

### Една полезна аналогия<sup>1</sup>

Когато в училище се изучават електричното, магнитното и електромагнитното поле, обикновено въпросът спрямо коя отправна система са валидни разглежданите зависимости не се поставя. Очевидна причина за това е сложността на отговора му. Понякога той се засяга в преговорно-обобщителните уроци за електромагнитното поле или при изучаване на електродинамика в паралелките, където това се прави по-задълбочено. В тези случаи обикновено възниква проблем, който най-ясно се разкрива в следния пример: За наблюдател, спрямо който е неподвижен, един електрон създава само електрично, и още по-конкретно – електростатично поле, а същият електрон, за друг наблюдател, спрямо който се движи, създава и магнитно поле. Подобна е ситуацията и с полето на постоянен магнит: неподвижният наблюдател регистрира само магнитно поле, а движещият се – и електрично (защото според закона на Фарадей за електромагнитната индукция променливото магнитно поле създава електрично поле).

Проблемът е следният: в първия случай обективна реалност ли е магнитното поле, щом за един наблюдател то съществува, а за друг – не? Същият въпрос може да се постави за електричното поле във втория случай. И този въпрос възниква естествено, защото интуитивно сме убедени, че **ако един обект съществува реално, независимо от нашето съзнание, то той трябва да съществува за всички наблюдатели.**

Описаната ситуация е привидно парадоксална и парадоксалността ѝ се дължи на факта, че в училище твърде рано – още при първото запознаване с електричното поле и след това – с магнитното поле, настоятелно подчертаваме, че полето е обективно реалност, **материален** обект, специфична форма на материята и т.н. Едно по-подробно разглеждане на тези и други подобни твърдения показва, че по същество те не разкриват **какво** представлява полето (те и не могат да сторят това, тъй като полето е *фундаментално* за класическата електродинамика понятие), но те “набиват” в съзнанието **обективното съществуване** на две полета – електрично и магнитно. Именно това е погрешното, причината за появата на привидни парадокси. Всъщност **обективната реалност, материалният обект е един – електромагнитното поле.** Ако се има това предвид, в описаните по-горе ситуации няма нищо парадоксално. И за разбирането на това може да се използва аналогията с някой добре познат на учениците случай.

Подходящ пример в случая е движението по наклонена равнина. Когато движението се разглежда спрямо координатна система, една от осите на която е успоредна на равнината, скоростта на тялото има само една ненулева компонента (например  $\vec{v} = (v, 0)$ ), а когато се разглежда спрямо система, чиито координатни оси са съответно хоризонтална и вертикална, различни от нула са и двете компоненти на скоростта ( $\vec{v} = (v_x, v_y)$ ). Когато изучават въпроса за електромагнитното поле, учениците вече така са свикнали с този факт, че никому няма да хрумне да смята, че във втория случай става дума за две величини –  $v_x$  и  $v_y$ . Аналогията, върху която искаме да обърнем внимание тук, е следната: **така, както в случая двете компоненти на скоростта се разглеждат като две характеристики на един единствен обект – вектора на скоростта на тялото, така интензитетът на електричното поле  $E$  и индукцията на магнитното поле  $B$  представляват две характеристики на един единен физичен обект – електромагнитното поле.** От тази гледна точка вече фактът, че в някои случаи една от тези характеристики за някои наблюдатели може да бъде нула, не изглежда странен – обектът електромагнитно поле съществува за всички наблюдатели,

<sup>1</sup> Физика, 6, 1993, с. 54–55.

но за различните наблюдатели характеристиките му са различни, в това число някои от тях може да бъдат нула.

Както всяка аналогия обаче, и тази не е пълна. Така например в механичния случай е възможно винаги да се намери координатна система, според която скоростта има само една ненулева компонента (да не говорим за тривиалния случай – съществува и система, в която скоростта на хлъзгащото се тяло е нула!), докато в случая с полето не е така. Доказва се например, че ако в една инерциална отправна система е изпълнено неравенството  $E^2 < c^2 B^2$ , то е изпълнено и във всяка друга инерциална отправна система. В този случай има системи, в които няма електрично поле, т.е.  $E = 0$  – такъв е случаят, в който източникът на полето е неподвижен постоянен магнит. В другия случай, когато е изпълнено обратното неравенство, съществуват системи, в които полето е само електрично (случаят на неподвижен заряд). Когато пък е изпълнено условието  $E^2 = c^2 B^2$ , във всяка инерциална система са различни от нула и двете характеристики на електромагнитното поле, т.е. не може да се елиминира нито електричното, нито магнитното поле. Пример за поле от последния вид е това на плоската електромагнитна вълна.

И така, електромагнитното поле е единен обект, който се характеризира с два вектора –  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , и от тази гледна точка фактът, че някоя от съставлящите на тези вектори или въобще един от тях за някои наблюдатели е нула е напълно естествен. Може би е интересно да се отбележи, че в специалната теория на относителността единството на електромагнитното поле се манифестира още по-ясно, защото там то се характеризира не с два вектора, а с един единствен антисиметричен тензор от втори ранг, който има шест независими компоненти (разбира си, толкова, колкото са независимите компоненти на  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ ) – тензорът на електромагнитното поле. Тези 6 компоненти са отново компонентите на  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , но разположени по такъв начин в матрицата на тензора, че при преход между две отправни системи да се трансформират точно така, както се полага на компонентите на един тензор.

И така, може би не заслужава да наблягаме толкова силно върху обективността, материалността и пр. на електричното и на магнитното поле поотделно, за да спестим трудностите, които възникват при разглеждане на електромагнитните явления спрямо различни отправни системи. По-добре да оставим това за момента, когато стигнем до извода, че двете полета не са независими едно от друго и, че в действителност имаме работа с един единствен физичен обект – електромагнитното поле. А това става в урока за електромагнитна индукция.