

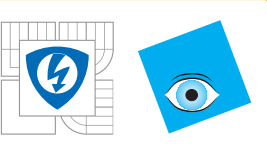
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

KVET

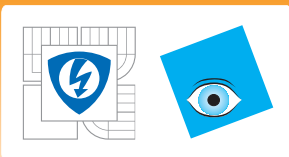
Mgr. Martin Šíra, Ph.D. (ČMI, Brno)

červen 2012

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



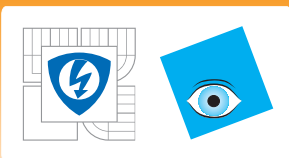
veličina: napětí
jednotka: volt (V)



Historie jednotky

Jednotka mezinárodně ustanovena r. 1880.

Definice: rozdíl potenciálů na vodiči, který disipoval jeden watt.

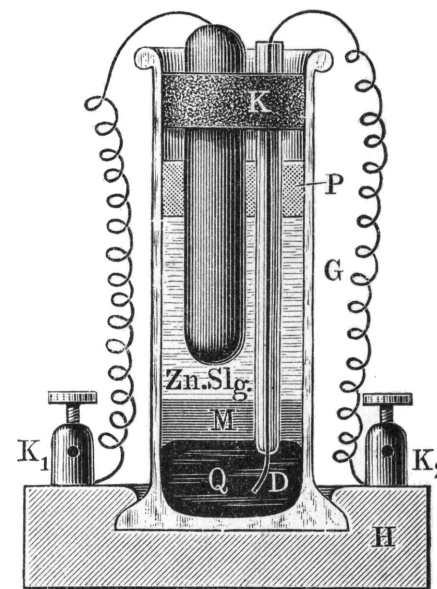


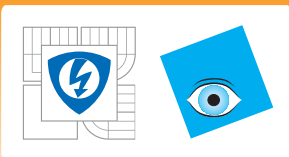
Historie jednotky

Jednotka mezinárodně ustanovena r. 1880.

Definice: rozdíl potenciálů na vodiči, který disipoval jeden watt.

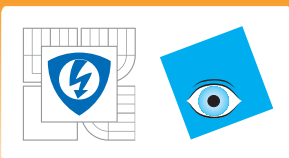
1893 byl definován mezinárodní volt jako $\frac{1}{1.434}$ část napětí Clarkovy chemické baterie.





Historie jednotky

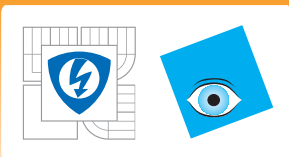
1908 definice změněna a založena na mezinárodním ohmu a ampéru.



Historie jednotky

1908 definice změněna a založena na mezinárodním ohmu a ampéru.

1948 systém reprodukovatelných jednotek opuštěn ve prospěch „absolutních“ jednotek, definice jak známe dnes.

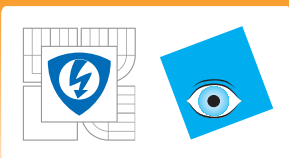


Historie jednotky

1908 definice změněna a založena na mezinárodním ohmu a ampéru.

1948 systém reprodukovatelných jednotek opuštěn ve prospěch „absolutních“ jednotek, definice jak známe dnes.

Jako etalony používány Westonovy baterie a později Zenerovy reference až do objevu Josephsonova jevu.



Dnešní kvantový etalon napětí

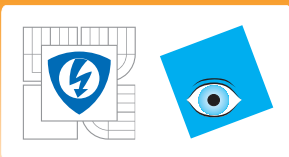
Etalon je založen na **Josephsonově jevu**.

Samotný etalon se skládá z velkého počtu přístrojů a částí.

Je to zdroj napětí **od -10 V do 10 V** s velmi nízkou nejistotou.

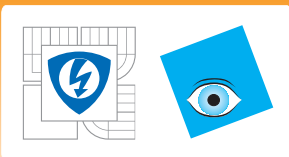
Jev byl popsán Brianem Josephsonem v roce **1962**.





Historie Josephsonova jevu

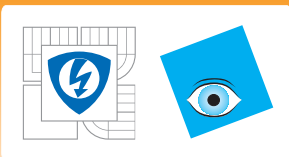
Poprvé pozorován I. Giaeverem roku 1960, ale špatně interpretován jako 'kovový zkrat'.



Historie Josephsonova jevu

Poprvé pozorován I. Giaeverem roku 1960, ale špatně interpretován jako 'kovový zkrat'.

B. D. Josephson předpověděl jev a popsal ho roku 1962.

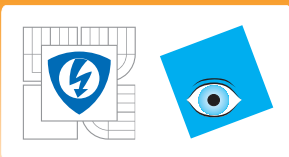


Historie Josephsonova jevu

Poprvé pozorován I. Giaeverem roku 1960, ale špatně interpretován jako 'kovový zkrat'.

B. D. Josephson předpověděl jev a popsal ho roku 1962.

Předpověď byla experimentálně ověřena: Shapiro in 1963.



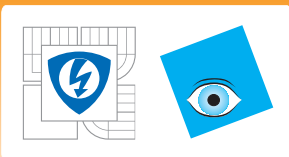
Historie Josephsonova jevu

Poprvé pozorován I. Giaeverem roku 1960, ale špatně interpretován jako 'kovový zkrat'.

B. D. Josephson předpověděl jev a popsal ho roku 1962.

Předpověď byla experimentálně ověřena: Shapiro in 1963.

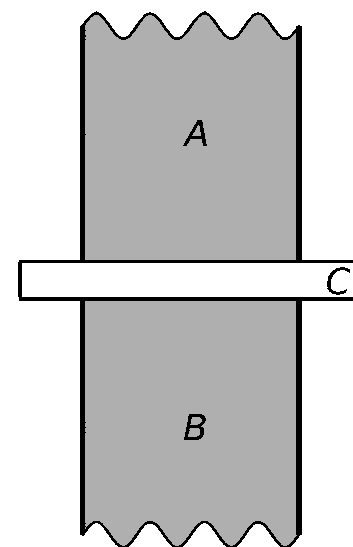
Josephson (1/2), Giaever a Esaki (1/2) získali Nobelovu cenu roku 1973.



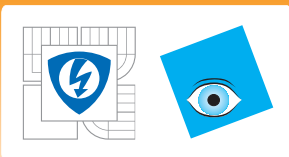
Josephsonův jev

- ss. Josephsonův jev:
ss. proud prochází přes Joseph.
přechod bez vytvoření napětí na
izolátoru

Josephsonův
přechod:



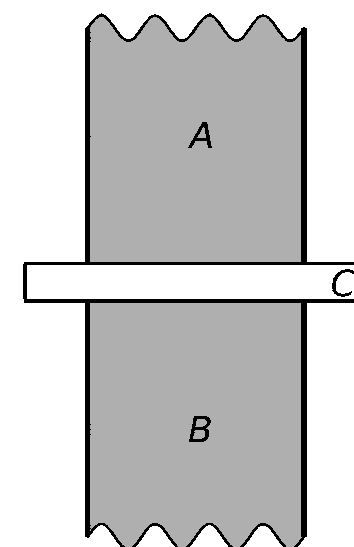
A, B:
supravodiče
C: izolant



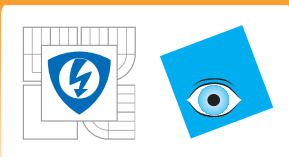
Josephsonův jev

- **ss. Josephsonův jev:**
ss. proud prochází přes Joseph. přechod bez vytvoření napětí na izolátoru
- **stř. Josephsonův jev:**
přivedením ss. napětí na Joseph. přechod se vytvoří proudové oscilace.
Převodník napětí na frekvenci.

Josephsonův
přechod:



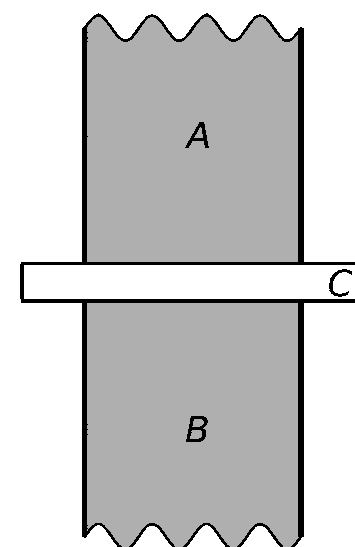
A, B:
supravodiče
C: izolant



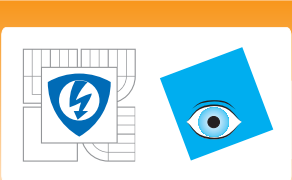
Josephsonův jev

- **ss. Josephsonův jev:**
ss. proud prochází přes Joseph. přechod bez vytvoření napětí na izolátoru
- **stř. Josephsonův jev:**
přivedením ss. napětí na Joseph. přechod se vytvoří proudové oscilace. Převodník napětí na frekvenci.
- **inverzní stř. Josephsonův jev:**
přivedením externího elmag. pole na Joseph. přechod se vytvoří stejnosměrné napětí. Převodník frekvence na napětí.

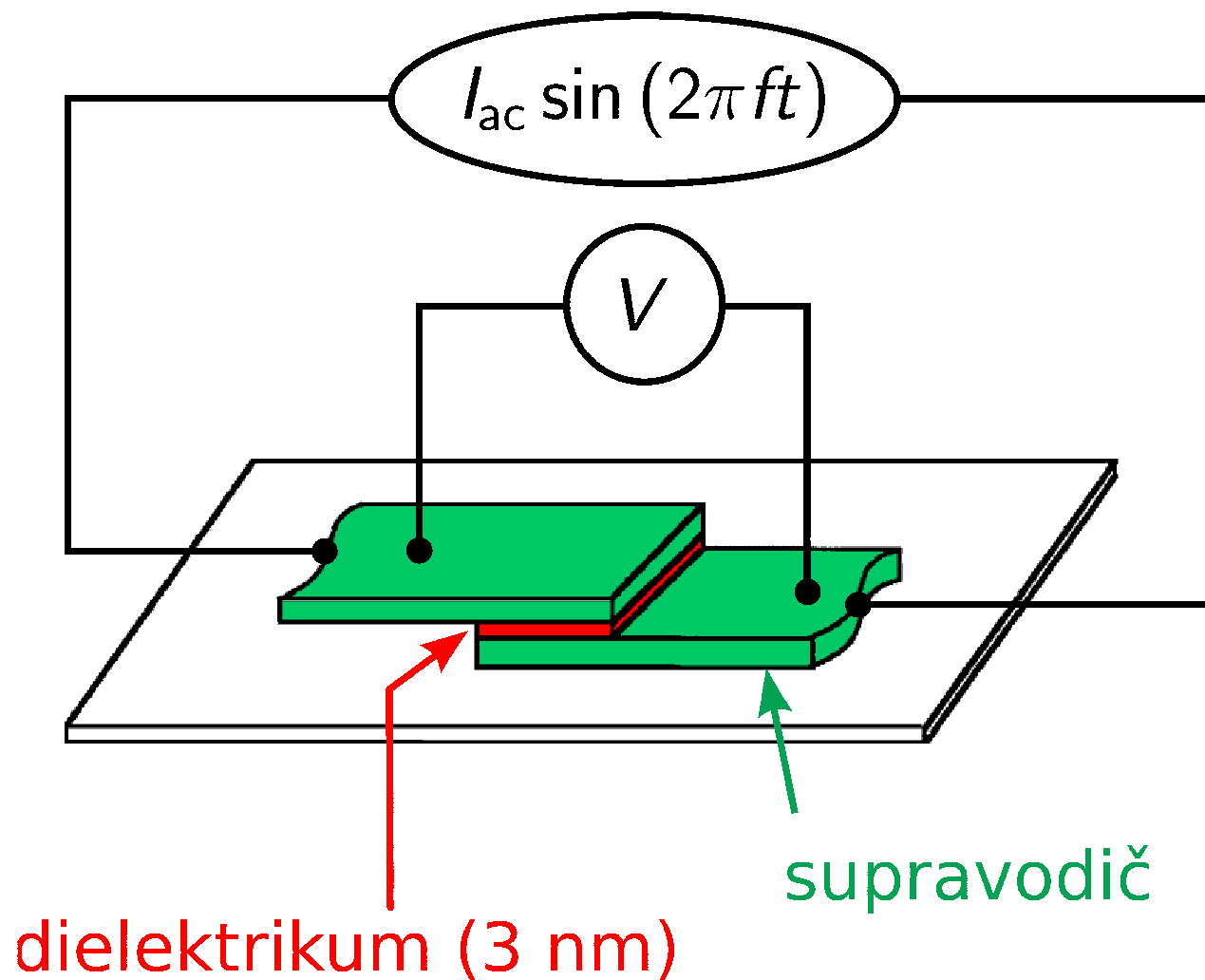
Josephsonův
přechod:

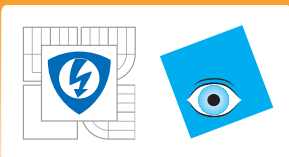


A, B:
supravodiče
C: izolant



Inverzní stř. Josephsonův jev





Josephsonova rovnice

Josephson odvodil následující rovnici pro inverzní stř. Josephsonův jev:

$$V = n \cdot f \cdot \frac{h}{2 \cdot e}$$

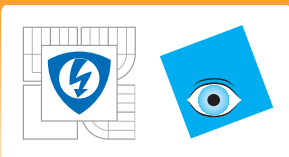
V – napětí vytvořené na Joseph. přechodu.

n – kvantový stav, $n = \pm 1, 2, 3, \dots$

f – frekvence externího elmag. pole.

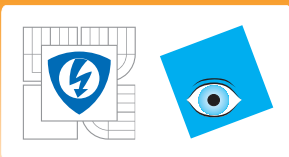
h – Planckova konstanta, $h = 6.62606896(33) \times 10^{-34}$ Js.

e – Elementární náboj, $e = 1.602176487(40) \times 10^{-19}$ C.



Historie Josephsonovy konstanty

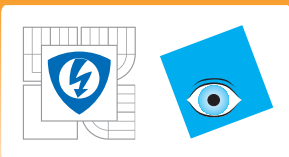
Původně Josephsonův jev sloužil k určení hodnoty $\frac{h}{2 \cdot e}$ (Westonovy baterie sloužily jako etalony napětí). Nejistota byla velká.



Historie Josephsonovy konstanty

Původně Josephsonův jev sloužil k určení hodnoty $\frac{h}{2 \cdot e}$ (Westonovy baterie sloužily jako etalony napětí). Nejistota byla velká.

1970: hodnota Josephsonovy konstanty $K_J = \frac{2 \cdot e}{h}$ byla přijata mnoha metrologickými ústavy a Josephsonův jev jako etalon napětí.



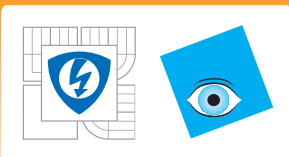
Historie Josephsonovy konstanty

Původně Josephsonův jev sloužil k určení hodnoty $\frac{h}{2 \cdot e}$ (Westonovy baterie sloužily jako etalony napětí). Nejistota byla velká.

1970: hodnota Josephsonovy konstanty $K_J = \frac{2 \cdot e}{h}$ byla přijata mnoha metrologickými ústavy a Josephsonův jev jako etalon napětí.

K_{J-90}

1990: Mezinárodní hodnota K_{J-90} byla přijata celosvětově jako vážený průměr měření provedených do roku 1990.

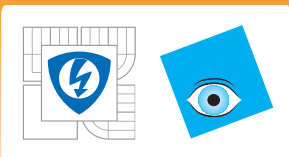


Hodnota a nejistota Josephsonovy konstanty

$$K_{J-90} = 483597,9 \text{ GHzV}^{-1}$$

Nejistota K_{J-90} je 0,4 ppm.

Jelikož nejistota je mnohem větší než typické měření na JVS (porovnání dvou JVS $\ll 0,001$ ppm), není brána v úvahu.



Hodnota a nejistota Josephsonovy konstanty

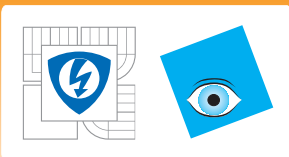
$$K_{J-90} = 483597,9 \text{ GHzV}^{-1}$$

Nejistota K_{J-90} je 0,4 ppm.

Jelikož nejistota je mnohem větší než typické měření na JVS (porovnání dvou JVS $\ll 0,001$ ppm), není brána v úvahu.

Problém bude vyřešen přijetím nové soustavy SI založené na základních fyzikálních konstantách.

Nejistota K_{J-90} bude **nula**.



Josephsonův přechod – příklad

Mikrovlny jsou používány pro generování střídavého elmag. pole. Typicky $f = 75$ GHz.

Kvantový stav Josephsonových přechodů je obvykle $n \leq \pm 4$.

Jeden přechod může generovat napětí:

$$n = -4 \quad V = -620.350 \text{ } \mu\text{V}$$

$$\vdots$$

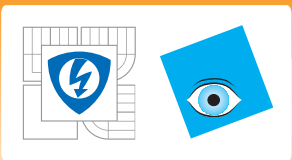
$$n = -1 \quad V = -155.088 \text{ } \mu\text{V}$$

$$n = 0 \quad V = 0 \text{ } \mu\text{V}$$

$$n = +1 \quad V = +155.088 \text{ } \mu\text{V}$$

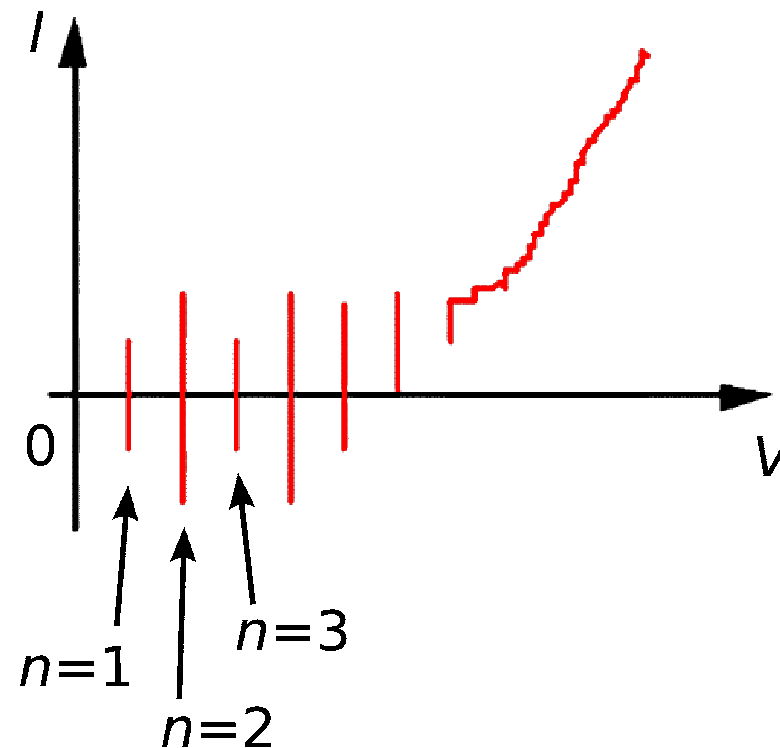
$$\vdots$$

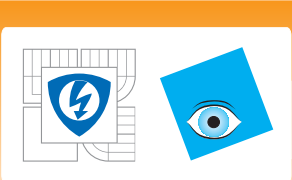
$$n = +4 \quad V = +620.350 \text{ } \mu\text{V}$$



VA charakteristika – přechod s vysokou kapacitou

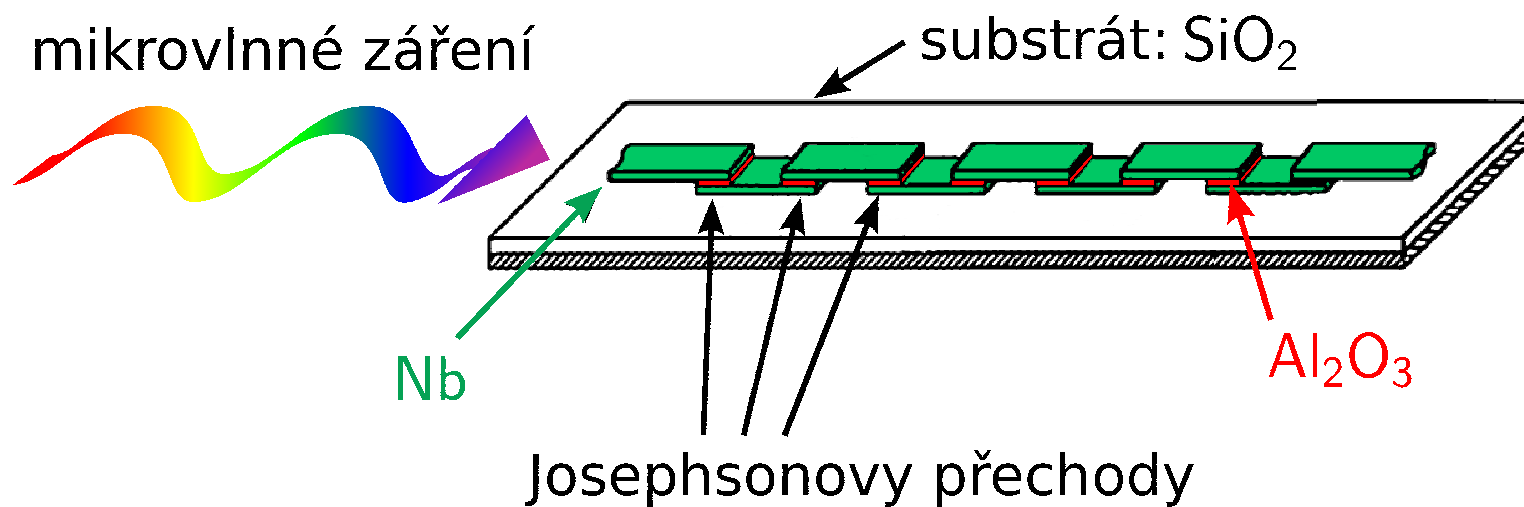
Stabilní stavy procházející nulovým proudem – použito ve všech ss. JVS.





Josephsonovy přechody zapojeny do série

K získání větších napětí:



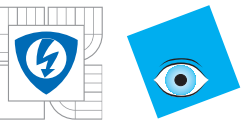


Schéma 10 V čipu

Mikrovlny se musí šířit rovnoměrně všemi J. přechody:

