

Възможно ли е $Q \neq CU$?

Връзката между заряда Q , напрежението U и капацитета C на един кондензатор се изучава в 9. клас. Въпреки, че определението за кондензатор в учебниците е достатъчно общо, ограниченото учебно време пречи на излизането извън тесните рамки на понятието *плосък* кондензатор. Затова е полезно преди да коментираме въпроса за капацитет на кондензатор, образуван от два произволни по форма проводника, да се спрем на трите съществени условия, които трябва да бъдат изпълнени, за да можем въобще да говорим за кондензатор:

- а) всеки кондензатор се състои от два изолирани помежду си проводника;
- б) проводниците носят равни по големина и с противоположен знак заряди, като положителният наричаме заряд на кондензатора Q ;
- в) зарядите на проводниците не взаимодействат с други заряди.

Необходимостта от първото условие е очевидна. Подобно е положението и с второто – ако големините на зарядите на проводниците са $|Q_1|$ и $|Q_2|$ и $|Q_1| \neq |Q_2|$, не е ясно кой от тях трябва да наречем заряд на кондензатора.

По-различно обаче е положението с третото условие. За да се осмисли неговото значение е подходящо да се коментира следната задача:

Задача. Възможно ли е между два изолирани проводника:

- а) да съществува напрежение, без да са заредени (т.е., възможно ли е при $Q = 0$ да имаме $U \neq 0$)?
- б) напрежението да е нула, въпреки че са заредени (т.е., възможно ли е при $Q \neq 0$ да имаме $U = 0$)?

Предварителни бележки. За разбиране отговора на първия въпрос е необходимо да припомним, че обикновено под *незареден* проводник разбираме проводник, чиито *общ* заряд е нула. Това не означава обаче, че локално, т.е. във всяка малка околност на точките от проводника, положителните и отрицателните заряди се компенсират. Така например, когато поставим незареден проводник във външно поле, свободните електрони в него се разместват така, че в различните точки от повърхността му се **индуцират** разноименни заряди: въпреки че остава като цяло незареден, такъв проводник създава електрично поле.

Отговорът на втория въпрос се опира на едно твърдение, което не се формулира в явен вид в учебниците, но до смисъла на което би трябвало да стигне всеки ученик, вникнал в същността на връзката *източници на полето – характеристики на полето*:

Разположението на електричните заряди определя по единствен начин характеристиките на полето и обратно: познаването на характеристиките на полето дава възможност да се определи разположението на неговите източници – зарядите.

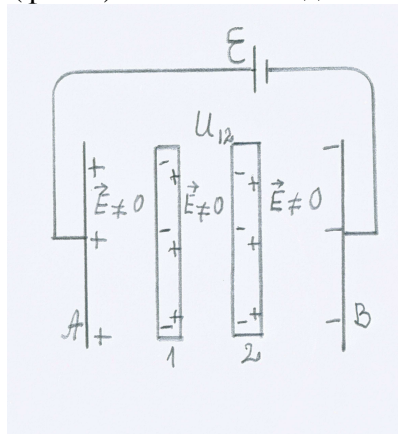
(За по-изкушените в използваната от математиците терминология твърдението може да се изкаже и по-кратко: между разположението на източниците на полето и неговите характеристики съществува едно-еднозначно съответствие.)

Важно следствие от изказаното твърдение е следното:

Всяка промяна в една електростатична система, която не засяга разположението на зарядите, не влияе на характеристиките на полето (интензитет, потенциал, напрежение).

Решение. Отговорът и на двата въпроса е утвърдителен.

А) Представете си, че вкараме две **незаредени** метални пластинки 1 и 2 в пространството между електродите *A* и *B* на зареден плосък кондензатор, успоредно на самите електроди (фиг. 1). Полето в кондензатора индуцира по повърх-



Фиг. 1.

ностите на пластинките заряди с равни големина и противоположни знаци така, че общото поле вътре във всяка пластинка е нула. Така фактически получаваме система от **три** заредени, последователно свързани плоски кондензатора. Очевидно е, че въпреки че общият заряд на всеки от проводниците “1” и “2” е нула, напрежение между тях има – това е напрежението U_{12} на средния от трите кондензатора. С други думи проводниците “1” и “2” са пример за система от два незаредени проводника (за всеки от тях $Q = 0$), между които съществува напрежение ($U \neq 0$).

За да разберем защо и отговорът на втория въпрос е утвърдителен да си представим, че с помощта на тънка жичка свържем пластинките “1” и “2”. Разноименните заряди от обърнатите една срещу друга страни на пластинките се компенсират взаимно и остават разноименните заряди върху срещуположните им страни. (В случая получаваме система от **два** последователно свързани кондензатора.) И тъй като съединените пластинки представляват всъщност един проводник, неговата повърхност е екипотенциална – напрежение между проводниците “1” и “2” няма. Ако след това премахнем жичката, разпределението на зарядите не се променя. По силата на формулираното по-горе следствие заключаваме, че и характеристиките на полето не се променят – налице са два проводника, заредени с еднакви по големина и противоположни по знак заряди, т.е. $Q \neq 0$, а в същото време напрежението между тях е $U = 0$.

Така и в двата случая равенството $Q = CU$ не е изпълнено. Причината е една и съща: нарушено е третото необходимо условие, за да образуват два проводника кондензатор: техните заряди взаимодействат с други заряди – в случая със зарядите на плоския кондензатор.

Тема за размисъл. В първия случай, когато системата се състои от **три** последователно свързани кондензатора, ЕДН \mathcal{E} на източника е сбор от напреженията на трите кондензатора. Във втория случай, когато средният кондензатор липсва, същото \mathcal{E} е сума от напреженията на двата крайни кондензатора, които напрежения следователно не са равни на напреженията от първия случай. Какъв процес е про-

текъл при свързване на пластините "1" и "2" (освен компенсацията на разноименните заряди, разположени върху обрънатите една срещу друга техни страни) и коя причина го е предизвикала?

Повече сведения по разглежданите въпроси, както и интересни примери (например за напрежението между две успоредни метални пластинки, от които едната заредена, а другата – незаредена) читателят може да намери в статията на В. В. Можаяев *Конденсаторы с "избыточным" зарядом пластин*, поместена в сп. **Квант**, кн. 10, 1987, с. 53.