

شدت - میدان ی که خلی را قطبیده میکند

بر اساس الکتروپدینامیک کلاسیک، خلی قطبیده نمیشود. اما الکتروپدینامیک کوانتمی میگوید به خاطر برهمکنش کوانتمی ی نور با نور خلی قطبیده میشود. البته این قطبش وقت ی چشمگیر است که میدان شدید باشد. چه قدر شدید؟

با یک تحلیل بُعدی همراه با یک داده از پراکنش کوانتمی ی نور از نور میشود E_0 (میدان ی که در آن قطبش خلی چشمگیر میشود) را تخمین زد. چگالی-ی-انرژی ی متناظر با چنین-میدان ی از مرتبه ی $E_0^2 \varepsilon_0$ است، که آن را با u_1 نشان میدهم. با \hbar و c و یک جرم m میشود یک چگالی-ی-انرژی ی دیگر ساخت، که از مرتبه ی $(\hbar c)(m c/\hbar)^4$ است این را با u_2 نشان میدهم. یک پارامتر دیگر هم در مسئله هست، و آن α (ثابت ساختار-ریز) است. این که α چه طر وارد مسئله میشود با فقط تحلیل بُعدی معلوم نمیشود، چون α بی-بُعد است. در کمترین مرتبه ی تقریب، پراکنش دُفُن از هم و در کمترین رتبه ی آثار کوانتمی ظاهر میشود. احتمال پراکنش دُفُن از هم با مجذور چگالی ی فتنها متناسب است (چون پراکنش دُره از هم است). پس احتمال این پراکنش با مجذور شدت نور متناسب است، که یعنی دامنه ی پراکنش با مجذور میدان الکتریکی متناسب است. دامنه ی این پراکنش شامل چهار نقطه ی برهمکنش است، که هر کدام یک بار الکتریکی وارد میکنند. پس این دامنه با بار به توان 4 متناسب است. نتیجه این که همه جا ترکیب میدان به توان 2 ضرب در بار به توان 4 ظاهر میشود. ثابت ساختار-ریز با بار (الکترن) به توان 2 متناسب است. پس همه جا ترکیب میدان به توان 2 در ثابت-ساختار-ریز به توان 2 ظاهر میشود. این یعنی $u_1 \alpha^2$ از مرتبه ی u_2 است:

$$\varepsilon_0 E_0^2 \alpha^2 \sim (\hbar c)(m c/\hbar)^4.$$

دیده میشود هر چه m کوچکتر باشد مقدار کمتری برای E_0 میثاید. پس m را جرم الکترن (سبکترین ذره ی باردار) میگذارم. نتیجه میشود

$$E_0 \sim 10^{20} \text{ V m}^{-1}.$$