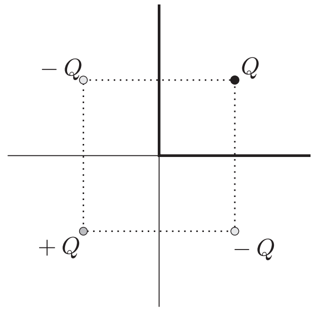
A derékszögben meghajlított nagyméretű („végtelen” nagynak tekinthető) fémlap hatása olyan, mintha a Q töltésnek a két síkra vonatkoztatott tükörképénél lenne egy-egy $-Q$ töltésű, a sarokra vonatkoztatott tükörképnél pedig egy $+Q$ töltésű kicsiny test (*1. ábra*). (A fémlap mentén a négy töltés eredő potenciálja, amely egymást páronként kiejtő tagok összegeként áll elő, azonosan nulla, vagyis állandó. Ez a feltétel, amely az elektrosztatikában fémekre mindig igaz, a „kétszeresen tükrözött” pontba helyezett $+Q$ töltés nélkül nyilván nem teljesülne.)



1. ábra

a) A testre ható eredő erő a három tükörtöltés által kifejtett $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$ és $\mathbf{F}_3$ erő vektori összege (*2. ábra*), ahol

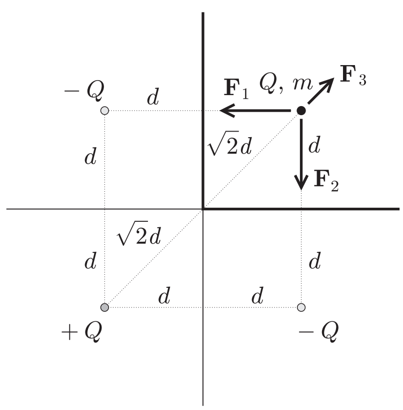
$$|\mathbf{F}_1| = |\mathbf{F}_2| = k\frac{Q^2}{(2d)^2}, \qquad |\mathbf{F}_3| = k\frac{Q^2}{\left(2\sqrt{2}d\right)^2}.$$

Ez az eredő erő az elrendezés szimmetriatengelye mentén hat (vagyis a fémlemez hajlata felé mutat), és a nagysága határozza meg a test kezdeti a gyorsulását:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}F_1 + \frac{1}{\sqrt{2}}F_2 - F_3 = k\frac{Q^2}{8d^2}\left(2\sqrt{2}-1\right) = ma,$$

ahonnan

$$a = \frac{2\sqrt{2}-1}{8}\,\frac{kQ^2}{md^2} \approx 0{,}23\,\frac{kQ^2}{md^2}.$$



2. ábra

b) A test a fémlemez hajlata felé gyorsul, tehát az egyes lemezektől mért távolsága minden pillanatban megegyezik. Jelöljük ezt a távolságot x-szel! A testre ható eredő erő minden pillanatban a kezdeti erőhöz hasonlóan számítható. Az eredmény a fenti képlettől csak annyiban különbözik, hogy d helyett x szerepel benne. (Az erőt úgy számíthatjuk ki, hogy a ténylegesen mozgó testtel együtt mozgónak képzeljük el a „virtuális” tükörtöltéseket is.)

Az eredő erő $F(x)$ nagyságának ismeretében a test sebességét a *munkatétel* segítségével számíthatjuk ki. Az erő munkáját (amely megadja a test mozgási energiájának megváltozását) pl. integrálszámítással határozhatjuk meg:

$$\frac{1}{2}mv^2 = W = -\int_d^{d/2} F(x)\,\sqrt{2}dx = kQ^2\,\sqrt{2}\frac{2\sqrt{2}-1}{8}\int_{d/2}^{d}\frac{1}{x^2}\,dx = \frac{4-\sqrt{2}}{8}\,\frac{kQ^2}{d}.$$

Innen a test sebessége

$$v = \sqrt{\left(1-\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)\frac{kQ^2}{md}} \approx 0{,}8\sqrt{\frac{kQ^2}{md}}.$$

Elemi úton, integrálszámítás nélkül is meghatározhatjuk a test sebességét a kérdéses pontban. Képzeljük el, hogy a kezdőpillanatban vizsgált testtel azonos tömegű és az *1. ábrán* látható töltésű valódi testeket helyezünk a tükörtöltéseknek megfelelő pontokba, majd a rendszert magára hagyjuk. Ekkor mind a négy test ugyanolyan módon fog gyorsulni, tehát a rendszer a mozgása során megőrzi a négyzet alakot és a négy test sebességének nagysága minden pillanatban egymással megegyező lesz. A rendszer *teljes* energiája – vagyis a 4 test mozgási energiájának és a 6 töltéspár elektrosztatikus kölcsönhatási energiájának összege – a mozgás során változatlan marad:

$$-4k\frac{Q^2}{2d}+2k\frac{Q^2}{2\sqrt{2}d}=4\cdot\frac{mv^2}{2}-4k\frac{Q^2}{2(d/2)}+2k\frac{Q^2}{2\sqrt{2}(d/2)}.$$

Innen a sebességet kifejezve a korábbival megegyező kifejezést kapunk.

Megjegyzés. Nagyon lényeges, hogy a rendszer potenciális energiájának csökkenését ne csupán a ténylegesen mozgó (valódi) test mozgási energia-változásával tegyük egyenlővé, hanem a (ténylegesen nem létező, mindössze a számítást megkönnyítő) tükörtöltések helyén mozgó (virtuális) testek mozgási energiáját is figyelembe vegyük. Ennek elmulasztása láthatóan hibás eredményre vezetne.