

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \oint (\varepsilon V \mathbf{E}) \cdot d\mathbf{S} + \frac{1}{2} \int (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}) d\tau = \\
 &= \int \frac{\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}}{2} d\tau
 \end{aligned} \tag{3}$$

Podľa tohto výsledku hustota energie v elektrickom poli je

$$u_e = \frac{\mathbf{E} \cdot \mathbf{D}}{2} \tag{4}$$

Pri odvodzovaní vzorca (3) sme objemový integrál  $\frac{1}{2} \int \nabla \cdot (V\mathbf{D}) d\tau$  podľa Gaussovej vety vektorového počtu nahradili najprv plošným integrálom  $\frac{1}{2} \oint \varepsilon V \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$ , vzťahujúcim sa na povrch gule s nekonečne veľkým polomerom  $r$ . Ten sme však potom vynechali na základe tejto úvahy: Na povrchu takejto gule, ktorá obklopuje všetky zdroje poľa, potenciál aj intenzita elektrického poľa sú nekonečne malé veličiny rádu  $\frac{1}{r}$ , resp.  $\frac{1}{r^2}$ . Ich súčin je teda nekonečne malá veličina rádu  $\frac{1}{r^3}$ . Súčin  $(VE)(4\pi r^2)$  je preto nekonečne malá veličina rádu  $\frac{1}{r}$ , čiže sa rovná nule.

**1.15. Absolútny elektrometer.** Zo všetkých elektrostatických meraní najdôležitejšie je meranie elektrického napätia, t. j. rozdielu potenciálov v dvoch rôznych bodoch poľa, v elektrostatike najčastejšie rozdielu potenciálov dvoch od seba izolovaných vodičov. Používajú sa na to rôzne elektrometre, ktorých konštrukcia je závislá od požadovanej citlivosti, presnosti a od veľkosti meračných napätí. Ich stupnice, keď ide o prístroje pre väčšie napätia, sa graduujú pomocou *Thomsonovho absolútneho elektrometra*.

Medzi doskami doskového kondenzátora, keď medzi nimi je vzduch, je elektrické pole intenzity  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon S}$ , kde  $Q$  je náboj na kladnej doske kondenzátora,  $S$  plocha dosák a  $\varepsilon \doteq \varepsilon_0$  dielektrická permitivita vzduchu. Jedna z obidvoch dosák nabitého kondenzátora, napríklad doska záporná, prispieva k intenzite poľa jej polovičnou hodnotou  $\frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$ . Pod účinkom len tejto časti celkovej intenzity poľa sa nachádza náboj prítomný na druhej doske, takže na dosku kondenzátora pôsobí sila

$$f = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} Q = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\sigma^2 S^2}{2\varepsilon_0 S} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} S = \frac{\varepsilon_0 u^2}{2d^2} S$$

kde  $d$  je vzájomná vzdialenosť dosák a  $u$  napätie na nich. S ohľadom na vzorec (1.14.4) je tiež

$$f = \frac{DES}{2} \quad (1)$$

Keď teda zmeriame silu  $f$ , môžeme vypočítať napätie  $u$  na kondenzátore a tým aj na paralelne pripojenom graduovanom elektrometri, pomocou vzorca

$$u = d \sqrt{\frac{2f}{\epsilon_0 S}} \quad (2)$$

**1.16. Millikanova metóda určenia náboja elektrónu.** Predstavme si, že mikroskopická kvapôčka nejakej kvapaliny, na ktorej je elektrický náboj  $+q$ , sa nachádza medzi vodorovnými doskami rovinného kondenzátora. Keď horná doska kondenzátora je nabitá záporne a dolná kladne, na kvapôčku účinkujú dve sily: jej hmotnosť  $p$ , sila smerujúca dolu, a elektrická sila opačného smeru  $qE$ .

Pri vhodnej veľkosti intenzity elektrického poľa  $E = \frac{u}{d}$ , kde  $u$  je napätie na kondenzátore a  $d$  jeho hrúbka, obidve tieto sily sú rovnako veľké. V tomto prípade sa kvapôčka vznáša medzi doskami kondenzátora a je splnená rovnica

$$p = q \frac{u}{d}$$

z ktorej pre náboj  $q$  vychodí:

$$q = \frac{pd}{u} \quad (a)$$

V tomto vzorci hmotnosť kvapôčky  $p$  vo vzduchu môžeme vyjadriť pomocou mernej hmotnosti  $s$  jej látky, mernej hmotnosti vzduchu  $\sigma$  a polomeru kvapôčky  $r$ .

$$p = \frac{4}{3} \pi r^3 (s - \sigma) g \quad (b)$$

Polomer  $r$  sa určí najlepšie z rýchlosti  $v$  voľného klesania kvapôčky za účinku len jej vlastnej hmotnosti (teda pri vyradenom elektrickom poli), ktorá vyplýva zo Stokesovho vzorca  $p = 6\pi\eta r v$ ,

$$v = \frac{p}{6\pi\eta r} = \frac{2}{9} \frac{r^2 (s - \sigma) g}{\eta} \quad (c)$$

kde  $\eta$  je koeficient viskozity vzduchu.

Vzorec (a) spolu so vzorcami (b) a (c) umožňuje zmerať aj veľmi malé elektrické náboje. Keď napríklad polomer mikroskopickej kvapôčky je  $r = 10^{-4}$  cm a jej merná hmotnosť  $s = 1$  g/cm<sup>3</sup> (mernú hmotnosť vzduchu pri