

# **Elektrický Bohm - Aharonov jav**

Jakub Vulgan

# Historický úvod

- David Joseph Bohm (1917-1992) – Americký teoretický fyzik



# Historický úvod

- David Joseph Bohm (1917-1992) – Americký teoretický fyzik
- Yakir Aharonov (1932) – Izraelský fyzik



# Historický úvod

- David Joseph Bohm (1917-1992) – Americký teoretický fyzik
- Yakir Aharonov (1932) – Izraelský fyzik
- 1959 – Physical Review
  - "Significance of electromagnetic potentials in quantum theory"

# Potenciály

- Klasická fyzika – potenciál = len pohodlný matematický nástroj pre výpočet polí, ale pohybové rovnice sa dajú vždy vyjadriť pomocou polí samotných
- Aharonov, Bohm: Pole má na časticu vplyv, aj keď je nulové a to aj napriek tomu, že v QM platí kalibračná invariancia

# Potenciály

- Klasická fyzika – potenciál = len pohodlný matematický nástroj pre výpočet polí, ale pohyb častíc sa dá opísať aj bez nich

**Potenciály samy, nie len polia, vedú k pozorovaným výsledkom**

- Aharonov-Bohm experiment – vplyv, aj keď je nulový, že v QM platí kalibračná invariancia !!!

# Kalibračná invariancia I. druhu

Vlnová funkcia môže byť komplexná, teda môže obsahovať ľubovoľný fázový faktor, ktorý môže závisieť aj na čase:

$$\psi(t) \Leftrightarrow \psi'(t) = e^{-i\alpha(t)} \psi(t)$$

# Kalibračná invariancia I. druhu

Vlnová funkcia môže byť komplexná, teda môže obsahovať ľubovoľný fázový faktor, ktorý môže závisieť aj na čase:

$$\psi(t) \Leftrightarrow \psi'(t) = e^{-i\alpha(t)} \psi(t)$$

**=> nejednoznačnosť vlnových funkcií**



# Elektrický AB jav

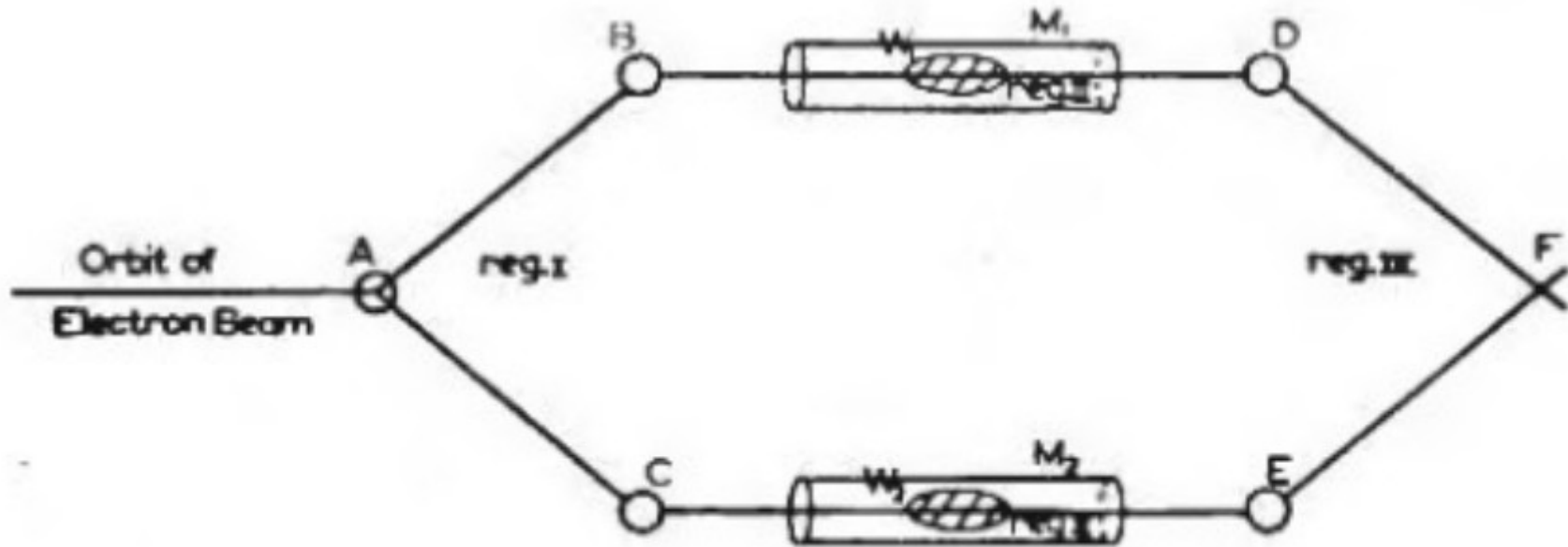
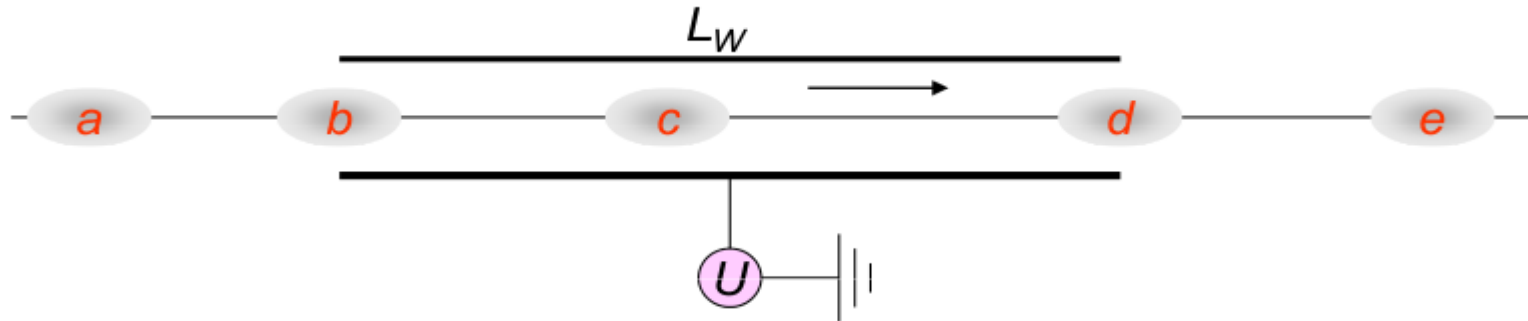


FIG. 1. Schematic experiment to demonstrate interference with time-dependent scalar potential.  $A, B, C, D, E$ : suitable devices to separate and divert beams.  $W_1, W_2$ : wave packets.  $M_1, M_2$ : cylindrical metal tubes.  $F$ : interference region.

# Elektrický AB jav



Pět stadií průletu klubka W.F. pro dva režimy jeho činnosti

stadium	statický režim	$U(t)$	AB režim, časový	$U(t)$
<b>a</b> volný let, <i>in</i> -dráha	Energie $E$ , vln. vektor $k$	$U$	Energie $E$ , vln. vektor $k$	0
<b>b</b> vstup do filtru	Akcelerace	$U$	Energie $E$ , vln. vektor $k$	0
<b>c</b> průlet filtrem	Energie $E$ , vln. vektor $k + \Delta k$	$U$	"Energie" $E + U$ , vln. vektor $k$	$U$
<b>d</b> výstup z filtru	Zpomalení	$U$	Energie $E$ , vln. vektor $k$	0
<b>e</b> volný let, <i>out</i> -dráha	Energie $E$ , vln. vektor $k$	$U$	Energie $E$ , vln. vektor $k$	0

# Elektrický AB jav

- Riešenie SR bez potenciálu:

$$\psi(x, t) = \psi_0^1(x, t) + \psi_0^2(x, t)$$

# Elektrický AB jav

- Riešenie SR bez potenciálu:

$$\psi(x, t) = \psi_0^1(x, t) + \psi_0^2(x, t)$$

- Riešenie SR s potenciálom ako funkciou len času

$$\psi = \psi_0^1 e^{-iS_1/\hbar} + \psi_0^2 e^{-iS_2/\hbar}$$

$$S_1 = e \int \varphi_1 dt, \quad S_2 = e \int \varphi_2 dt$$

# Elektrický AB jav

- Riešenie SR bez potenciálu:

$$\psi(x, t) = \psi_0^1(x, t) + \psi_0^2(x, t)$$

- Riešenie SR s potenciálom ako funkciou len času

$$\psi = \psi_0^1 e^{-iS_1/\hbar} + \psi_0^2 e^{-iS_2/\hbar}$$

$$S_1 = e \int \varphi_1 dt, \quad S_2 = e \int \varphi_2 dt$$

- Fázový rozdiel:

$$\Delta \Phi = \frac{e}{\hbar} \oint \varphi dt$$

# Elektrický AB jav

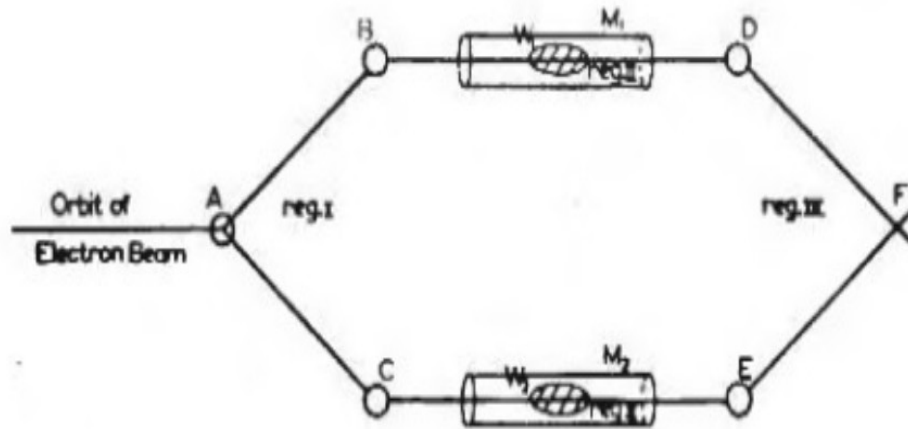


FIG. 1. Schematic experiment to demonstrate interference with time-dependent scalar potential. *A, B, C, D, E*: suitable devices to separate and divert beams. *W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>*: wave packets. *M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>*: cylindrical metal tubes. *F*: interference region.

$$I(y) = I_0 (1 + V \cos \Delta \Phi)$$

$$\Delta \Phi = \frac{e}{\hbar} \oint \varphi dt$$

- Počas pobytu vnútri Wienovho filtra treba zmeniť potenciál z 0 na  $V$

# Elektrický AB jav

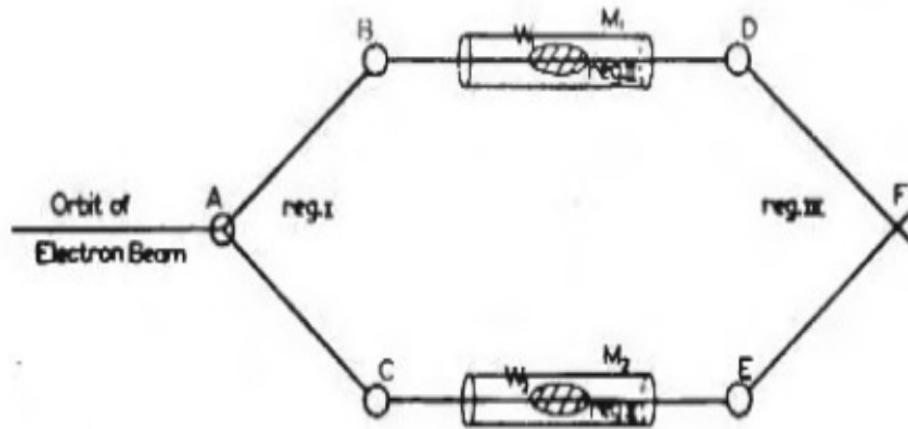


FIG. 1. Schematic experiment to demonstrate interference with time-dependent scalar potential.  $A, B, C, D, E$ : suitable devices to separate and divert beams.  $W_1, W_2$ : wave packets.  $M_1, M_2$ : cylindrical metal tubes.  $F$ : interference region.

$$I(y) = I_0 (1 + V \cos \Delta \Phi)$$

$$\Delta \Phi = \frac{e}{\hbar} \oint \varphi dt$$

- Otázka: Kedy zapnúť a vypnúť???
- Inak povedané kedy je klbko dostatočne vnútri



# Elektrický AB jav

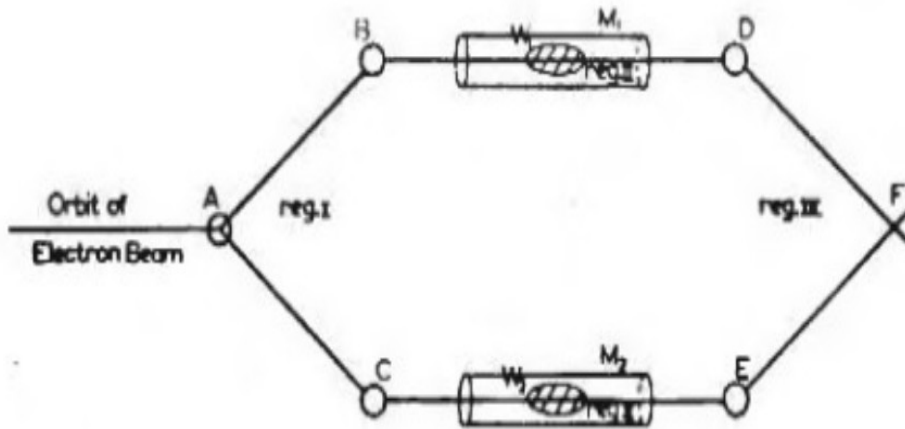


FIG. 1. Schematic experiment to demonstrate interference with time-dependent scalar potential.  $A, B, C, D, E$ : suitable devices to separate and divert beams.  $W_1, W_2$ : wave packets.  $M_1, M_2$ : cylindrical metal tubes.  $F$ : interference region.

Technicky náročné  
až utopické

- Otázka: Kedy zapnúť a vypnúť???
- Inak povedané kedy je klbko dostatočne vnútri



# Ďakujem za pozornosť

## Zdroje:

**Singificance of Electromagnetic Potentials in the Quantum Theory**

The Physical Review; American Physical Society; Vol. 115; 1. August 1959; p. 768-770

**Bohm - Aharonův jev**

Prednáška z predmetu F4110