

A jelenséget vizsgálhatjuk valamelyik töltéshez rögzített koordináta-rendszerben és a laboratóriumunkhoz rögzített koordináta-rendszerben is (ekkor van értelme „mozgó töltésről” beszélni). Ugyanis minden inerciarendszer, mint viszonyítási rendszer, egyenrangú az elektromágneses jelenségek leírása szempontjából is. A ható erő objektív (koordináta-rendszer választástól független) volta miatt egy-egy erő nagysága nem függhet attól, hogy milyen koordináta-rendszerben számolva állapítjuk meg. A fizikai törvényeknek olyanoknak kell lenniök, hogy bármely koordináta-rendszerből számolva ugyanazt az eredményt kapjuk.

Eszert a koordinátarendszert úgy fogjuk megválasztani minden esetben, hogy kezelni tudjuk a jelenséget.

A jelenség vizsgálatához szükséges felidézniük az elektrodinamika néhány tételét. Ezek a következők:

1) Minden elektromos töltés maga körül elektromos teret létesít, amelyet nyugvó töltés esetén sztatikusnak nevezünk. Ponttöltés tere centrális. (Az ebben fellépő erőket a Coulomb-törvény írja le.)

2) Minden, időben változó mágneses tér változó elektromos erőteret hoz létre, amelynek erővonalai zártak. (A keletkező elektromotoros erőket Faraday indukciós törvénye írja le.)

3) Minden mozgó töltés (és töltések árama) körül mágneses erőteret keletkeztet, amelynek erővonalai az áramot körülvevő zárt görbék. (A mágneses térerősséget a Biot–Savart-törvény írja le áramelemre. A térerősség az áramerősséggel, ill. a töltés sebességével arányos.)

4) Az időben változó elektromos tér változó mágneses teret kelt, amelynek erővonalai zártak. (A keletkező mágneses tér és az elektromos tér térerősségének kapcsolatát az egyik Maxwell-egyenlet írja le.)

5) Minden mágneses térben mozgó elektromos töltésre elektromos eredetű erő (Lorentz-erő) hat. (Ennek iránya merőleges a mágneses térerősség és a sebesség irányára, nagysága arányos a sebességgel és a mágneses térerősséggel.)

Vizsgáljuk most már az első kérdést. Erre könnyebb a töltésekhez rögzített koordináta-rendszer szempontjából válaszolni, hiszen abban egyik töltésnek sincs sebessége, tehát mágneses teret sem keltenek. A velük együtt mozgó szemlélő nem észlel mágneses teret. Így vonzóerő nem lép fel közöttük. A Coulomb-féle taszítás változatlanul fennáll. (Nyugvó rendszerből leírva: észlelünk mindkét töltéstől származó mágneses teret, amelyekben mozgó töltésekre vonzóerő hat, ezt azonban kompenzálja a mozgó töltések egymás irányában megnövekedő Coulomb-tere. Ezért a mozgásuk ismét semmilyen erőhatást nem okoz.) A második kérdésre egyszerű a válasz: az együttmozgó mágnesestű számára mágneses tér nem keletkezik, hiszen a szükséges relatív mozgás hiányzik. (Olyan, mintha az egymáshoz mereven rögzített töltések és mágnesestű alatt elhúznánk az asztalt a hozzá rögzített koordináta-rendszerrel együtt. Ha volna különbség a koordináta-rendszerek között, akkor különbséget tudnánk tenni az inerciarendszerek között is: lenne kitüntetett tehetetlenségi koordináta-rendszer. Ez ellenkezik még a mechanika törvényeivel is.)

Harmadik kérdésünkre a válasz: az asztalra helyezett iránytű kimozdul a mellette elhaladó töltések hatására, mert a mozgó töltések mágneses teret keltenek, amelyet éppen a Biot–Savart-törvény ír le.

Válasz a negyedik kérdésre: két párhuzamos, egyirányú katódsugár (azonos részecskesebesség esetén) nem vonzza egymást, mert egyik alkotórészük (elektron) sem vonzza a másikat (lásd: első kérdést). Természetesen a Coulomb-taszítás változatlanul fellép.

Ötödik kérdés: Az ellentétes irányú elektronsugarak taszítani fogják egymást: az álló rendszerből tekintve, mindkét sugár mágneses erőteret hoz létre, ezek kölcsönhatása révén fellép az ismert taszító irányú hatás. (Ugyanerre a következtetésre jutunk bármelyik sugár részecskéihez rögzített koordináta-rendszerben is: a másik sugár mágneses terében mozog az elektromos töltés [relatív mozgások!].)

Hatodik kérdés: Két párhuzamos vezető a bennük folyó egyirányú áram hatására vonzza egymást, hiszen (álló koordinátarendszerből nézve) a két elektronáram mágneses teret hoz létre, melyek egymással kölcsönhatásba lépnek, míg a Coulomb töltések a vezető mentén árnyékolják egymást (pozitív ionrács és az elektronok). Az elektronokhoz rögzített (mozgó) rendszerből nézve ugyanez mondható a pozitív ionrácsok „áramára”.

Maillot György (Bp., Piarista g. IV. o. t.) és
Nagy Dénes Lajos (Bp., Rákóczi g. IV. o. t.)
dolgozata alapján.

Megjegyzés: Azonnal látható, hogy bárhogy is mozognak egymemű töltéshordozók egymás mellett, mindig taszítani fogják egymást. Ui. koordináta-rendszerünket a két töltéshordozó áramlási sebességének középértékével mozgatva, ebben a rendszerben két ellentétes irányú töltésáramlást kapunk, amelyek a (módosult) Coulomb-féle erőkön kívül mágnesesen is taszítják egymást.

Varga Lajos (Bp., Petőfi g. IV. o. t.)