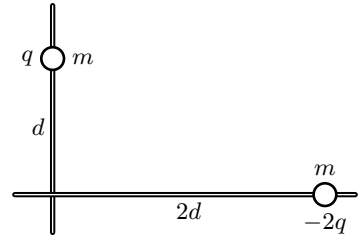


16. ročník, úloha V. 3 ... elektrický minigolf (3 body; průměr 2,20; řešilo 20 studentů)

Mějme dvě na sebe kolmé nevodivé tyče a na nich nabitě kuličky (viz obr. 1), které se po nich mohou po tyčích volně pohybovat. Kuličky mají stejnou hmotnost m a náboje q a $-2q$. Na počátku jsou v klidu a jejich vzdálenost od průsečíku tyčí je d a $2d$. Určete, kde se bude nacházet druhá kulička v okamžiku, když první dosáhne průsečíku tyčí.

Uvedeme zde dva způsoby řešení. V prvním odvodíme, že v soustavě spojené s jedním z nábojů výsledná síla působí ve směru jejich spojnice. V druhém odvodíme, že poměr vzdáleností nábojů od středu se nemění. Z obou těchto faktů ihned plyne, že náboje se srazí uprostřed.

- a) V klidové soustavě na oba náboje působí elektrostatická síla F_e ve směru ke druhému náboji (o velikosti dané Coulombovým zákonem) a reakce tyčky ve směru kolmém na tyčku (o velikosti takové, aby výslednice síly na jeden náboj působila ve směru tyčky). Reakci na náboj q označme F_1 , na druhý F_2 . Důležité si je uvědomit, že celková síla působící na druhý náboj je stejná jako F_1 , je to díky kolmosti tyček a toho, že elektrostatické síly jsou velikostí stejné a směrem opačné. Když se nyní přesuneme do soustavy spojené s druhým nábojem, musíme zavést setrvačnou síly rovnou $-F_1$, tedy v této soustavě bude na první náboj působit pouze F_e ve směru na druhý náboj. Což jsme chtěli ukázat. Pokud se ztrácíte v tom, která síla je která, nakreslete si obrázek.
- b) Z podobnosti trojúhelníků víme, že na začátku pro velikosti sil platí $2F_2 = F_1$, kde F_1 je reakce na první náboj a také velikost výsledné síly působící na druhý náboj a vice versa. Tedy na první náboj na začátku působí poloviční celková síla než na druhý. Jelikož náboje mají stejnou hmotu, je i zrychlení prvního poloviční než druhého. Díky nulové počáteční rychlosti a tomu, že dráha je druhá derivace zrychlení, je i dráha prvního náboje za elementárně malý čas poloviční. Stejně tak by tvrzení o drahách platilo, pokud by počáteční rychlost prvního náboje byla poloviční než u druhého. Tedy za elementárně malý čas se systém dostane do stavu, ve kterém je poměr vzdáleností nábojů od středu stejný jako na začátku. Tedy se poměr nezmění během celého pohybu. Což jsme chtěli ukázat.



Obr. 1. Náboje na tyčích

Miro Kladiwa & Lenka Zdeborová

miro@fykos.mff.cuni.cz, lenka@fykos.mff.cuni.cz