

# Wienův filtr

M. Friml<sup>1</sup>, J. Lezna<sup>2</sup>, A. Piklová<sup>3</sup>  
Gymnázium Dobruška<sup>1</sup>, Gymnázium Dr. K. Polesného Znojmo<sup>2</sup>,  
Gymnázium Strakonice<sup>3</sup>  
josef.lezna@gymzn.cz<sup>2</sup>

## Abstrakt:

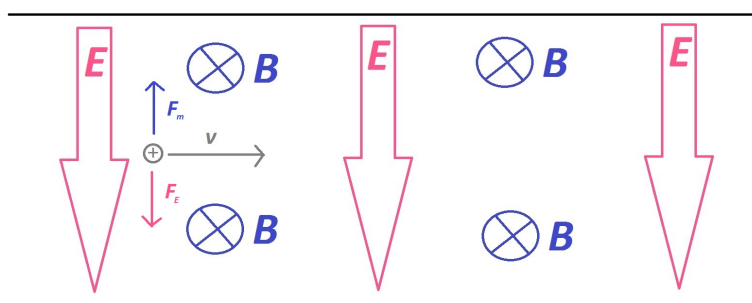
V rámci našeho projektu jsme navrhli Wienův filtr v programu SIMION a seznámili se s jeho fyzikálním a matematickým základem. Následně jsme v něm pozorovali trajektorie nabitých částic. Dle očekávání prolétaly částice s průletovou rychlostí po přímé trajektorii. Trajektorie ostatních částic se lišily podle jejich vlastností.

## 1 Úvod

Wienův filtr (WF) je přístroj, který dokáže oddělit částice na základě rozdílné rychlosti.

Ve WF je magnetické a elektrické pole orientována kolmo na sebe. Částice jsou vpuštěny do filtru ve směru kolmém k čárám obou polí (viz. obr. 1).

Podle Flemingova pravidla levé ruky (pokud magnetické siločáry vstupují do dlaně a natažené prsty ukazují směr pohybu kladné částice, natažený palec ukazuje směr vychýlení



(obr. 1) - Průlet částice elektromagnetickým polem  
částice způsobený magnetickou silou) magnetická síla působí proti síle elektrické.

Síla elektrická působící na nabitou částici nezávisí na rychlosti, ale magnetická síla ano:

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

$$\vec{F}_m = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Na jedné straně filtru je vypouštěna částice a na protější straně je uložen detektor. Aby částice prošla, musí mít takovou rychlost (průletovou rychlost), aby se účinek magnetické síly a elektrické síly vyrušil. Tedy:

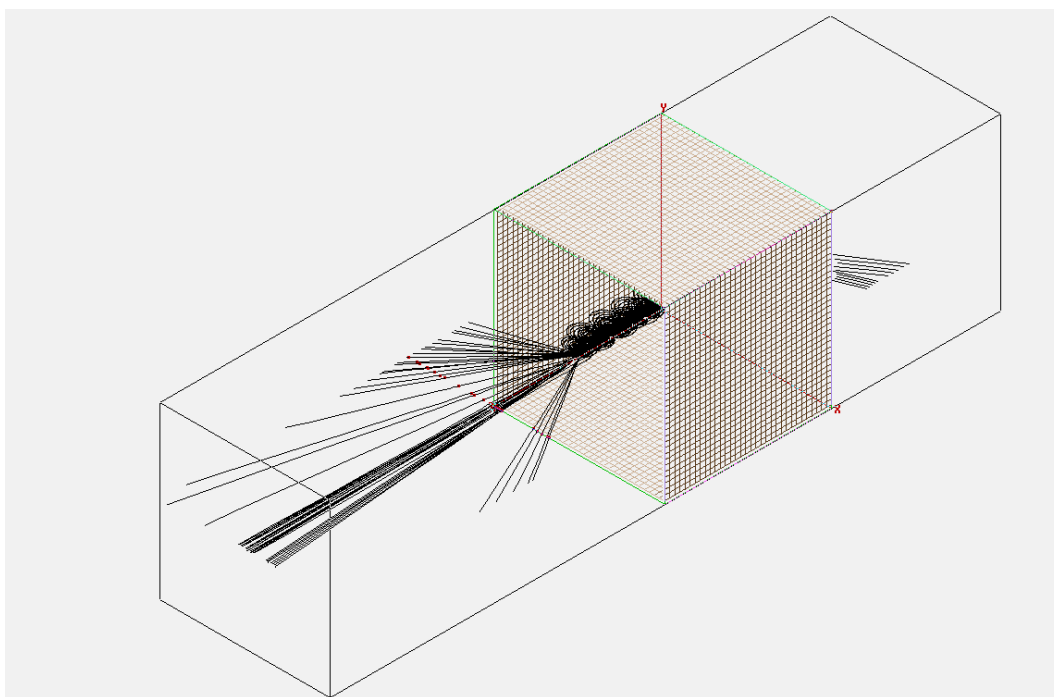
$$\vec{F}_m = \vec{F}_e$$

$$v = \frac{E}{B}$$

Pokud je rychlost jiná, částice neprojde.

## 2 Naše měření

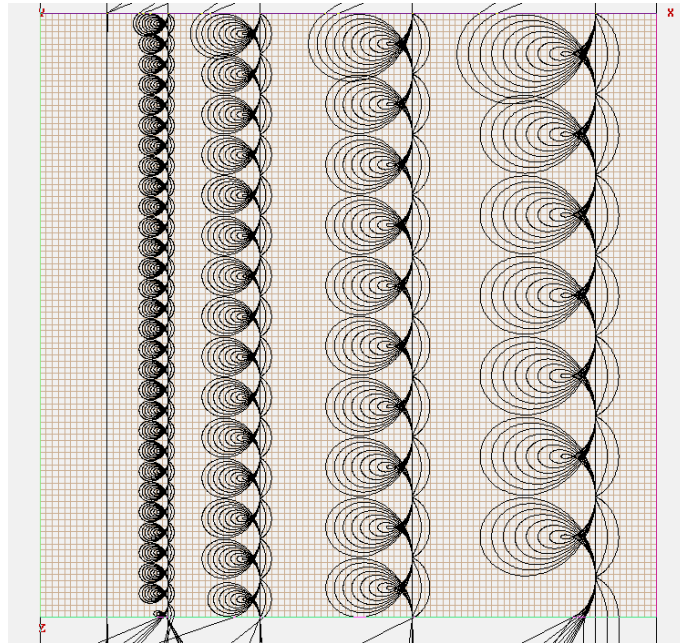
- Postupy:
  - Na začátku jsme si do programu nadefinovali takové magnetické a elektrické pole, aby částice o rychlosti 10 mm/μs proletěla rovně do detektoru.
  - Poté jsme naprogramovali 75 částic. Šlo o pět sérií o různé hmotnostmi (0,00727647 + 0,5n m<sub>u</sub>, n = 0, 1, 2, 3, 4) se vrůstající rychlostí (1 + 4,5n mm/μs, n = 0, 1, 2, ..., 14).
  - Detektor jsme vložili 50 mm za konec filtru (viditelný jako slabá rudá linka na (obr. 2))
- Výsledky:
  - Částice, které se pohybovaly průletovou rychlostí, doletěly podle očekávání po přímce do detektoru.



(obr. 2) - průchod částic Wienovým filtrem

- Ty, které tuto rychlost neměly, se pohybovali po cykloidě. Čím byla částice hmotnější, tím větší byl poloměr kruhové složky pohybu (viz vzorec vedle) a tedy i perioda cykloidy. Čím vyšší byla rychlost částice, tím „prodlouženější“ cykloida byla; na (obr. 3) jsou vpravo od rovných průletových trajektorií trajektorie částic s rychlostí nižší než průletová, vpravo vyšších než průletová. Částice o velmi vysoké rychlosti magnetické pole vyhodilo z filtru ven.

$$F = \frac{mv^2}{R}$$



(obr. 3) - průlet jednotlivých částic s rozdílnými hmotnostmi (různá „svazky“) a rychlostmi (různá „vlákna“)

- Diskuse
  - WF nedokáže (tak, jak jsme jej navrhli) filtrovat úplně dokonale částice s nevyhovující rychlostí. V určité fázi cykloidy je vektor rychlosti částice rovnoběžný se stěnami, a pokud právě v ní částice opustí filtr, zůstane neodfiltrována. Problém by bylo možné vyřešit zeslabením obou polí, aby se fáze trajektorie posouvala pomaleji.

### 3 Shrnutí

WF dokáže velice přesně zachytit částice mimo určenou rychlost, zbylé projdou detektorem přímo. Při jiné rychlosti trajektorií částice není přímka, ale cykloida. Její tvar je možné ovlivnit hmotností a rychlostí částice.

WF má velkou výhodu v tom, že je lehce nastavitelný na téměř jakoukoli rychlost.

## Poděkování

Děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce a pracovníkům Ústavu fyziky plazmatu, kteří nás zasvětili do problematiky a pomohli nám s vypracováním miniprojektu.

## Reference

- 1 Galejs, A., and C. E. Kuyatt. "Focusing and dispersing properties of a stigmatic crossed-field energy analyzer." *Journal of Vacuum Science and Technology* 15.3 (1978): 865-867.
- 2 SIMION (R) (c) 2003-2012 Scientific Instrument Service, Inc. (SIS), <https://simion.com/>
- 3 Ogilvie, K. W., R. I. Kittredge, and T. D. Wilkerson. "Crossed Field Velocity Selector." *Review of Scientific Instruments* 39.4 (1968): 459-465.