

Pozorování drah nabitých částic

1) Expanzní mlžná komora

V roce 1911 zkonstruoval C. Wilson první „dráhový detektor“, expanzní mlžnou komoru o průměru 16 cm. Uvnitř komory jsou vodní nebo alkoholové páry, k jejich mírnému přesycení dojde prudkou adiabatickou expanzí a následným ochlazením. Prolétající elektricky nabitá částice vyvolá ionizaci a na vzniklých iontech se podél dráhy částice vytvoří drobné kapičky - mlha.

V původní Wilsonově komoře došlo ke snížení tlaku rychlým posunutím pístu ve válcové komoře se skleněným horním víkem. Posun nastal po otevření ventilu do nádoby, z níž byl vyčerpán vzduch. Nevýhodou expanzní komory je velmi krátká doba, po kterou jsou páry přesycené (jen 0,05 až 2 s). Z původní konstrukce se později vyvinuly dokonalejší typy, upravené pro různé účely.

2) Difúzní mlžná komora

První komoru tohoto typu sestrojil roku 1939 A. Langsdorf, ale v rozsáhlé míře se začala používat její zdokonalená verze až po roce 1950. Vrstva přesycené páry se vytváří tak, že horní víko komory je zahříváno topnou spirálou, zatímco dno má velmi nízkou teplotu. Ochladuje se např. tuhým oxidem uhličitým CO_2 (tzv. suchý led). V horní části jsou páry nenasycené, ale těsně nade dnem je vrstva přesycených par. Právě tam může dojít ke kondenzaci na vzniklých iontech a ke zviditelnění drah částic. Stopy jsou ještě více zvýrazněny vhodným osvětlením.

3) Bublinová komora

Prototyp bublinové komory sestrojil roku 1952 mladý americký fyzik D. Glaser. V tomto detekčním přístroji je přehřátá kapalina pod velkým tlakem v nestabilním stavu. Seběmenší zárodek dá podnět k bouřlivému varu a vytvoření bublinek plynu. Podobně jako ve Wilsonově komoře jsou i zde takovými zárodky ionty, vytvořené průletem nabitě částice. Podél dráhy prolétávající částice se vytvoří sled viditelných bublinek. Stav přehřátí kapaliny se velmi přesně reguluje změnami tlaku. Snížením tlaku vznikne přehřátá kapalina a registrují se dráhy částic. Zvýšením tlaku var ustane, bublinky zaniknou a komora je v klidovém stavu.

První typy bublinových komor byly plněny zkapalněným éterem, dnes je náplní kapalný vodík, deuterium a jiné kapaliny. Bublinové komory patří v kombinaci s jinými detektory k nejučinnějším přístrojům pro zkoumání elementárních částic. Mají často značné rozměry a obsahují i několik tisíc litrů kapalné náplně.

Urychlovače

A) Principy

Abychom porozuměli funkci **urychlovačů částic**, musíme si připomenout znalosti z několika fyzikálních oblastí - o pohybu těles, o skládání pohybů, o elektrickém a magnetickém poli. Podrobnější vysvětlení uvádí každá středoškolská učebnice fyziky.

Pohyb těles - kinematika

- **Rovnoměrný přímočarý pohyb**

Dráha je přímo úměrná času, rychlost pohybu je konstantní, zrychlení je nulové:

$$s = vt \quad v = \text{konst.} \quad a = 0$$

- **Rovnoměrně zrychlený pohyb** Dráha je přímo úměrná druhé mocnině času, rychlost je přímo úměrná času, zrychlení je konstantní:

$$s = at^2/2 \quad v = at \quad a = \text{konst}$$

Složené pohyby

Jestliže má těleso současně vykonávat dva nebo více pohybů, vznikne jeho výsledná dráha složením jednotlivých pohybů.

- **Vodorovný vrh**

Těleso se pohybuje svisle dolů volným pádem a vodorovně rovnoměrným přímočarým pohybem. Dráha pohybu ve vakuu je **parabola**.

- **Vrh šikmo vzhůru**

Těleso se pohybuje svisle dolů volným pádem a šikmo vzhůru rovnoměrným přímočarým pohybem. Dráha pohybu ve vakuu je **parabola**. Nejdále doletí těleso, vržené pod úhlem 45°.

Nabitá částice v elektrickém poli

Elektrické pole působí jenom na nabitě částice. Z mnoha možností uvedeme pouze dva případy pohybu v **homogenním** elektrickém poli:

- **Částice je původně v klidu**

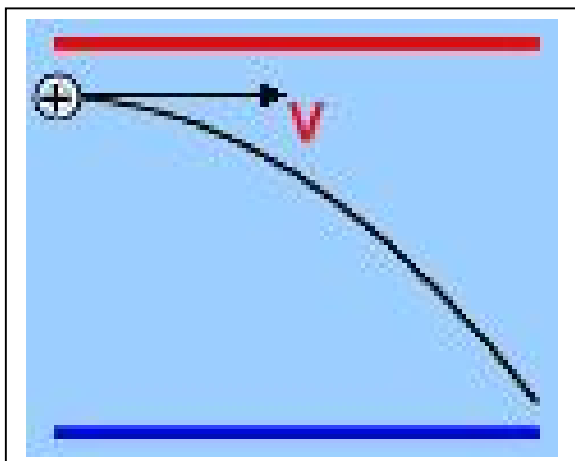
Na částici působí konstantní síla, pohybuje se ve směru siločar rovnoměrně zrychleným pohybem po přímce. Její **rychlost roste**. Toho se využívá např. v **lineárním urychlovači**.

$$s = at^2/2 \quad v = at \quad a = \text{konst.}$$

- **Částice vnikne do el. pole kolmo k siločarám**

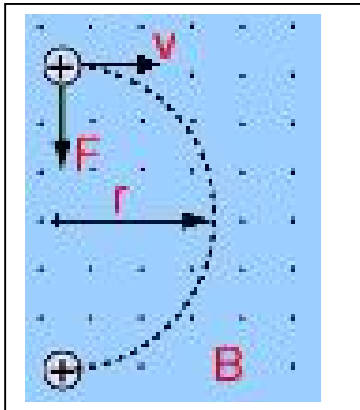
Částice vykonává pohyb složený z rovnoměrného pohybu v původním směru a rovnoměrně zrychleného pohybu ve směru siločar. Výslednou dráhou je parabola, **rychlost roste**.

Tímto způsobem jsou vychylovány např. elektrony v televizní obrazovce.



Nabitá částice v magnetickém poli

Magnetické pole působí jen na **pohybující se** nabitou částici. Je-li částice v klidu ($v = 0$), magnetické pole na ni vůbec nepůsobí!



• Částice vnikne do mag. pole kolmo k indukčním čarám

Homogenní magnetické pole působí na nabitou částici silou F :

$$F = BQv$$

kde B je indukce magnetického pole, Q náboj částice a v je rychlost jejího pohybu.

Magnetická síla působí na částici o hmotnosti m kolmo na směr jejího pohybu a částice se začne pohybovat **po kruhové dráze**. Její poloměr r se vypočítá ze vztahu:

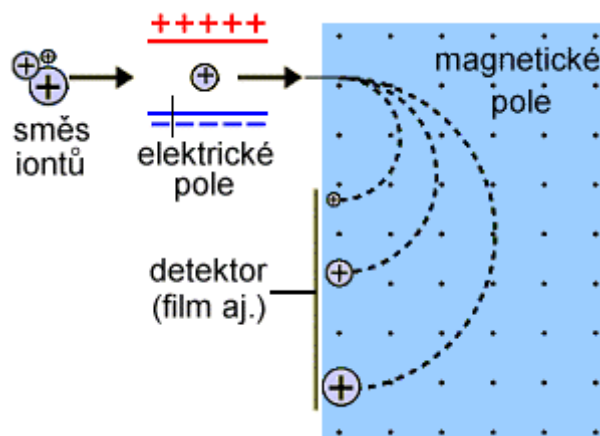
$$r = mv / BQ$$

Z odstavců o působení elektrického a magnetického pole na nabitou částici vyplývají pro konstrukci **urychlovačů** tři důležité závěry:

- **Elektrické pole se využívá k urychlování částic, případně k zakřivení jejich dráhy.**
- **Magnetické pole slouží pouze k zakřivení dráhy částic.**
- **Vhodnou kombinací elektrického a magnetického pole můžeme částici urychlovat a současně měnit směr jejího pohybu.**

Hmotnostní spektrograf

Hmotnostní spektrograf je přístroj, který na základě působení elektrického a magnetického pole na nabitou částici slouží k určování hmotnosti částic a oddělování různých **izotopů** téhož prvku. První přístroj tohoto typu sestrojil v roce 1919 F. Aston. Směs různých iontů nejprve prochází elektrickým polem, které je rozdělí podle rychlosti. Pak vstupují do magnetického pole, které soustředí částice o stejné hmotnosti do jednoho místa. Právě pomocí hmotnostního spektrografu bylo zjištěno, že chemické prvky jsou směsí několika izotopů, které se liší jen počtem neutronů v jádře.



Rozdělení iontů elektr. a magnet. polem

