

výroby tranzistorov sa však stále zdokonaľuje. V tejto súvislosti treba ešte poznamenať, že pre zosilňovanie signálov o vysokej frekvencii sa s obľubou používajú tranzistory tvorené jediným polovodivým kryštálom germánia s objemom len niekoľko málo mm^3 , s vodivosťou napríklad typu p , v ktorom vhodným technologickým postupom boli vytvorené dve oblasti s vodivosťou typu n . Kryštál sám tvorí bázu a jeho oblasti s opačnou vodivosťou sa pružne dotýkajú dva kovové hroty, predstavujúce emitér a kolektor, ako je to znázornené na obr. 5.26. Takýmito tranzistorami možno zosilňovať vysokofrekvenčné signály až asi do 100 megahertzov.

V porovnaní s vákuovými elektrónkami nedoceníteľnou prednosťou všetkých tranzistorov je veľká úspornosť ich prevádzky, lebo nemajú elektródu žeravenú elektrickým prúdom a aj prúdy v kolektoroch väčšiny tranzistorov bývajú veľmi malé. Veľkou prednosťou všetkých tranzistorov sú aj ich malé rozmery a malá váha, takže aj nimi vystrojené zariadenia sú malé a ľahké.

5.7. Merný náboj elektrónu. Z definície intenzity elektrického poľa vyplýva, že na bodový náboj q účinkuje v elektrickom poli intenzity \mathbf{E} elektrická sila

$$\mathbf{f}_e = q\mathbf{E} \quad (1)$$

Podľa vzorca (4.2.2) na bodový náboj q , ktorý sa v magnetickom poli s indukciou \mathbf{B} pohybuje rýchlosťou \mathbf{v} , účinkuje magnetická sila

$$\mathbf{f}_m = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (2)$$

V priestore, ktorý je súčasne poľom elektrickým aj magnetickým, účinkuje teda na bodový náboj q , ktorý sa v tomto poli pohybuje rýchlosťou \mathbf{v} , celková sila

$$\mathbf{f} = q\mathbf{E} + q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (3)$$

Sily určené vzorcami (1), (2) a (3) sa používajú pri niektorých fyzikálnych meraniach, hlavne však pri konštrukcii najrôznejších fyzikálnych aj technických zariadení. V tomto a nasledujúcom článku budeme sa zaoberať metódami merania merného náboja elektrónu a plyných iónov.

Merný náboj elektrónu je definovaný vzorcom

$$\sigma_e = \frac{e}{m} \quad (4)$$

v ktorom e je náboj elektrónu a m jeho hmotnosť. Podobnými vzorcami sú definované aj merné náboje iónov.

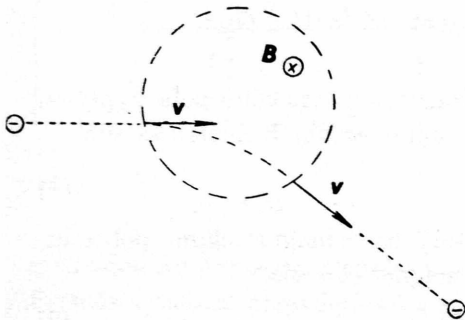
Predstavme si, že elektrón pohybujúci sa rýchlosťou \mathbf{v} vstúpil do homogénneho magnetického poľa s indukciou \mathbf{B} v smere na indukčné čiary kolmom.

Na schematicom obr. 5.27, na ktorom čiarkovane vyznačená kružnica znamená ohraňenie magnetického poľa, magnetické indukčné čiary idú kolmo za papier. Podľa vzorca (2) na pohybujúci sa elektrón účinkuje v tomto poli sila $-e(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$ s abs. hodnotou evB . Pretože táto sila je na smer pohybu elektrónu a na smer vektora \mathbf{B} ustavične kolmá, nemení hodnotu rýchlosti elektrónu, ale iba jej smer. V dôsledku toho elektrón prebehne magnetické pole po kruhovom oblúku s polomerom r , ktorý splňuje rovnicu

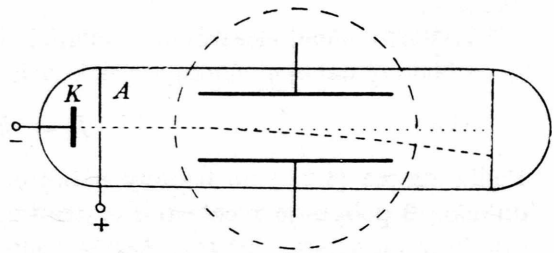
$$evB = \frac{mv^2}{r}$$

Vyplýva z nej vzťah

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{rB} \quad (5)$$



Obr. 5.27.



Obr. 5.28.

Polomer r možno vypočítať zo zmeny smeru rýchlosti elektrónu v magnetickom poli, ktoré je známym spôsobom ohraňené. Pretože indukciu B magnetického poľa možno priamo zmerať, pre výpočet podielu e/m treba určiť nejakým spôsobom už len rýchlosť elektrónu v . Túto rýchlosť možno vypočítať napríklad z rozdielu ΔV potenciálov na koncoch dráhy v elektrickom poli, ktorú elektrón prebehol (napríklad v Braunovej trubici), kým nadobudol rýchlosť v , teda zo vzťahu

$$\frac{1}{2} mv^2 = e\Delta V$$

podľa ktorého $v = \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot \Delta V}$. Dosadením tohto výsledku do rovnice (5) dostávame pre výpočet náboja elektrónu vzorec

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot \Delta V}{r^2 B^2} \quad (6)$$

Thomson použil iný spôsob na vylúčenie rýchlosti v zo vzorca (5). Za tým účelom zväzok elektrónov urýchlených medzi katódou K a anódou A s malým otvorom v strede (obr. 5.28) viedol do homogénneho elektrického poľa, vytvoreného medzi doskami kondenzátora. Toto pole bolo však súčasne aj homogénnym poľom magnetickým, ktorého indukčné čiary boli kolmé na siločiaru elektrickej časti zloženého poľa. Vhodnou voľbou intenzity E a indukcie B bolo možné dosiahnuť, že sa celková na elektróny pôsobiaca sila rovnala nule, čo sa prejavilo tým, že stopa elektrónových lúčov po súčasnom zapnutí oboch poľí nezmenila svoju polohu na fluoreskujúcom tienidle. Podľa vzorca (3) podmienkou toho je splnenie vzťahu

$$\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B} = 0$$

alebo

$$v = \frac{E}{B} \quad (7)$$

Dosadením takto určenej rýchlosti v do vzorca (5) vychodí:

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{rB^2} \quad (8)$$

Jestvuje mnoho metód na určenie merného náboja elektrónu, ktorých účelom je zvýšenie presnosti merania. Podľa rôznych najnovších meraní merný náboj elektrónu (pri malých rýchlostiach) je

$$\frac{e}{m_0} = 0,1758 \cdot 10^9 \text{ As/g}$$

V súhlase s teóriou relativity pri väčších rýchlostiach prejavuje sa však závislosť hmotnosti elektrónov od ich rýchlosti tak, že sa podiel $\frac{e}{m}$ znižuje, keď sa rýchlosť elektrónov zväčšuje. Pretože v súčasných urýchľovačoch možno elektrónom udeliť veľmi veľké rýchlosti, klesanie merného náboja elektrónov s ich rastúcou rýchlosťou je veľmi bezpečne pozorovateľné a je experimentálnym dôkazom všeobecne platnej závislosti hmotnosti od rýchlosti. Vyjadruje ju vzorec (8.5)

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

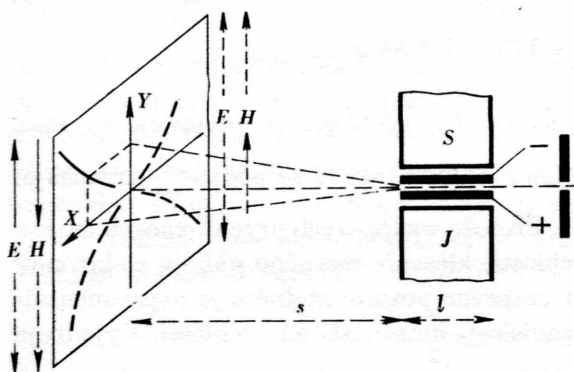
v ktorom m je hmotnosť ľubovoľného objektu pri rýchlosti v , m_0 jeho hmotnosť pri nulovej rýchlosti (pokojuv hmotnosť) a c je rýchlosť svetla vo vákuu.

Keďže náboj elektrónu možno samostatne a veľmi presne určiť napríklad pomocou metódy Millikanovej (čl. 1.16), ktorá pre tento náboj poskytuje hodnotu $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ As, z merného náboja σ_e elektrónu určeného pri pomerne malých rýchlostiach vyplýva, že pokojová hmotnosť elektrónu je

$$m_0 = \frac{e}{\sigma_e} = \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{0,1758 \cdot 10^9} \text{ g} = 9,109 \cdot 10^{-28} \text{ g}$$

Hmotnosť jedného atómu vodíka nájdeme, keď hmotnosť jeho gramatómu $M_H = 1,008$ g delíme Avogadrovým číslom $N = 6,023 \cdot 10^{23}$. Vychodí: $m_H = \frac{1,008}{6,023 \cdot 10^{23}} \text{ g} = 1,670 \cdot 10^{-24} \text{ g}$. Hmotnosť elektrónu je teda asi $m_H : m_e = \frac{1,670}{9,109} \cdot 10^4 = 1\,836$ ráz menšia než hmotnosť vodíkového atómu.

5.8. Meranie merných nábojov plyných iónov. Metódy používané na meranie merného náboja elektrónu, založené na účinkoch síl pôsobiacich na bodový náboj v poli elektrickom a magnetickom, zásadne sú upotrebitelné aj na meranie merných nábojov plyných iónov. Pri meraní merných nábojov iónov pomocou týchto metód prekáža však to, že zdrojmi iónov obyčajne nie sú elektródy, ale plyn, v ktorom sa vytvára elektrický výboj. Pretože vo výbojovej trubici molekuly plynu sa ionizujú všade medzi jej elektródami, anódové alebo katódové lúče vystupujúce z otvoru katódy alebo anódy obsa-



Obr. 5.29.

hujú ióny, ktoré sa pohybujú rozličnými rýchlosťami, čím sa meranie podľa metód, s ktorými sme sa už oboznámili, stáva nemožným. Thomsonovi sa podarilo obísť rušivý vplyv nerovnej rýchlosti iónov pomocou úpravy, ktorá dostala názov parabolová metóda. Podstatným znakom tejto metódy je, že sa pri nej používa elektrické a magnetické pole so siločiarami nie skríženými, ale rovnobežnými.

Majme na mysli homogénne, v priestore ostro ohraničené pole elektrické aj magnetické, v ktorom čiary vektorov \mathbf{E} a \mathbf{B} sú obidve súhlasne rovnobežné so smerom osi Y pravouhlého systému. Keď do takého poľa vletí ión nesúci napríklad kladný náboj q začiatočnou rýchlosťou v_0 (obr. 5.29) v smere osi Z ,