

### За някои проблеми на класическата електродинамика

Преди всичко, експериментално установеният факт, че *съществува елементарен електричен заряд*, т.е. не съществува **безкрайно малък заряд**, прави невъзможно коректното дефиниране на основните характеристики на електромагнитното поле.

Наистина, как класическата електродинамика (ЕД) дефинира величината *интензитет*  $E$  на полето в дадена точка? Процедурата за измерване на интензитета е следната:

- поставяме в точката *безкрайно малък пробен заряд*  $q$ ;
- измерваме електричната сила  $F$ , която действа на заряда;
- интензитетът  $E$  по определение е частно на тези две величини –  $E = \frac{F}{q}$ .

И тъй като в природата безкрайно малки величини като че ли не съществуват, първият въпрос, който поставя това определение е: **колко малък** трябва да бъде пробният заряд. Отговорът се съдържа в следното **условие**: пробният заряд трябва да бъде толкова малък, че силите, с които той действа на източниците на измерваното поле, да не могат да разместват тези източници. В противен случай пробният заряд би променил полето, което искаме да измерим.

Ясно е, че има случаи, в които наличието на *елементарен електричен заряд*, т.е. – на минимално, но не нулево количество заряд, пречи на изпълнението на посоченото условие. Представете си например, че искате да проверите дали законът на Кулон е изпълнен в околността на един мюон. С какви възможности разполагаме? Бихме могли да обстрелваме мюона с електрони е да наблюдаваме енергиите и импулсите, които обменят частиците, а от тях да съдим и за силата, с която си взаимодействат. Въпреки че в съвременните представи и двете частици са точкови, повечето физици вярват, че ограничените възможности на нашите експериментални постановки просто още не са ни позволили да стигнем до мащабите, в които се проявява тяхната структура.

За да измерим интензитета на полето на мюона много близо до повърхността му, ние трябва да поставим там друг заряд, който е **много по-малък** от заряда на самия мюон. Но с такъв заряд ние по принцип не разполагаме – най-малкият заряд, който можем да използваме, е този на електрона, а той има същата големина!

Следователно в рамките на класическата електродинамика **по принцип** няма възможност за проверка валидността на закона на Кулон в околността на един мюон.

От повече от век, по-точно откак Айнщайн установи прочутата връзка  $E = mc^2$ , в класическата електродинамика съществува следният парадокс. За този век горната граница за размерите на електрона непрекъснато намалява. Днес се смята, че радиусът на електрона не надминава  $a = 10^{-22}$  m. Добре известен факт от класическата физика е, че полето на хомогенно обемно заредена сфера с радиус  $a$  и обща заряд  $e$  е<sup>1</sup>:

$$E = \frac{3}{5} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a}$$

Пресметната по тази формула, енергията на електрон с радиус, не по-голям от  $10^{-22}$  m би трябвало да бъде по-голяма от:

$$\frac{3}{5} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{10^{-22}} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ J} = 1,4 \text{ } \mu\text{J}.$$

От друга страна, тъй като масата на електрона е  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg и, пресметната по формулата на Айнщайн, енергията му е:

$$9,1 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 82 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 82 \text{ fJ}.$$

<sup>1</sup> Вж. напр. **Попов Хр.** *Електродинамика*, С, УИ “Св. Климент Охридски”, 1995.

Следователно масата на полето на електрона, т. нар. електромагнитна маса, е (кръгло) 10 милиарда пъти по-голяма от инерчната му маса. Това несъответствие е било известно още преди Айнщайн, когато физиците неуспешно са опитвали да обяснят наличието на маса на електрона с инертността на електричното му поле.

Този и други подобни проблеми намират решението си в рамките на квантовата електродинамика.