

اگر اتم‌ها خنثی نبودند!

بررسی و حل برخی از مثال‌ها آنچنان آموزنده و حاوی پاسخ(های) شگفت‌انگیزی است که نمی‌توان به سادگی از کنار آنها گذشت. مثال زیر در واقع از یکی از تمرین‌های پایان فصل ۲۱ جلد دوم کتاب فیزیک دانشگاهی ویرایش دوازدهم انتخاب شده که مراحل پایانی چاپ را می‌گذراند و در تابستان سال ۹۰ تقدیم علاقه‌مندان خواهد شد.

و اما مثال،
از آن‌جا که بارهای الکترون و پروتون مقدار مطلق یکسان دارند، اتم‌ها از نظر الکتریکی خنثی هستند. فرض کنید این مطلب به‌طور دقیق برقرار نباشد و مقدار مطلق بار الکترون به‌اندازه‌ی بسیار ناچیز 0.0000100 درصد از بار پروتون کم‌تر باشد.

(الف) در این شرایط بار خالص یک جسم یک کیلوگرمی را تخمین بزنید. هرگونه فرض را که به نظرتان موجه است وضع کنید، ولی آن‌ها را به‌روشنی بیان کنید. (راهنمایی: تقریباً همه‌ی اتم‌های این جسم به تعداد مساوی الکترون، پروتون و نوترون دارند.)

(ب) بزرگی نیروی الکتریکی بین دو جسم مشابه یک کیلوگرمی که به فاصله‌ی 10^{-6} متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند چقدر است؟ این نیرو ربایشی است یا رانشی؟

(پ) اگر جسم‌ها به فاصله‌ی 10^{-6} متر از یکدیگر قرار داشته باشند و هیچ نیروی غیرالکتریکی‌ای بر آن‌ها وارد نشود، شتاب هر جسم را تخمین بزنید.

(ت) بحث کنید که چگونه این واقعیت که ماده‌ی معمولی پایدار است نشان می‌دهد که مقدارهای بارهای الکترون و پروتون باید با دقت بسیار زیاد یکسان باشند.

حل:

(الف) از آنجا که جرم الکترون تقریباً 1000 مرتبه از جرم پروتون و نوترون است، با نادیده گرفتن که جرم الکترون‌های موجود در جسم، تعداد پروتون‌های موجود در یک کیلوگرم جسم برابر است با

$$\frac{1}{4} (10^{-30} \text{ kg}) / (1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}) = 3/0 \times 10^{26}$$

از آنجا که بنا به فرض بار الکترون‌ها $99/99999$ درصد بار پروتون‌هاست، بار خالص جسم برابر است با

$$\Delta q = (3/0 \times 10^{26}) (0.0000001) (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 4/8 \text{ C}$$

(ب) با توجه به قانون کولن نیروی الکتریکی بین دو جسم رانشی و بزرگی آن برابر است با

$$F = k (\Delta q)^2 / r^2 = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) (4/8 \text{ C})^2 / (10^{-6} \text{ m})^2 = 2/304 \times 10^8 \text{ N}$$

(پ) دو جسم با شتاب بسیار زیاد زیر از یکدیگر دور می‌شوند

$$a = F / m = (2/304 \times 10^8 \text{ N}) / (1 \text{ kg}) = 2/304 \times 10^8 \text{ m/s}^2$$

(ت) همان‌طور که دیده می‌شود حتی کم بودن مقدار بسیار ناچیز بار الکترون از بار پروتون می‌تواند منجر به اتفاق‌های شگفتی شود!