



Eötvös Loránd University
Faculty of Science
Institute of Physics

A MAGYAR
TUDOMÁNY
ÜNNEPE



Magyar Tudományos
Akadémia

ADY Endre Líceum, Nagyvárad



2017 EMBERKÖZPONTÚ TUDOMÁNY

Fizikai és kémiai előadások

MIKROHULLÁMÚ OPTIKA

áramkörök szupravezető kapcsolókkal

- Geszti Tamás
- emeritus, ELTE Fizikai Intézet

Információkezelés két partnerrel:

- *fény*
- *elektronok*

a fény terjedése hullámmozgás

*Az elektronok mozgása is hullámmozgás!
Erről szól a kvantummechanika.*

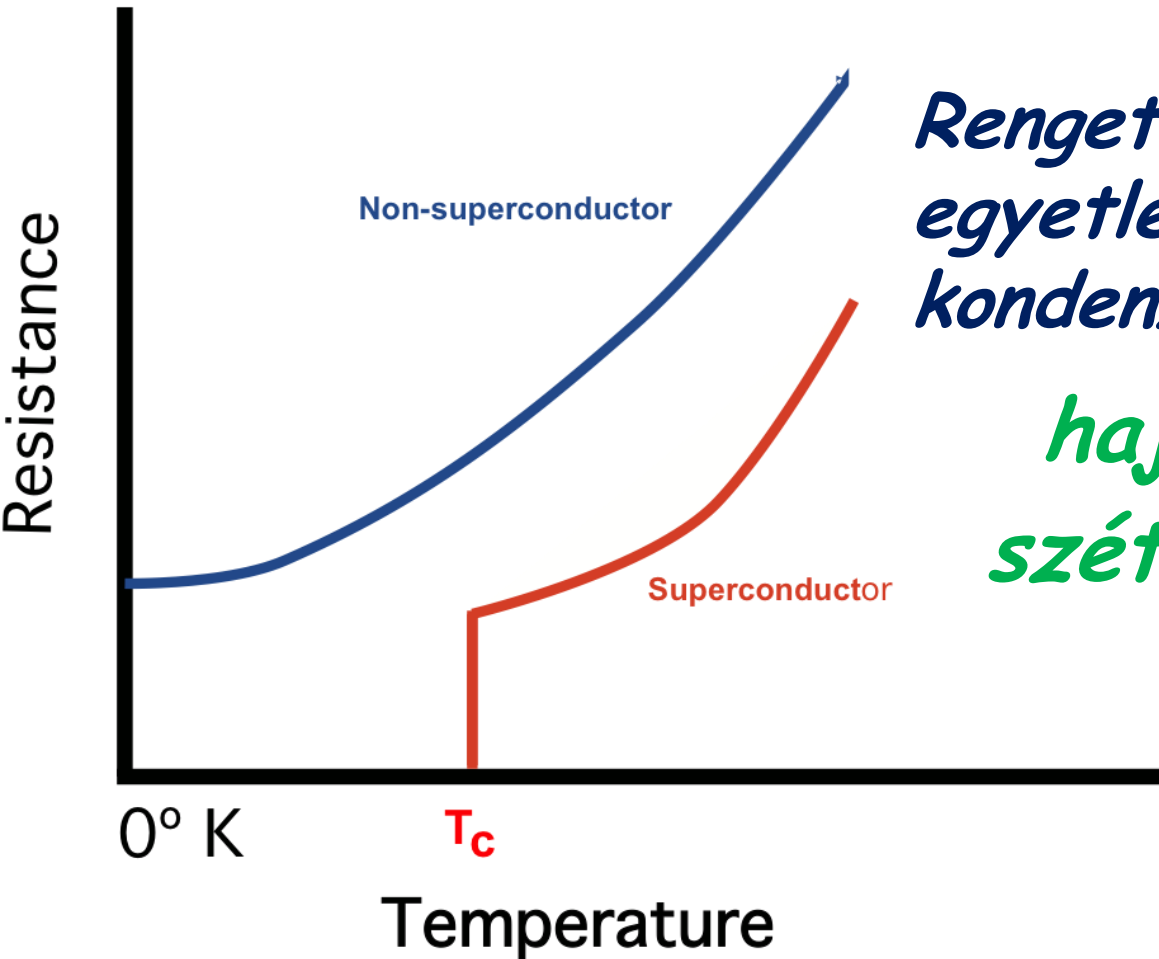
Elektron-állóhullámok adnak méretet az atomoknak,
ők tartják össze a molekulákat, ők teszik lehetővé az életet

Mint információhordozó, mindkettő sérülékeny

*de nem adjuk fel,
keressük a védelmet adó szerkezetet!*

Ami segít, az a SZUPRAVEZETÉS

BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer 1957)



*Rengeteg elektronpár
egyetlen hullámformába
kondenzálódva:*

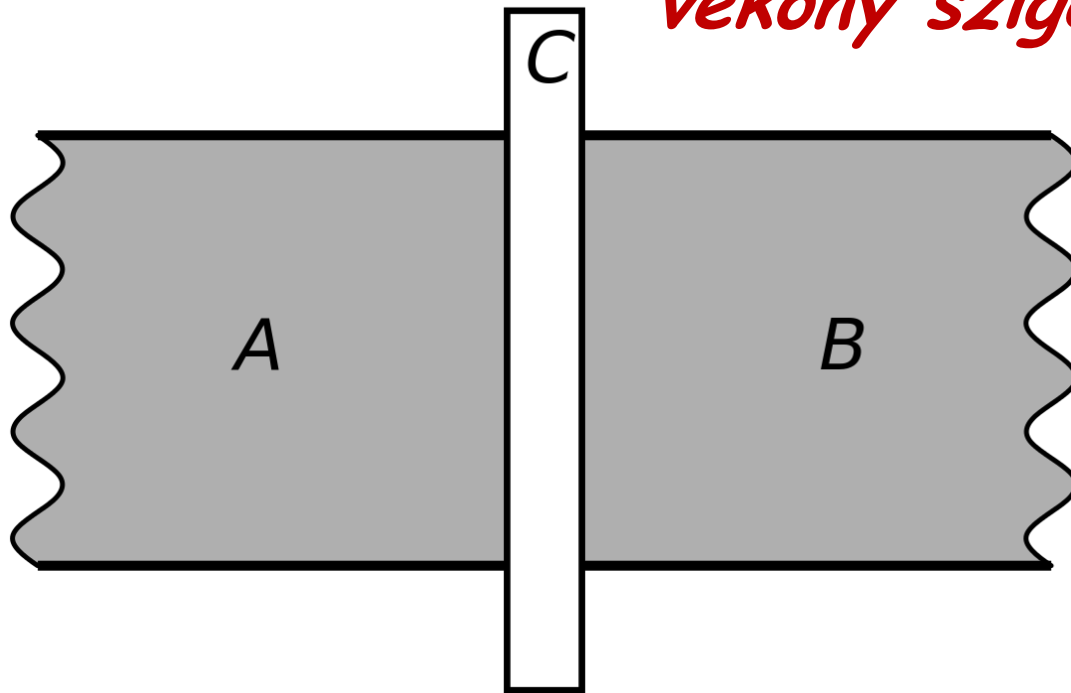
*hajlékony, de
szétszakíthatatlan
kígyó*

Miért elektronpárok?
A Pauli-elv miatt:
hogy elfedjék a $\frac{1}{2}$ spint

ami még sokat segít: **JOSEPHSON-EFFEKTUS** 1962

a szupravezetőt megszakíthatjuk

vékony szigetelő réteggel...



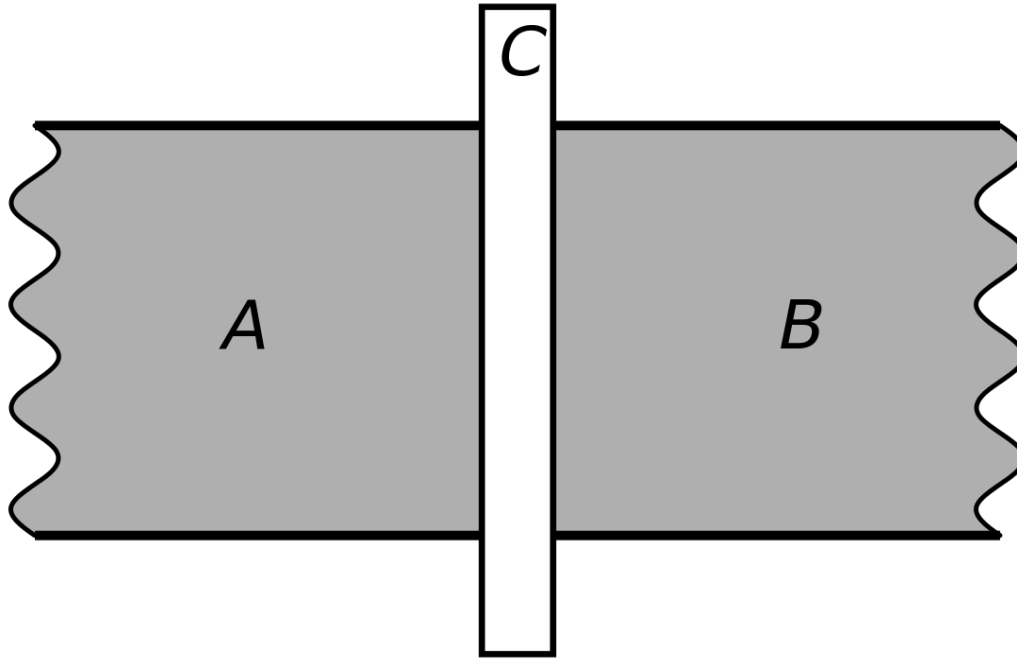
„Josephson-
átmenet”

az áram zavartalanul folyik, 0 feszültséggel

alagút-effektus!

(hullám nélkül nem megy)

Zavartalan, de valami mégis történik:



*az átfolyó elektronkígyó megtekeredik
 φ szöggel (Josephson-fázis)*

$$I = I_0 \sin \varphi$$

Mi van, ha feszültséget adunk rá?



V feszültségkülönbséghez
a $-2e$ töltésű elektronpár
potenciális energiájának
 $2eV$ különbsége tartozik

KVANTUM?

$2eV / h$ frekvenciával oda-vissza folyik az áram!

1 Volt feszültséghez $\lambda = 0.06$ mm hullámhossz tartozik:

mikrohullám!

azért annyira nem egyszerű ☺

$$I(t) = I_0 \sin [2\pi(2eV/h)t]$$

Feszültség  *váltóáram*

Fordítsuk meg (áramkörökben ez működik):

Váltóáram  *feszültség*

Mi ez ?

Induktivitás, de nemlineáris!

Még egy-két elem hiányzik:

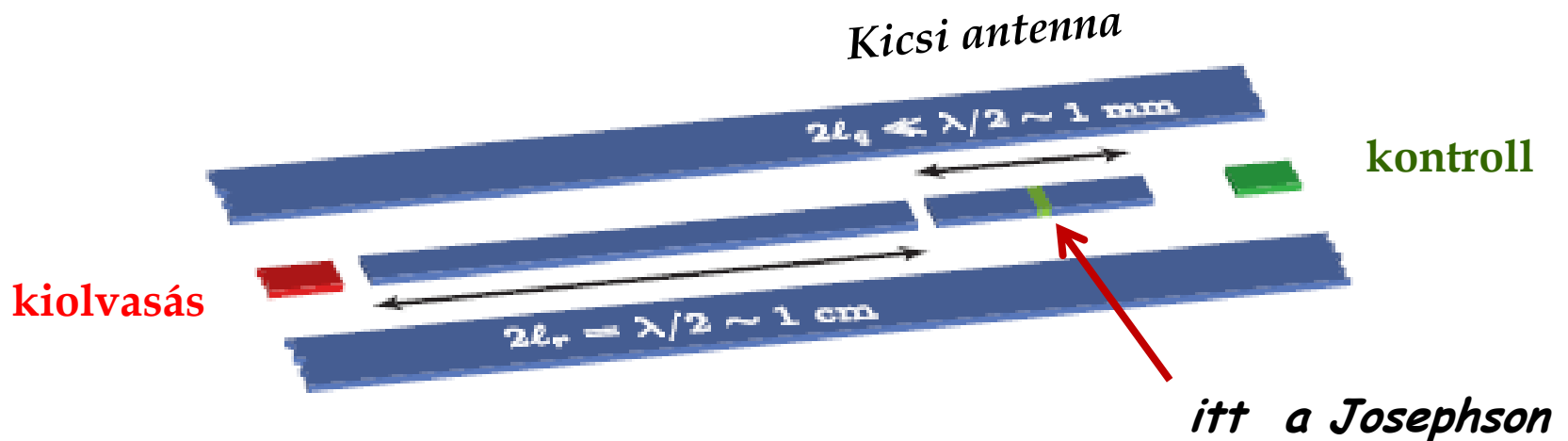
1. a Josephson-átmenetnek **KAPACITÁSA** van
2. a φ fázistekeredést **MÁGNESES FLUXUSSAL** lehet modulálni (*Aharonov-Bohm*),
3. ezzel $I = I_0 \sin \varphi$ miatt **AZ ÁRAMOT IS.**

Ebből már tényleg mindent össze lehet rakni!

A technikai része:

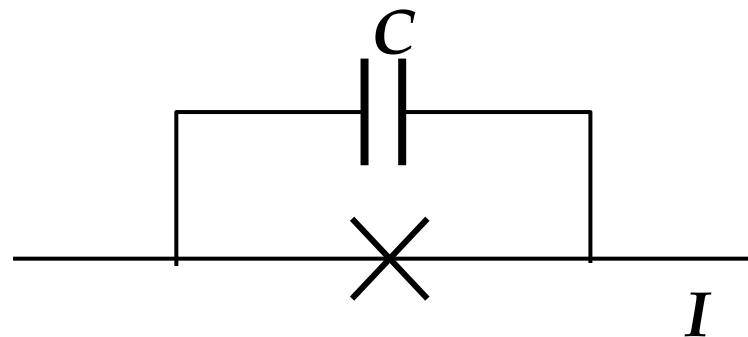
a látható fényt üvegszál hullámvezetővel védik,
a mikrohullámot fém hullámvezetővel. Hogy ne
csillapítson, és védjen az elektromos zajoktól is,
ezt **SZUPRAVEZETŐBŐL** készítik

TRANSZMON transmission line (mikrohullámú rezonátor)



A rezonátor leárnyékolja az energia kapacitív részét:
a Josephson-alagutazás dominál, érzéketlen a szilárd
alkatrészek töltés-zajára: **kis csillapítás!**

és most a fizika...



φ fázisszög \sim *koordináta*, $\varphi(t) \sim$ mozgás

ν frekvencia, $2\pi\nu$ körfrekvencia = szögsebesség

\sim *sebesség*

$$\nu = \frac{2e}{h} V$$

$$C \cdot 2\pi\nu = 2\pi \frac{2e}{h} CV = 2\pi \frac{2e}{h} Q \text{ (töltés)}$$

Mitől változik a töltés? A kondenzátor áramától!

$2\pi\nu \sim$ *sebesség*

$C \sim$ *tömeg*

$$\frac{4\pi e}{h} (I - I_0 \sin \varphi)$$

\sim *helyfüggő erő!*

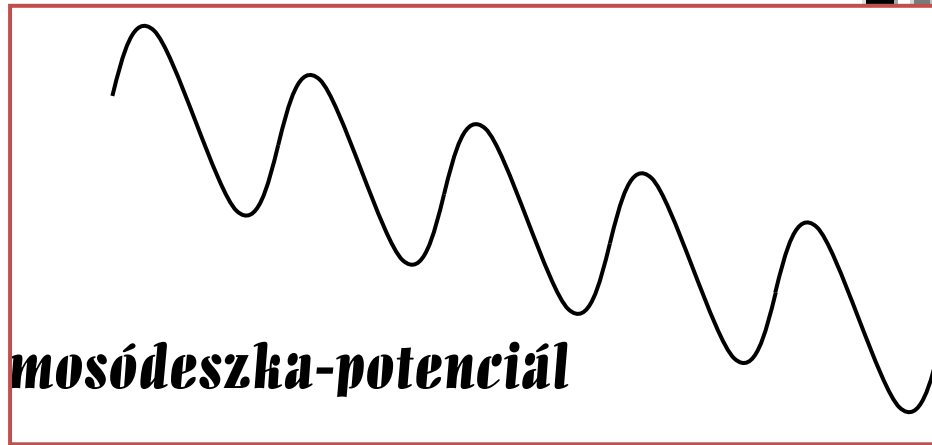
Ebből már **QUBITET** lehet csinálni!

kvantum-bit:

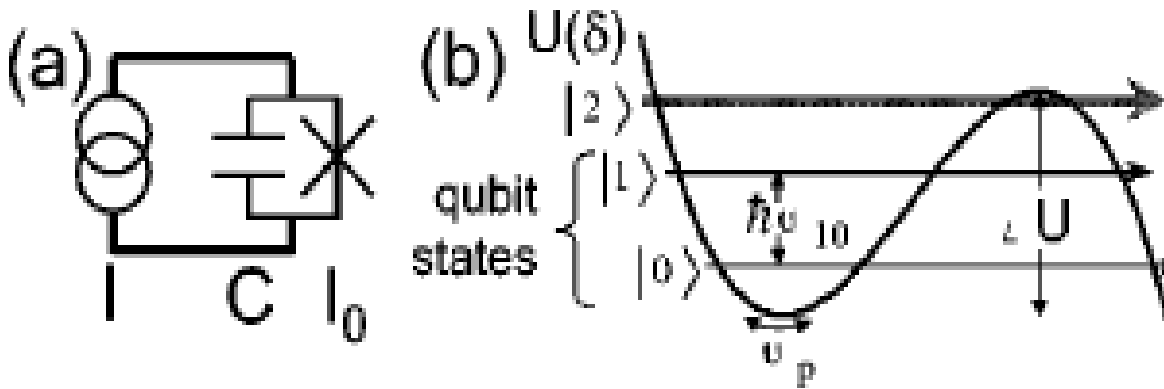
IGEN és NEM szuperpozíciója!

A kvantum-számítógép álma

$$U(\varphi) = -E_J \cos \varphi - \frac{\hbar}{2e} I \varphi$$



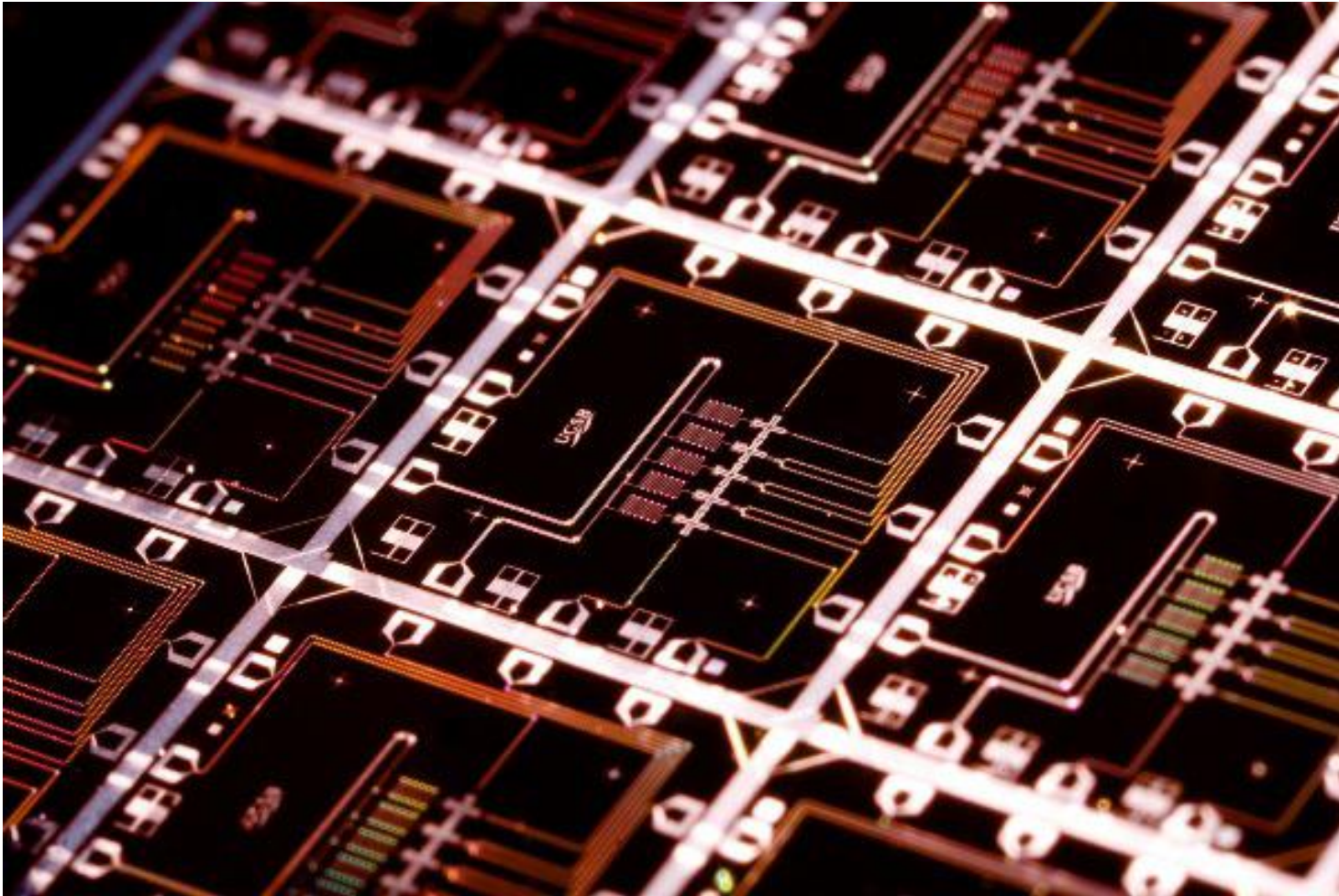
FÁZIS-QUBIT 2002



v_{01} pulzusok: forgatás, v_{02} : kiolvasás

*munkapont
beállítás
mágneses
fluxussal*

Ezekből egyre nagyobb áramkörök állíthatók össze...



HOGYAN?

- Csatolás szomszédok között (áram, kapacitás...)
- Műveletek rezonáns pulzusokkal
- Állapotok kiolvasása másra rezonáns pulzusokkal...
- Hibajavítás (nehéz, mert folytonos, nem digitális!)
- Logikai kapuk, logikai áramkörök
- Programozás **válogatott feladatokra**
??????

Amiben jó (egyelőre): **OPTIMUM-KERESÉS**
(*legrövidebb út, legjobb befektetés...*)

Amiben jó lehetne: **titkos kódok feltörése...**

Ez még nem megy ...