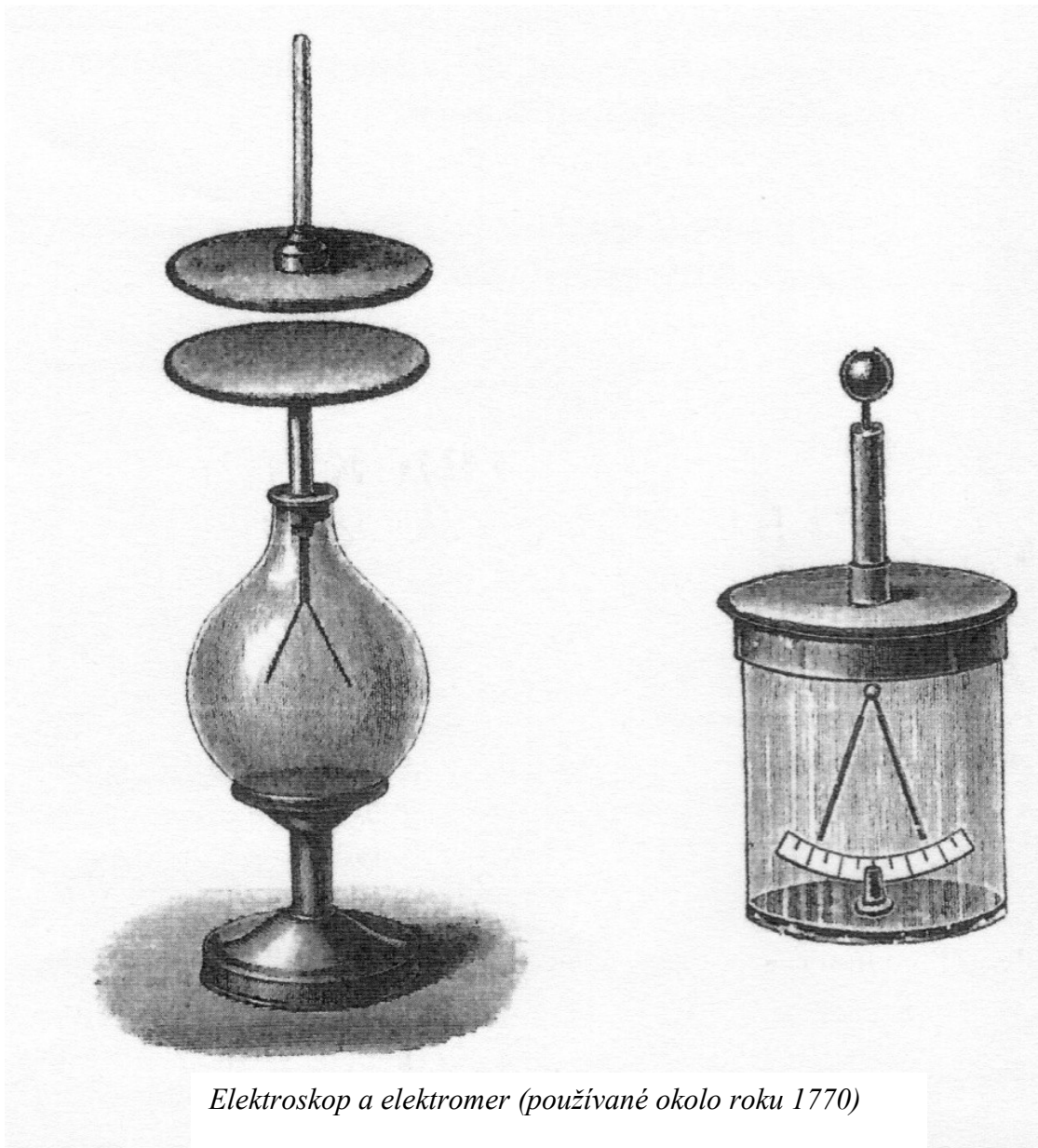


HISTÓRIA ELEKTRICKÝCH MERACÍCH PRÍSTROJOV

Klasické meracie prístroje používali najskôr princípy elektrostatiky, potom využívali Oerstedov objav o pôsobení el. prúdu na magnetku a napokon Ampérove poznatky o sile, ktorá pôsobí na vodič prúdu.

1. Elektrostatické meracie prístroje - využívajú vzťah $Q = CU$.

Elektroskop a elektromer - používali zlaté alebo hliníkové fólie. Ich výchylka daná coulombovskými silami meria náboj, a teda nepriamo napätie (slúžili fakticky ako voltmetre).

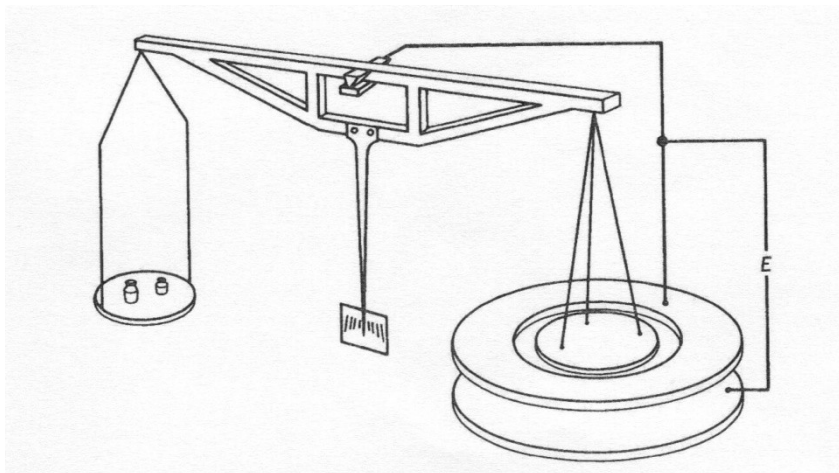


Elektroskop a elektromer (používané okolo roku 1770)

Kelvinova elektrostatická váha má na jednej strane dve elektródy v tvare kruhových platní. Sila medzi platňami je daná vzťahom

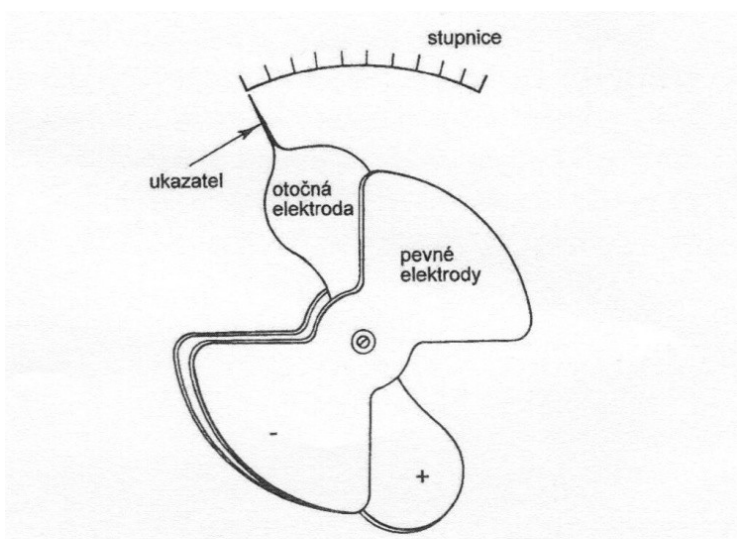
$$F = k U^2 \quad U \text{ je napätie na platniach}$$

Táto sila je vyvažovaná závažiami na druhej strane váhy. Je to tzv. absolútne meradlo a nemusí byť kalibrované pomocou iného voltmetra.



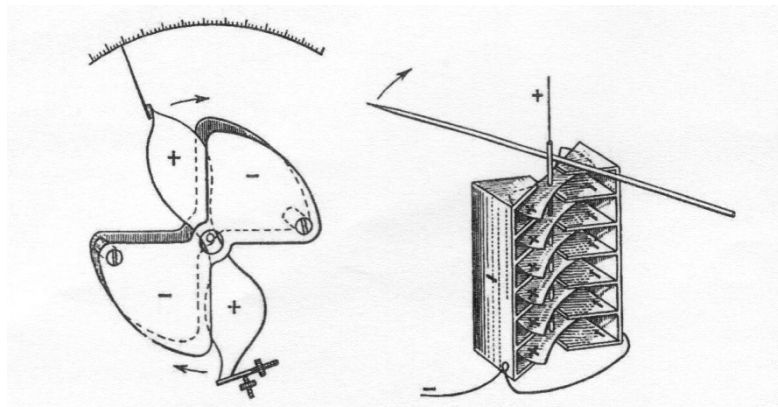
Kelvinova elektrostatická váha z roku 1853, tzv. absolútny elektrostatický voltmeter

Lord Kelvin (vlastné meno W. Thomson) vytvoril celý rad meracích prístrojov. Napr. **elektrostatický voltmeter** pozostáva z dvoch pevných, zvislo umiestnených štvrtkruhových elektród, medzi ktoré sa otočne zasúva tretia elektróda. Pripojením napätia sa otočná elektróda zasúva medzi pevné elektródy. Tento prístroj dokázal merať až napätia 10 000 V!



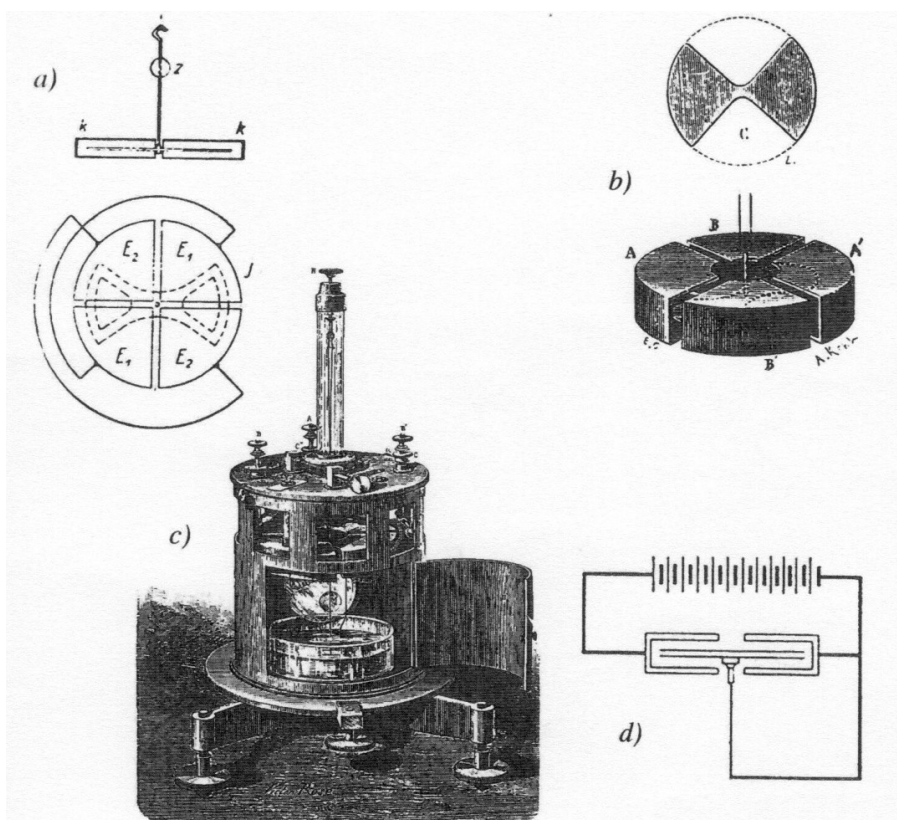
Kelvinov elektrostatický voltmeter z roku 1887

Citlivosť voltmetra neskôr W. Thomson zvýšil zväčšením počtu otočných elektród a otočný systém bol zavesený na vlákne. Kvôli odtieneniu vonkajšieho rušenia sa systém vkladal do kovového puzdra. Tento **multicelulárny voltmeter** mal rozsah napr. 300 V.



Kelvinov multicelulárny voltmeter

Veľmi citlivý voltmeter bol **Kelvinov kvadrantový elektrometer**. Nízka valcová krabica bola rozdelená na 4 kvadranty. Vnútri krabice bola zavesená na tenkom kovovom vlákne elektróda z Al-fólie, tzv. ihla. Na vlákne bolo tiež umiestnené malé ľahké zrkadlo, ktoré odrážalo svetelný lúč na stupnicu - odčítal sa uhol vychýlenia ihly.



Tzv. idiostatické zapojenie umožňovalo merať aj striedavé napätia. Kvadrantový elektrometer možno použiť i na meranie elektrického výkonu.

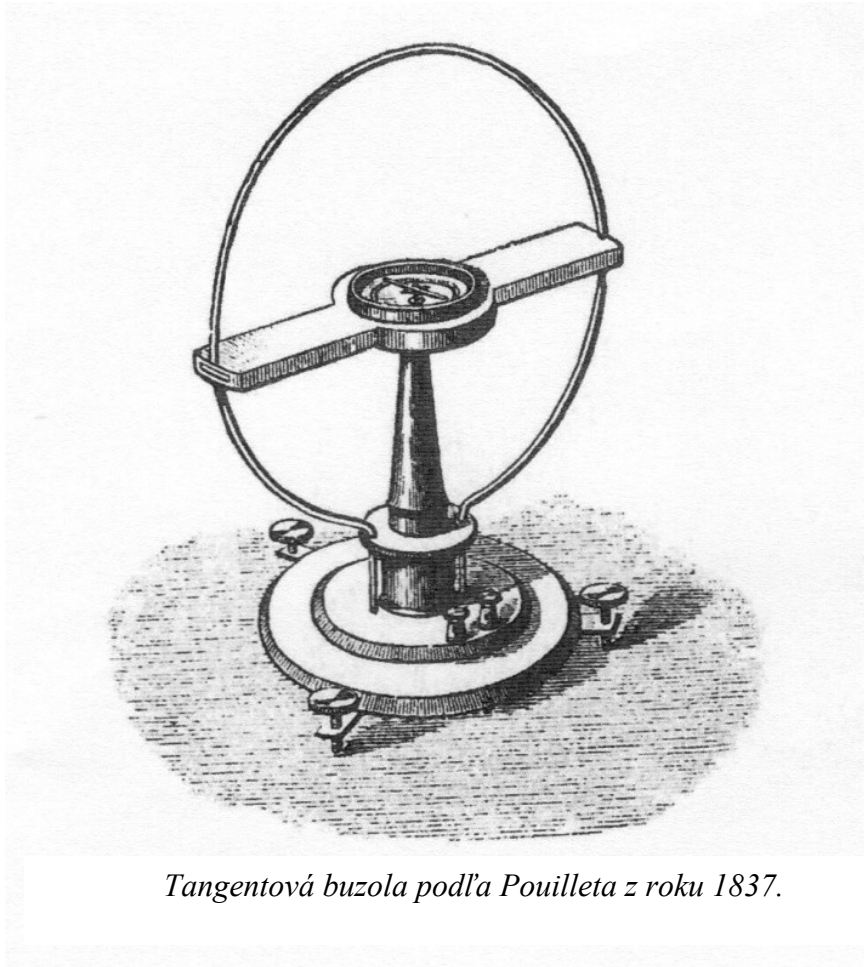
Kelvinov kvadrantový elektrometer z roku 1867. a) schéma zariadenia b) pevné elektródy a ihla c) celkový pohľad na elektrometer d) idiostatické zapojenie

2. Elektromagnetické meracie prístroje

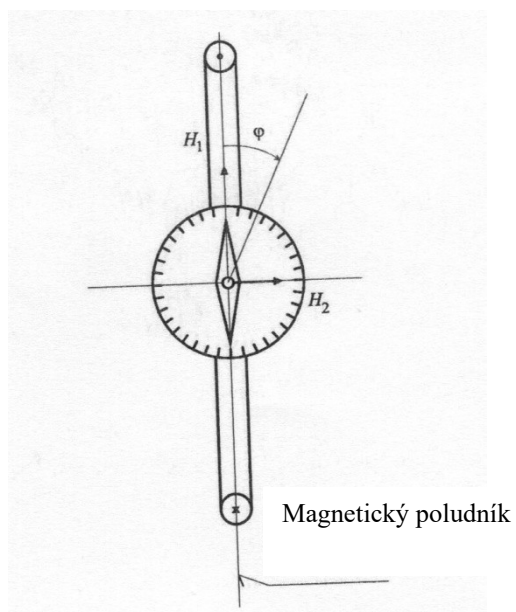
Využívali účinky elektrického prúdu na magnetku - boli to teda **ampérmetre**. Rovina závitů sa musela natočiť v smere zemského magnetického poludníka. Prúd v závitě vytvára magnetické pole a magnetka sa vychýli do smeru výsledného magnetického poľa. Pre meraný prúd platí

$$I = K \operatorname{tg} \varphi$$

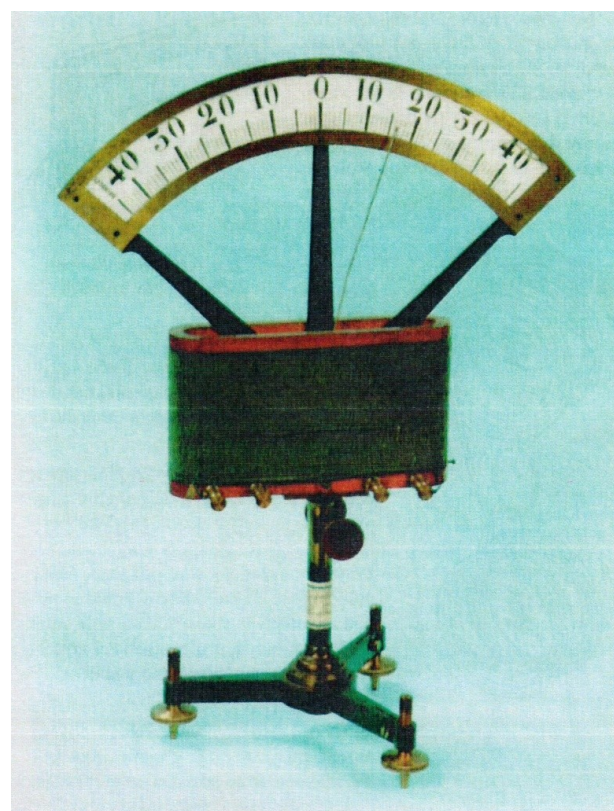
kde φ je uhol výchylky magnetky. Prístroj je však citlivý na okolité zdroje magnetického poľa.



Tangentová buzola podľa Pouilleta z roku 1837.

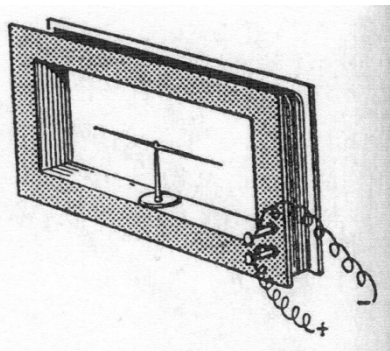


Princíp tangentovej buzoly

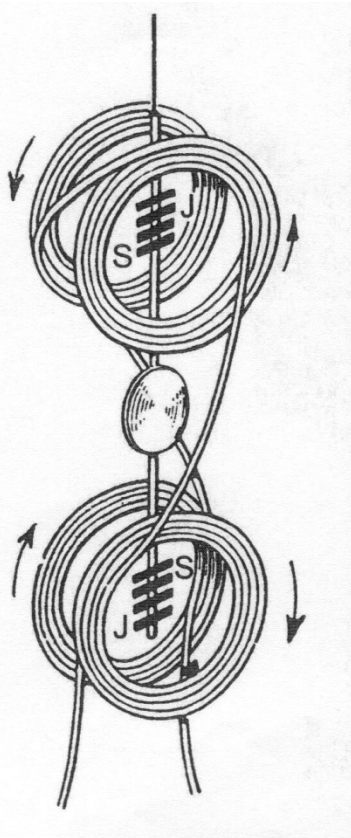


Priklady konštrukcie galvanometra z roku 1853. Používali už veľké množstvo závitov, slúžiacich ako tzv. multiplikátor.

Zvýšenie citlivosti ampérmetra (galvanometra) sa neskôr dosahovalo použitím veľkého množstva závitov - používal sa tzv. **multiplikátor**.



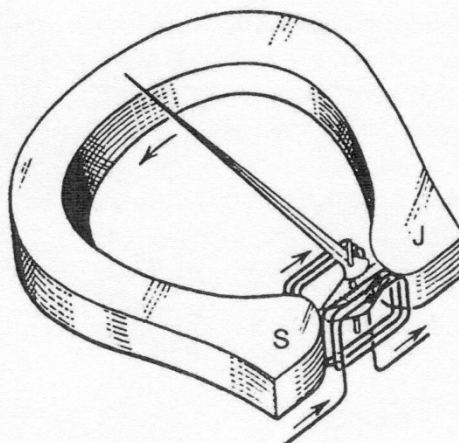
Schweigerov multiplikátor z roku 1821.



Kelvinov astatický galvanometer (1858).

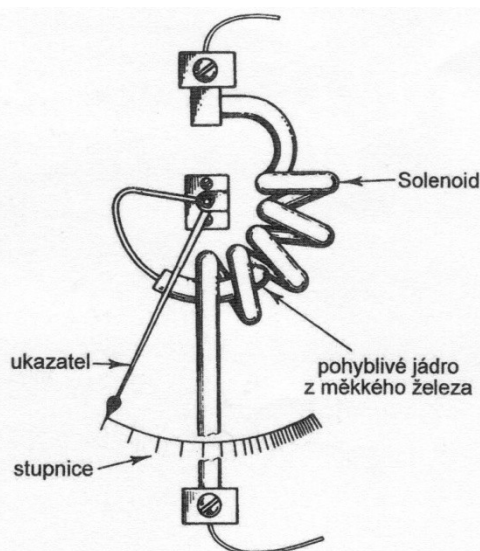
Eliminácia vplyvov okolitých zdrojov magnetického poľa sa riešila konštrukciou **astatického galvanometra**, čo bol tiež nápad lorda Kelvina. Na vlákne sú zavesené dve skupiny štvoríc magnetiek, pričom jedna štvorica mala severný a južný pól umiestnený opačne ako druhá. Každá štvorica sa nachádza v poliach závitov, navinutých v opačnom zmysle a zapojených sériovo, cez ktoré preteká el. prúd. Pre istotu sa systém ešte vkladal do puzdra z feromagnetu (ako magnetické "tienenie").

Ďalším typom bol "**prenosný**" ampérmeter, v ktorom namiesto magnetického poľa Zeme sa uplatňuje vplyv permanentného magnetu, ktorý navyše tieni priestor magnetky. Magnetka sa otáča v poli závitov cievok, cez ktoré tečie meraný prúd.



Prenosný ampérmeter s otočnou magnetkou, navrhnutý Ayrtonom a Perrym v roku 1879.

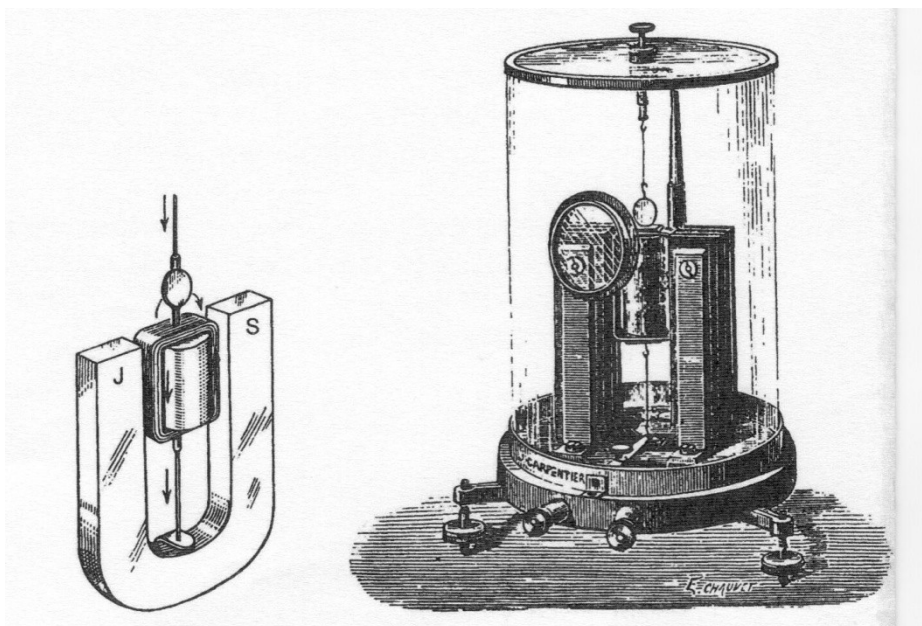
Ďalšou konštrukčnou úpravou bola **náhrada magnetky feromagnetickým valčekom (pohyblivé jadro)**, ktorý je vťahovaný do dutiny cievky (solenoidu), v ktorej tečie meraný prúd.



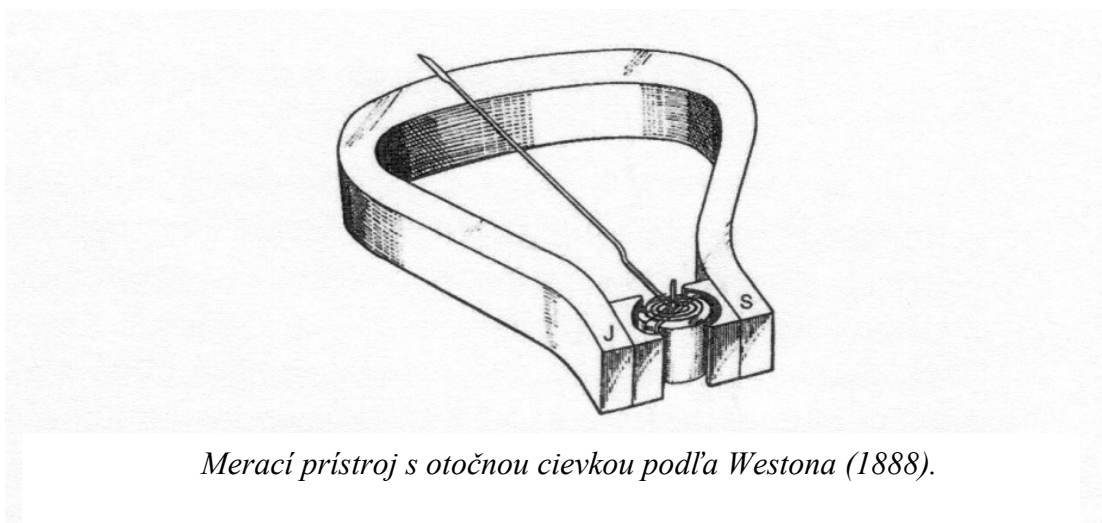
Elektromagnetický ampérmeter podľa Ayrtona a Perryho z roku 1884

3. Meracie prístroje s otočnou cievkou

Ampére a Arago ukázali, že **husto navinutá cievka sa správa rovnako, ako magnetka. V poli permanentného magnetu sa teda môže otáčať namiesto magnetky cievka, obvykle s feromagnetickým jadrom.** Prvý takýto merací prístroj zostrojil v roku 1836 STURGEON. W. THOMSON (lord Kelvin) Sturgeonovu konštrukciu upravil práve tým, že do cievky vložil Fe jadro. **Natočenie cievky sa registruje napr. pomocou svetla, odrázaného od zrkadielka.** D'ARSONVAL zavesil cievku na kovové vlákno. Neskôr WESTON v roku 1888 skonštruoval **presný prístroj s otočnou cievkou a ručičkovým ukazovateľom.**



Prístroj s otočnou cievkou podľa d'Arsonvala z roku 1884



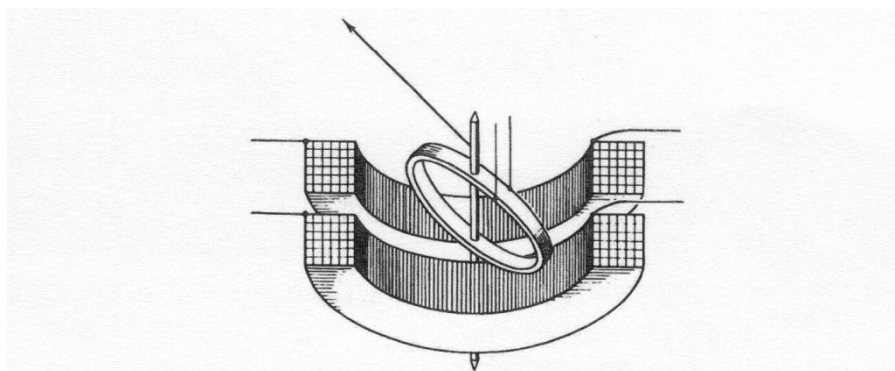
Merací prístroj s otočnou cievkou podľa Westona (1888).

4. Elektrodynamické meracie prístroje

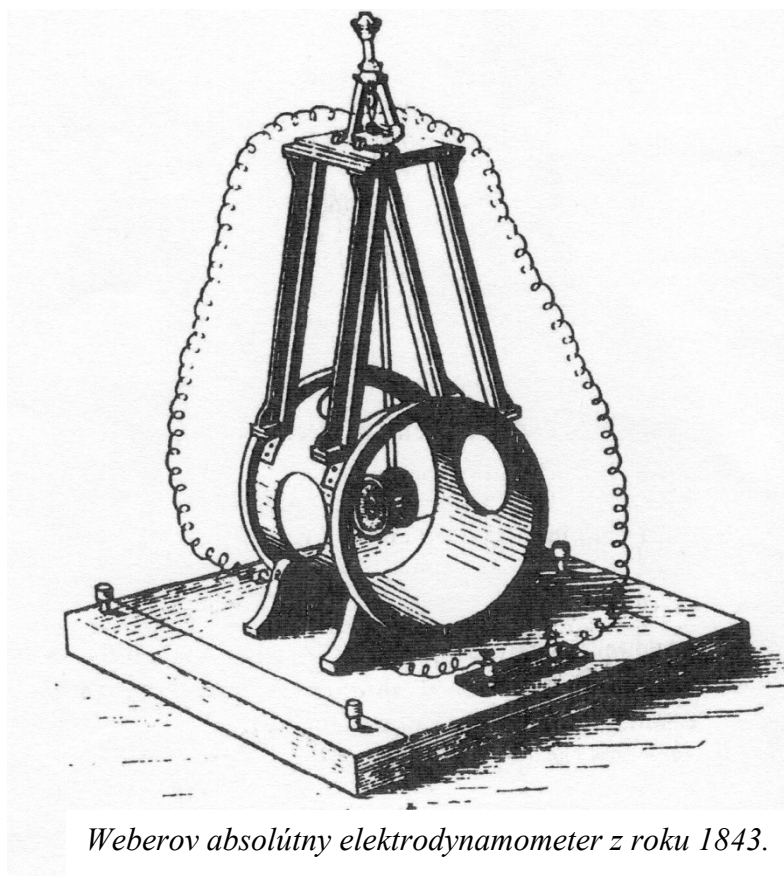
Využívajú **Ampérov zákon o pôsobení síl medzi dvoma vodičmi prúdu**. Obsahujú teda pevnú cievku a otočnú cievku. **To umožňuje systém použiť ako voltmeter, ampérmeter i wattmeter!** Prvým tvorcom elektrodynamického meracieho systému bol WEBER. Medzi dvojicou pevných veľkých cievok je otočne uložená ľahká cievočka, na ktorej je i malé zrkadielko.

Na dolnom obrázku je konkrétna konštrukcia Weberovho **absolútneho elektrodynamometra** z roku 1843.

Dejiny techniky. História elektrických meracích prístrojov.

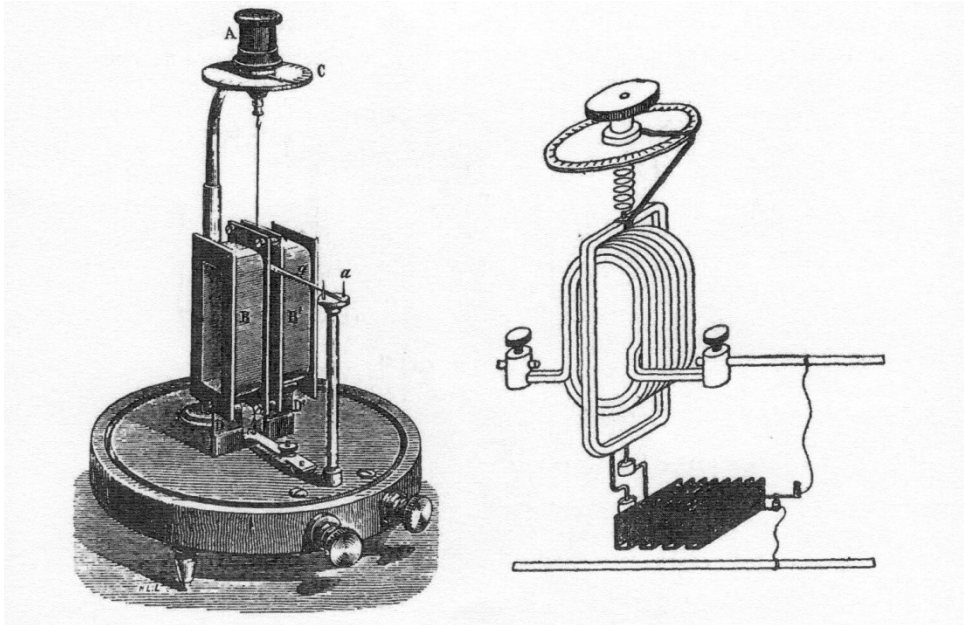


Principiálna konštrukcia elektrodynamického meracieho systému s pevnou a otočnou cievkou.



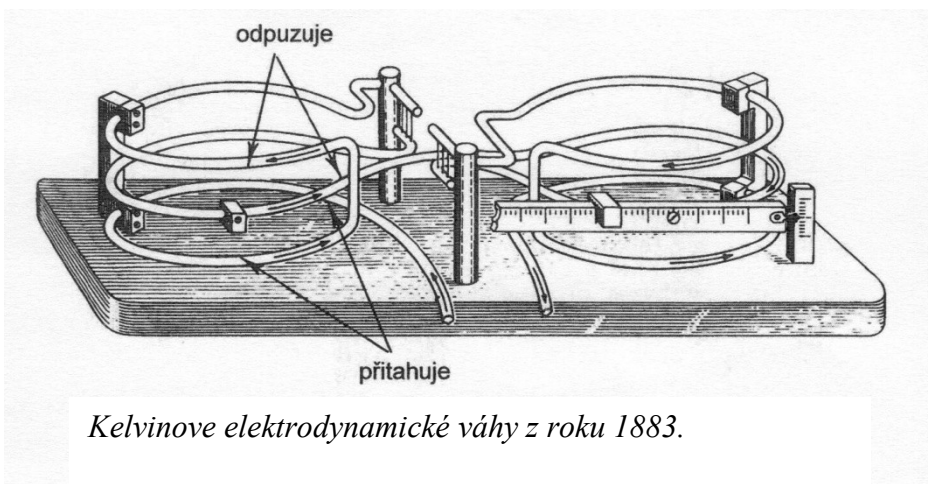
Weberov absolútny elektrodynamometer z roku 1843.

Iné typy konštrukcií majú **torznú hlavicu, na ktorej je upnuté závesné vlákno**. Odčítava sa uhol natočenia torznej hlavice tak, aby otočná cievka prešla do nulovej polohy.



Elektrodynamické meracie prístroje s torznou hlavou. Vľavo systém podľa Carpentiera z roku 1885. Vpravo Siemensov elektrodynamometer s torznou hlavou zapojený ako wattmeter.

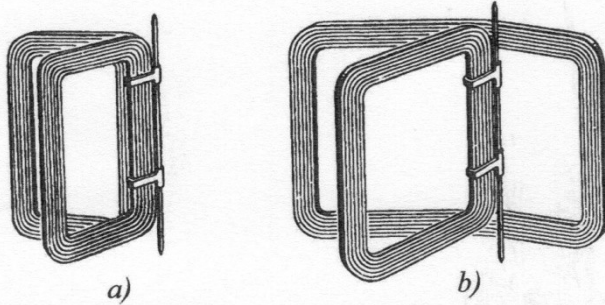
W. THOMSON (lord Kelvin) a R. JOULE zostrojili "**elektrodynamické váhy**", kde sa silové pôsobenie medzi cievkami určuje vážením.



Kelvinove elektrodynamické váhy z roku 1883.

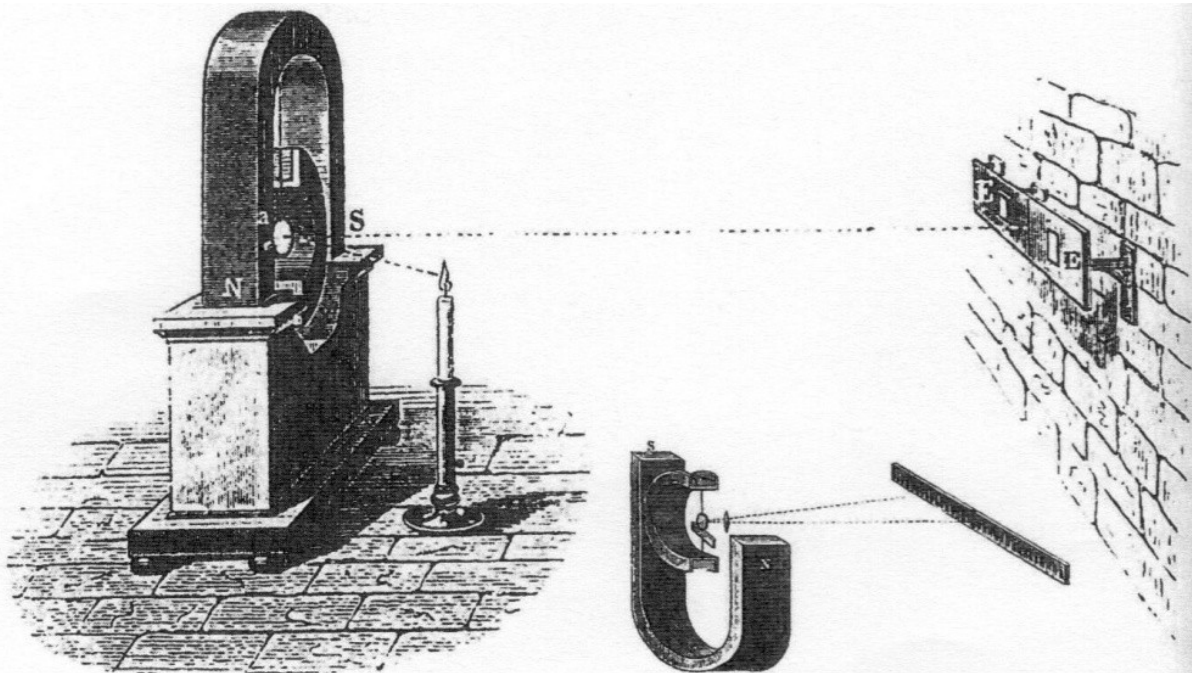
Dejiny techniky. História elektrických meracích prístrojov.

Pretože stupnica elektrodynamických systémov merania bola silne nelineárna, firma Hartmann und Braun vyrábala **prístroje so zvláštnym tvarom pevnej a pohyblivej cievky**. Okrem oblasti blízko nuly bola stupnica takmer lineárna.



Usporiadanie pevnej a pohyblivej cievky firmy Hartmann und Braun z roku 1904.

V prípade telegrafných spojení sa ukázalo najmä v prípade dlhých podmorských káblov, že prenos Morseových signálov v dôsledku veľkej kapacity kábla bol pomalý a skreslený, takže elektromagnetické zapisovacie relé na ich zapisovanie nebolo príliš vhodné. W. Thomson (ktorý sa intenzívne zaoberal kladením podmorských káblov do Ameriky) aj zostrojil na tento účel **citlivý zrkadlový galvanometer**. Jeho meracia časť bola uložená v puzdre zo železného plechu.



"Námorný" zrkadlový galvanometer navrhnutý W. Thomsonom (ktorý neskôr prijal meno lord Kelvin).