, fenantrénu a i.) dopadom α - alebo β -častíc alebo aj fotónov účinkujú na fotokatódu veľmi citlivej vákovej fotobunky (pozri čl. 17.8). Avšak na rozdiel od obvyčajnej fotobunky vo fotonásobiči sa počet primárne uvoľnených elektrónov využitím sekundárnej emisie na systéme elektród mnohonásobne zväčší. Vo výstupnom okruhu fotonásobiča nimi vyvolaný elektrický impulz sa vhodným elektronickým zariadením zosilňuje a prípadne sa počet impulzov aj mechanicky registruje. Takto sa v scintilačnom počítači nahrádza namáhavé subjektívne počítanie zábleskov mechanickým počítaním im odpovedajúcich elektrických impulzov.

2. Ionizačné komory. Ionizačná komora je detektor žiarenia, ktorý sa v svojej podstate skladá z dvoch vzájomne od seba izolovaných elektród

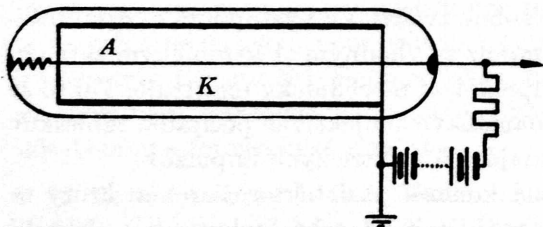
vhodného tvaru a veľkosti, umiestených v nádobe naplnenej obyčajne suchým vzduchom alebo aj iným vhodným plynom (obr. 16.4). Pomocou batérie galvanických článkov alebo iného dostatočne stabilizovaného zdroja s konštantnou elektromotorickou silou sa na elektródach komory udržuje napätie 100 až 1 000 voltov, dosť veľké, aby v komore pôsobením rádioaktívneho žiarenia vznikajúce ióny boli rýchle privedené na jej elektródy, nie však až také veľké, aby dochádzalo aj k lavinovitej tvorbe iónov ionizáciou plynu nárazom. Pri používaní ionizačnej komory meria sa elektrický prúd v okruhu komory pomocou galvanometra alebo elektrometra s paralelne pripojeným vysokoohmovým odporom. Keď pôsobením vonkajšieho ionizačného činiteľa vznikne v komore za jednotku času N párov jednomocných iónov, pri vhodných podmienkach, keď nedochádza k rekombinácii vznikajúcich iónov, prúd v komore je $I = eN$, kde e značí elementárny elektrický náboj.

Namiesto toho, aby sa meral prúd v okruhu ionizačnej komory pripojenej ku svorkám vonkajšieho zdroja elektromotorickej sily, pri konaní opakovaných a len relatívnych meraní možno ionizačnú komoru pripojiť paralelne k elektrometru nabitému na dostatočne vysoký potenciál a intenzitu ionizácie plynu v komore sledovať podľa rýchlosti vybíjania elektrometra. V prvých rokoch po objavení rádioaktivity mnohé merania sa konali iba týmto spôsobom, pričom často ionizačná komora bola tvorená priamo merným systémom elektrometra a jeho kovovým obalom.

3. Geigerov—Müllerov a Geigerov počítač. Na detekciu a na meranie intenzity rádioaktívneho žiarenia sa dnes najviac používajú tzv. *Geigerove-Müllerove počítače* v spojení s počítačmi impulzov. Geigerov—Müllerov počítač (obr. 16.5) je sklenený alebo kovový valec obsahujúci tenké kovové, obyčajne volfrámové vlákno A v osi valca, slúžiac za anódu, a pri sklenených počítačoch ešte kovový valec K , slúžiaci za katódu. Pri celokovových počítačoch katódu tvoria kovové steny počítača. V obidvoch prípadoch počítač je naplnený plynom pod tlakom niekoľkých desiatok torr, napríklad zmesou obsahujúcou 90 % argónu a 10 % pár etylalkoholu. Zapojenie počítača je zrejme z obr. 16.5.



Obr. 16.4.



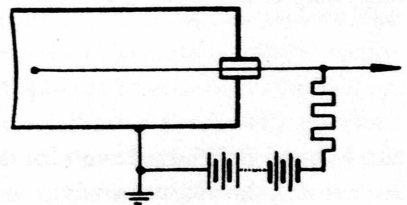
Obr. 16.5.

Keď do G—M počítacza vnikne častica ionizujúceho žiarenia, vznikne medzi elektródami počítacza určité malé množstvo párov iónov, ktoré sa hneď začnú pohybovať smerom k elektródam nesúcim opačné náboje. Na rozdiel od ionizačných komôr, na elektródy počítacza vložené napätie niekoľko sto voltov postačuje na to, aby v pomerne najintenzívnejšej časti elektrostatičkého poľa počítacza, v okolí jeho vlákna, nastala lavínovitá tvorba iónov ionizáciou v počítachi prítomného plynu nárazom. Súčasne s ionizáciou dochádza i k aktivácii atómov a molekúl plynovej náplne. To má za následok vznik aj ultrafialového žiarenia, ktoré fotoelektrickým efektom uvoľňuje z elektród fotoelektróny, čím sa elektrický výboj v počítachi rýchle rozvinie pozdĺž celej jeho dĺžky. Tým v okruhu počítacza vznikne pomerne dosť silný prúd, v porovnaní s prúdom v ionizačnej komore za inak rovnakých okolností až 10^8 násobný. ktorým sa na ohmickom odpore v okruhu počítacza vytvorí dosť veľký spád napätia. V dôsledku toho napätie na elektródach počítacza poklesne, čím ďalšia tvorba iónov v počítachi prestane a prúd v jeho okruhu rýchle klesne na nulu. Jednotlivé takto vznikajúce prúdové nárazy (impulzy) sa pomocou elektronického zariadenia zosilňujú a registrujú. Pre účely, keď počet impulzov za jednotku času je príliš veľký, väčší ako asi 50 impulzov za sekundu, zosilňovač impulzov je upravený tak, že na jeho výstupe sa prejavuje len každý k -tý impulz a nazýva sa potom *reduktorom impulzov*. Číslo k je buď mocnina čísla 2 celým číslom (*binárne reduktory*), alebo čísla 10 (*dekadické reduktory*).

Pretože prebehnutie výboja v G—M počítachi vyžaduje určitý čas, počítach zaznamená dve po sebe nasledujúce kvantá žiarenia len ak medzi ich účinkami na počítach uplynul dostatočne veľký časový interval, ktorý sa nazýva rozlišovacou dobou počítacza. Táto pri bežných G—M počítach býva rádu 10^{-4} s. Rozlišovacia doba scintilačných počítach je ešte podstatne kratšia.

Vlastnosti G—M počítachov s ohľadom na ich praktickú upotrebitelnosť vyplývajú z ich tzv. *charakteristiky*, čím sa rozumie závislosť počtu zaznamenaných impulzov za účinku konštantného a primerane silného zdroja žiarenia od použitého napätia. Charakteristika počítacza sa vyznačuje tzv. štartujúcim napätím u_s , pri ktorom počítach práve začína pracovať, a napätiami u_p a u_k , ohraničujúcimi prakticky vodorovnú časť charakteristiky, tzv. *plateau* počítacza. Je zrejmé, že najvýhodnejším pracovným napätím je $u_0 = (u_p + u_k) : 2$.

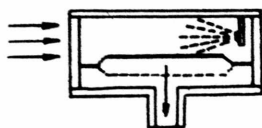
Najľahšie sa zhotovujú G—M počítache pre γ -žiarenie, pretože ich steny nemusia byť veľmi tenké. Počítache pre β -žiarenie sa zhotovujú buď ako celokovové, s veľmi tenkým kovovým pláštom, alebo ako *počítache hrotové*, nazývané aj *počítachmi Geigerovými* (obr. 16.6).



Obr. 16.6.

Vyznačujú sa tým, že pre vstup žiarenia majú veľmi tenké okienko z kovu alebo zo sludy. Podobne sa zhotovujú aj počítače pre α -žiarenie.

4. Wilsonova hmlová komora. Najúčinnnejším zariadením pre výskum vlastností korpuskulárnych rádioaktívnych žiarení je *Wilsonova hmlová komora*. Je založená na Wilsonovom objave z r. 1897, podľa ktorého ióny prítomné



Obr. 16.7.

v plyne môžu slúžiť za kondenzačné jadrá pre presýtené pary. Skutočná konštrukcia Wilsonovej hmlovej komory býva dnes najrozmanitejšia. V svojej podstate je to však vždy valec s pohyblivým dnom a pevným a priehľadným skleneným vekom (obr. 16.7). Vo valci je vzduch nasýtený obyčajne zmesou pár vody a alkoholu.

Predstavme si, že prudkým pohybom pohyblivého dna smerom dolu objem plynu vo valci Wilsonovej hmlovej komory náhle a preto adiabaticky zväčšíme. Pretože sa tým jeho teplota zníži, v ňom prítomné, pôvodne nasýtené pary sa stanú presýtenými a začnú sa zrážať na kondenzačných jadrách. Keď za tohoto stavu vnikne do komory častica ionizujúceho žiarenia, hmlové kvapôčky sa vytvoria pozdĺž celej jej dráhy, ktorá sa tým stane aj pre neozbrojené oko viditeľnou. Pretože sa dráha častice nesúcej elektrický náboj v magnetickom poli zakrivuje, vloženie Wilsonovej komory medzi póli magnetu vznikajú vo Wilsonovej komore rôzne zakrivené hmlové stopy, podľa ktorých možno súdiť na niektoré vlastnosti študovanej častice. Ovládanie Wilsonovej komory môže byť mechanické, elektromagnetické alebo aj pneumatické.

Rôzne častice zanechávajú vo Wilsonovej komore stopy nerovnakého vzhľadu; stopy α -častíc sú pomerne krátke, rovné, len na konci niekedy zalomené, svedčiacie o náhlej zmene smeru ich letu, zatiaľ čo napríklad stopy elektrónov sú oveľa slabšie a prerušované.

16.3. Absorpcia rádioaktívneho žiarenia. Zatiaľ čo absorpcia rádioaktívneho α -žiarenia sa riadi osobitnými zákonmi, absorpcia β - a γ -žiarenia prebieha tak, že relatívne zmenšenie intenzity I oboch týchto žiarení, meranej napríklad ionizačným účinkom žiarenia, je úmerné hrúbke dx absorbujúcej vrstvy,

$$-\frac{dI}{I} = \mu dx \quad (1)$$

ako je to aj pri žiarení svetelnom. Konštanta úmernosti μ sa nazýva *absorpčný koeficient*; jeho hodnota závisí od druhu žiarenia aj od kvality absorbujúceho prostredia.