

Cietvielu kvantu punkti

Vjačeslavs Kaščejevs

LU DF un CFI apvienotais
seminārs 2012. g. 10. maijā

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

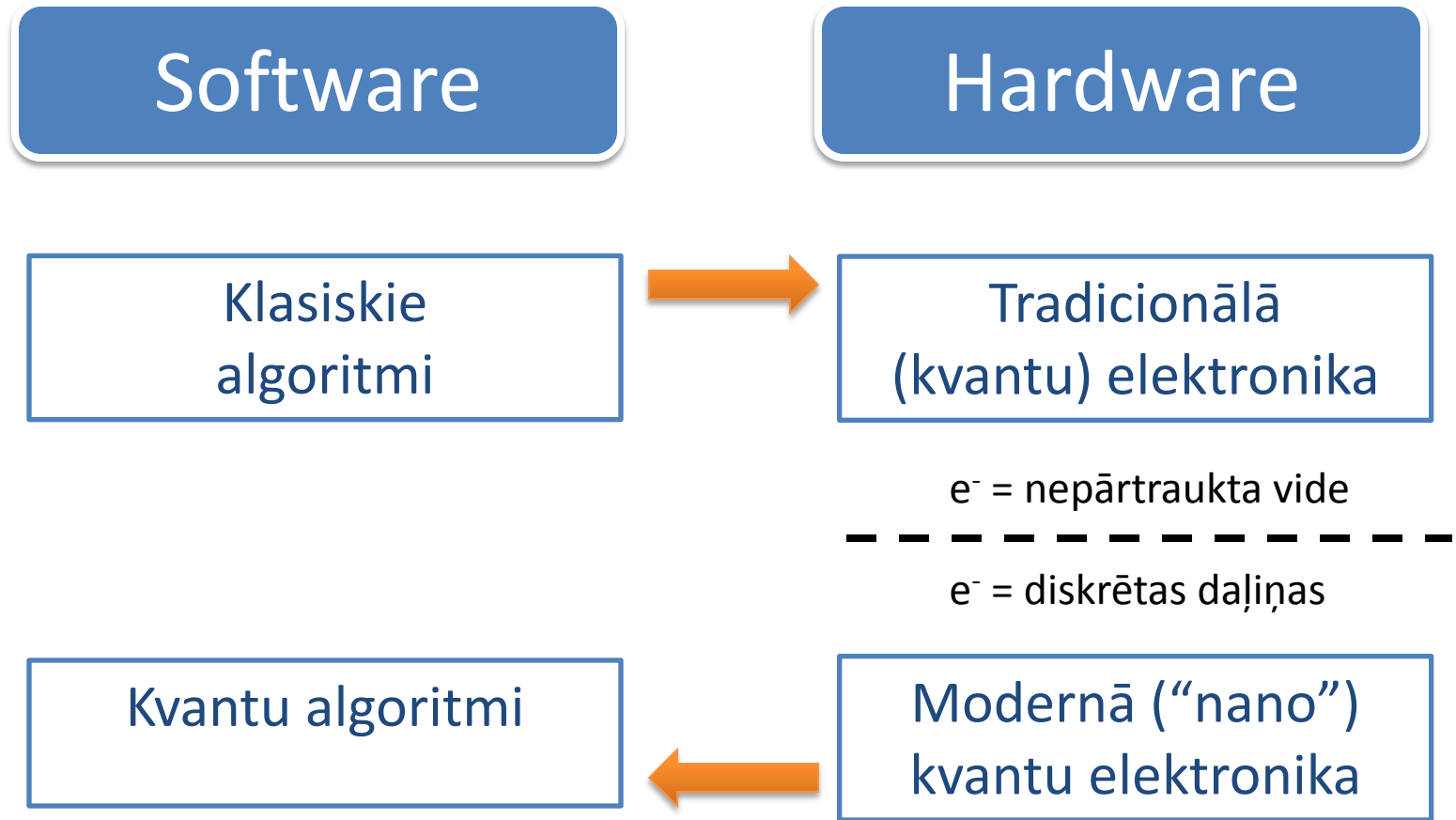


Eiropas Sociālā fonda projekts

“Datorzinātnes pielietojumi un tās saiknes ar kvantu fiziku”

Nr.2009/0216/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/044

Datorzinātne un fizika



Kvantu fizika projektā

Software

Hardware

Klasiskie
algoritmi



Tradicionālā
(kvantu) elektronika

Cietvielu kvantu ķīmija: kvantu mehāniskas vienādojumu skaitliskā risināšana jauna tipa elektronikas materiāliem (Sergejs Piskunovs, Dmitrijs Bočarovs)

Kvantu fizika projektā

Software

Hardware

Kvantu punktu fundamentālā fizika: precīza lādiņa satverša, kvantu stāvokļu inicializācija un manipulācija, kvantu sapinuma efekti
(VK, Jānis Timošenko, Pāvels Nazarovs)

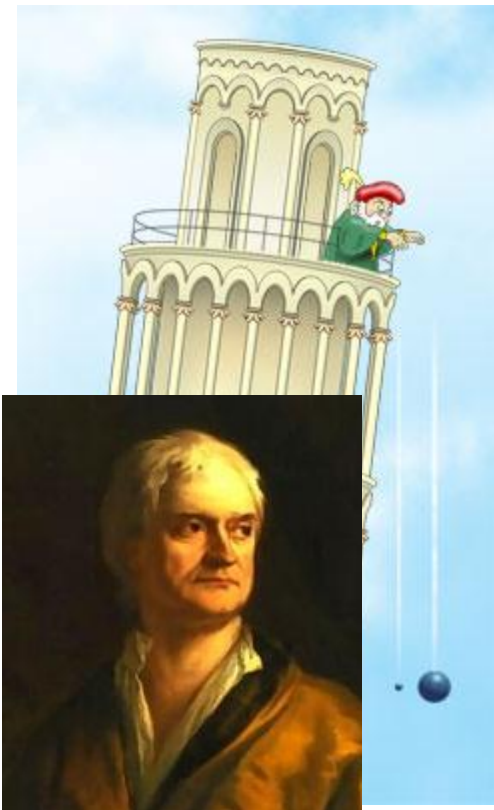
Kvantu algoritmi

Modernā (“nano”) kvantu elektronika

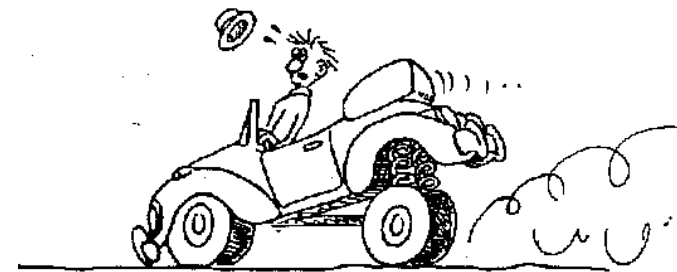
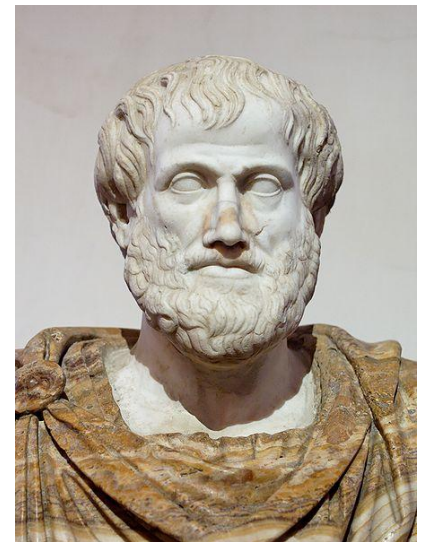


Kvantu mehānika fiziķa acīm

- Lai sistēmā darbotos *kvantu* mehānikas likumi, tā ir labi jāizolē no apkārtējās vides...



Līdzīgi ir arī ar
klasisko
mehāniku!



Kvantu mehānika fiziķa acīm

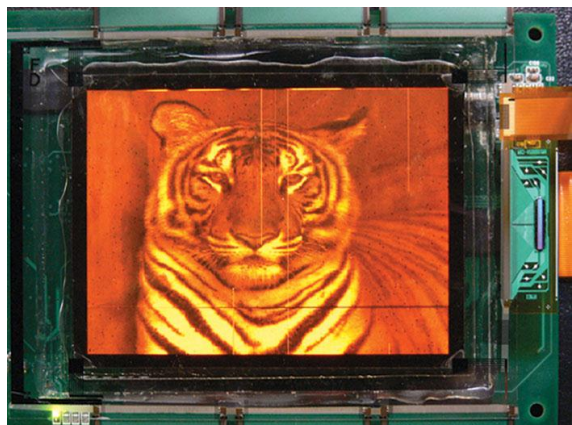
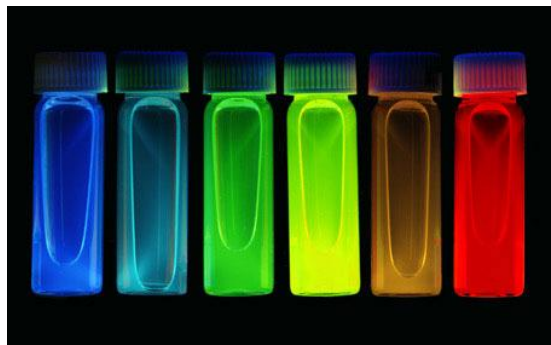
- Lai sistēmā darbotos *kvantu* mehānikas likumi, tā ir labi jāizolē no apkārtējās vides...
- ...un jo sistēma ir lielāka, jo labāk ir jāizolē!

Kvantu
mehānika

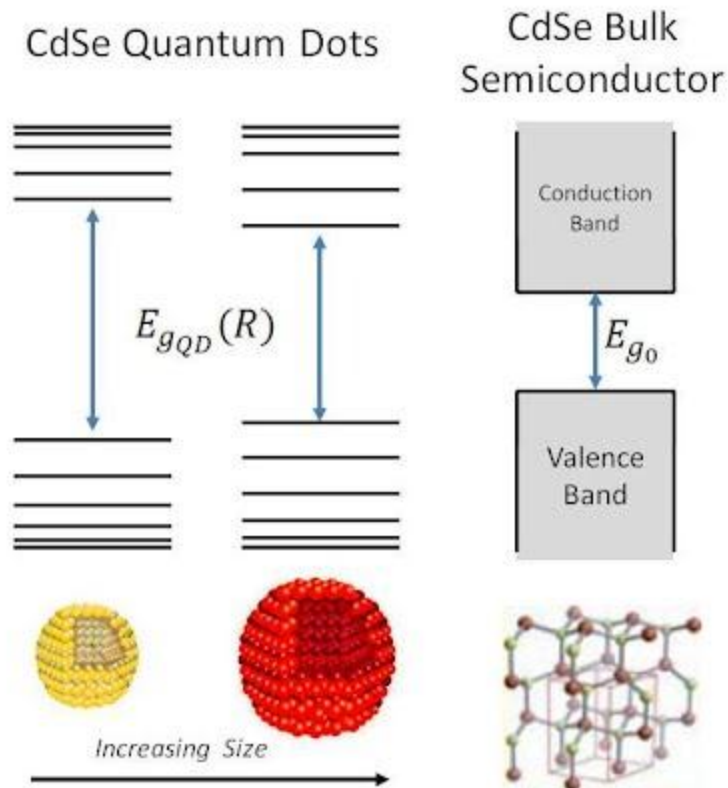


Mazo un
auksto
lietu fizika

Koloīdu izcelsmes kvantu punkti

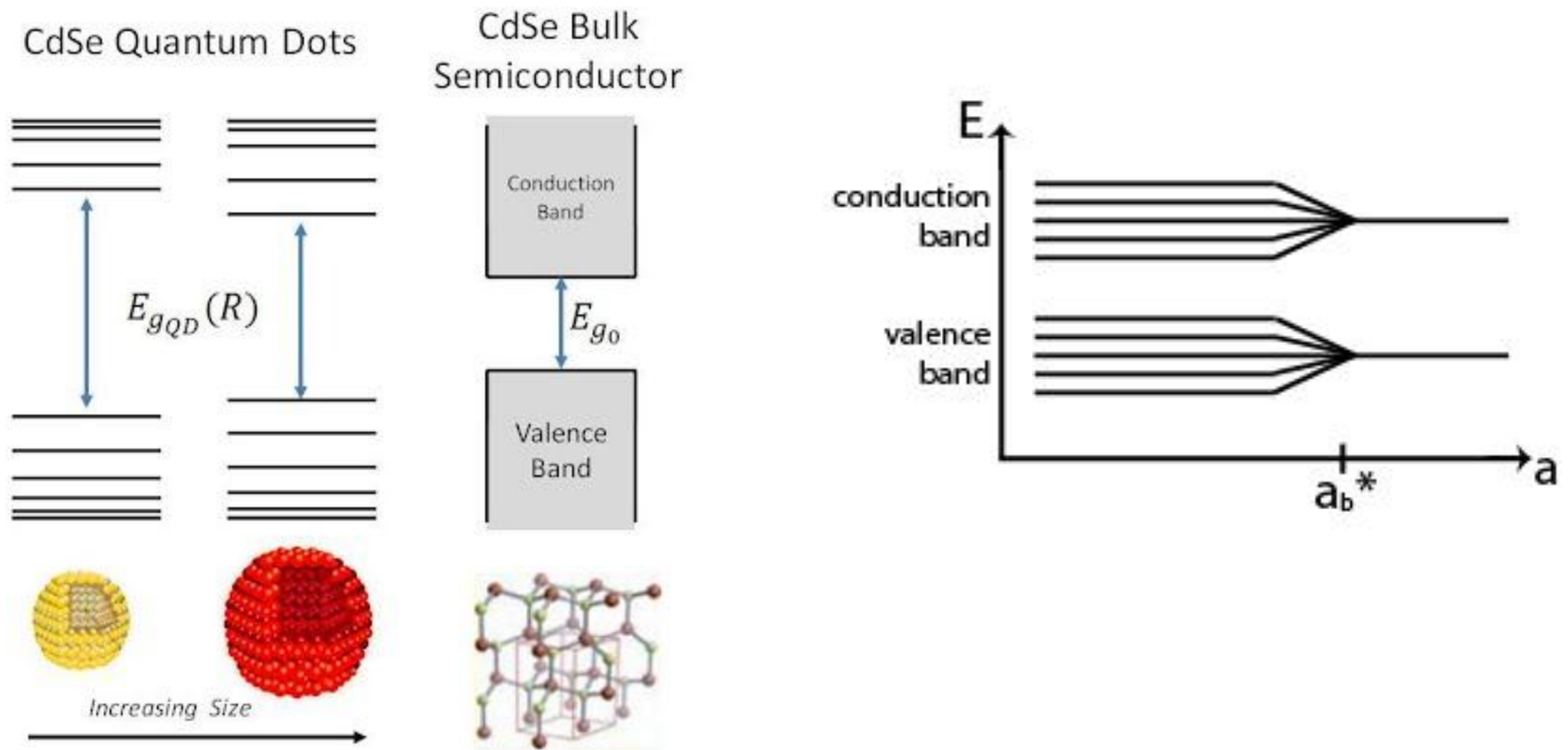


Kyung-Sang Cho et al., Samsung Advanced Institute of Technology demonstrate (Seth Coe-Sullivan, *Nature Photonics* **3**, 315 - 316 (2009))

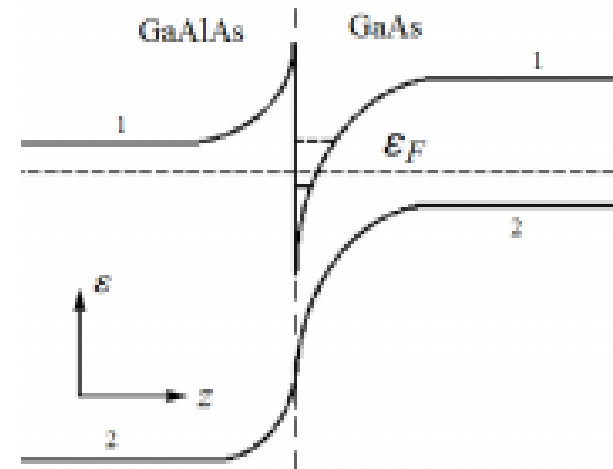
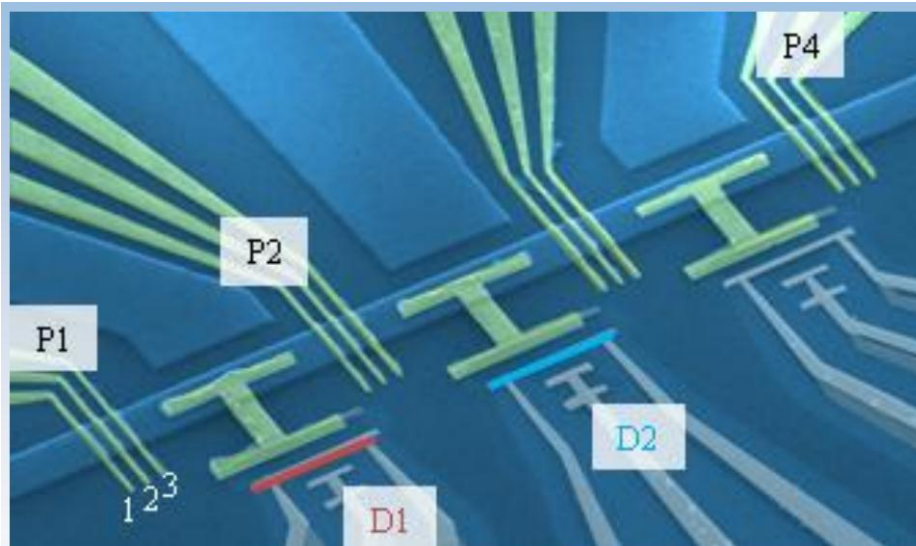


- Koloīdālie kvantu punkti: 2-10 nm
- Pamatā optiskie un optoelektroniskie pielietojumi

Kvantu punktu zonu struktūra



Litogrāfiskie kvantu punkti

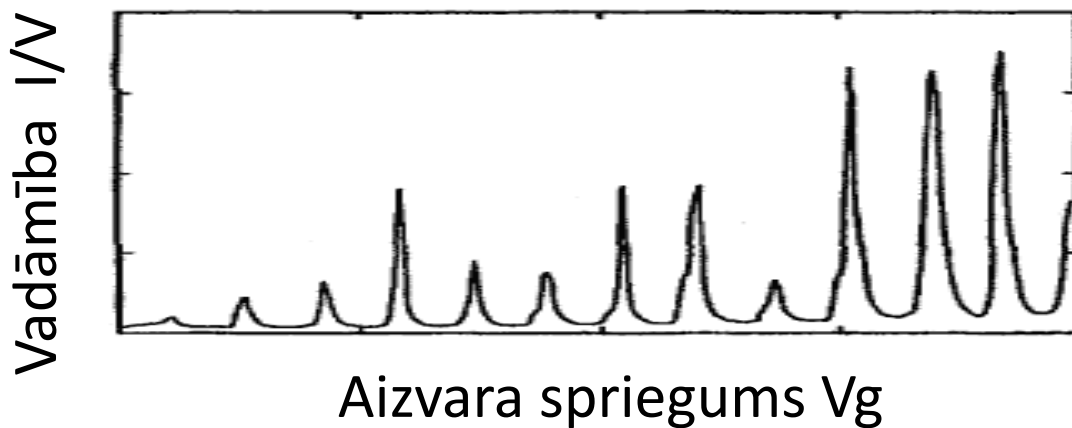
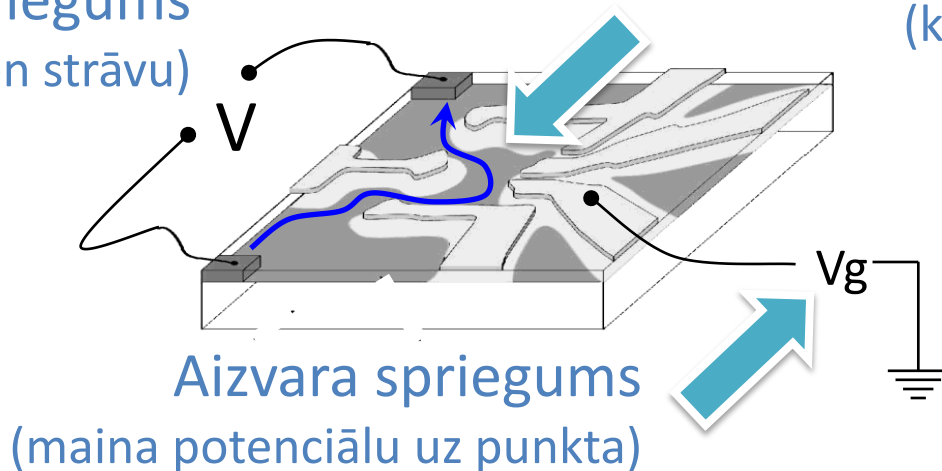


- Litogrāfiskie kvantu punkti: 10-100 nm
- Lādiņa nesēju injekcija un kontrole ar lauka efekta un tuneļbarjeru palīdzību

Vienelektrona tranzistori

Noteces-izteces
spriegums
(dzen strāvu)

Vienelektrona tranzistors
(kvantu punkts)



Kulona blokādes enerģijas skalas

- Apgrieztais dzīves laiks (“rezonanses platums”)

$$\Gamma = \frac{h}{RC}$$

- Blokādes nosacījums:

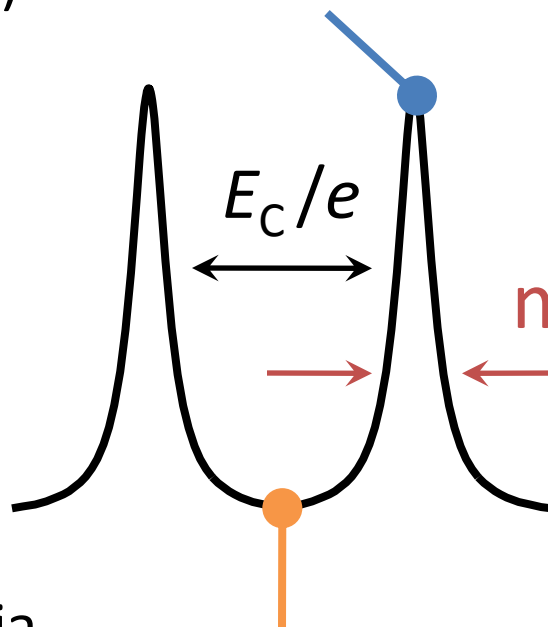
$$\Gamma \ll E_c$$

- Pīķu platums = const, ja

$$kT \ll \Gamma$$

“Pīķis”

n vai $n + 1$ elektroni



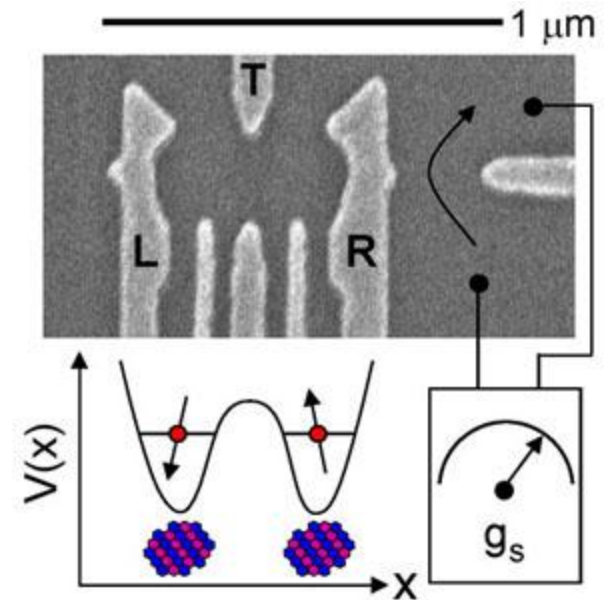
“leleja”

n ir fiksēts

$$E_c = \frac{e^2}{C}$$

Elektronu kvantu stāvokļa vadība

- Elektronu orbitālais un/vai spinu stāvoklis kā kvantu informācijas nesējs
- Nepieciešamība pēc **koherentās** dinamikas
- Piemērs: divu kvantu punktu “molekula”



Ārpus līdzsvara stāvokļa vadība

Measurement of a quantised electron pump current with part-per-million accuracy

S. P. Giblin,¹ M. Kataoka,¹ J. D. Fletcher,¹ P. See,¹ T. J. B. M. Janssen,¹

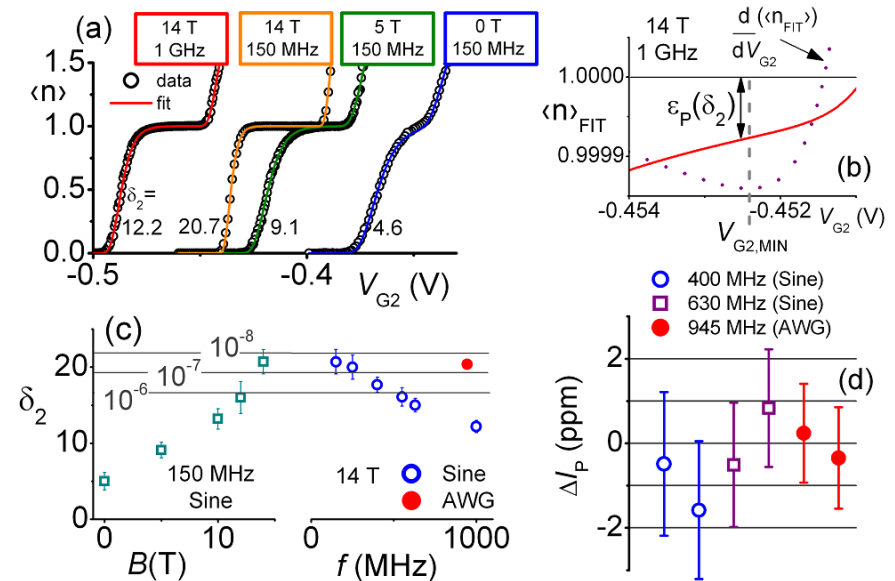
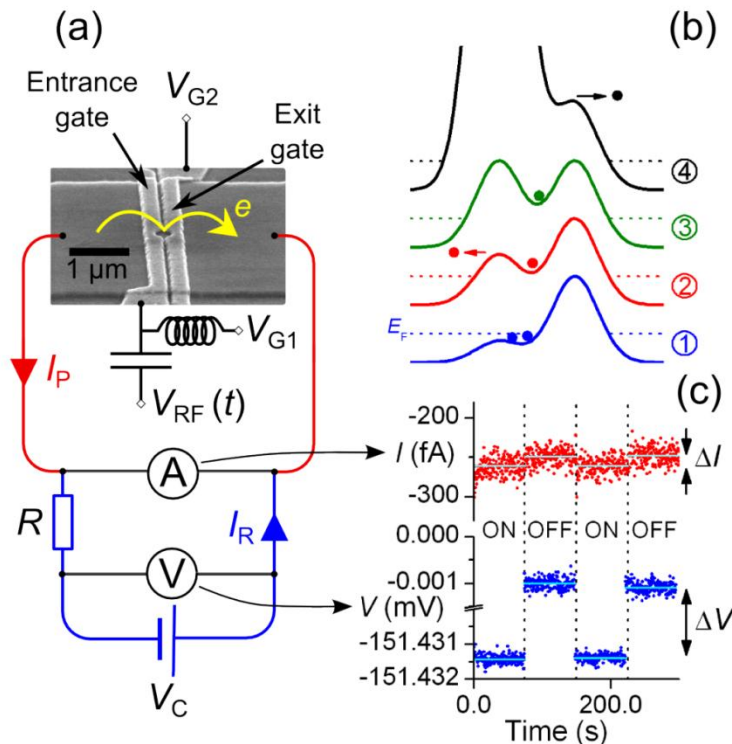
J. P. Griffiths,² G. A. C. Jones,² I. Farrer,² and D. A. Ritchie²

¹ National Physical Laboratory, Hampton Road, Teddington, Middlesex TW11 0LW, United Kingdom and

² Cavendish Laboratory, University of Cambridge,

J J Thomson Avenue, Cambridge CB3 0HE, United Kingdom

(Dated: January 13, 2012)



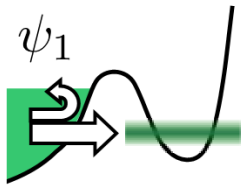
(accepted in Nature Communications)

Quantum fluctuations and coherence in high-precision single-electron capture

Vyacheslavs Kashcheyevs and Janis Timoshenko

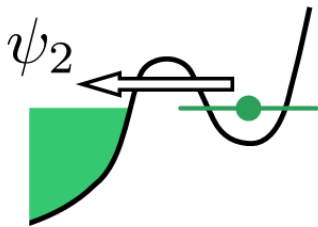
Faculty of Computing and Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia, LV-1586, Riga, Latvia

- Non-adiabatic excitation (Landau-Zener)



$$e^{-i\varphi_0} \sqrt{e\epsilon_c/\Gamma_n} e^{-i(t_b-t_c)\epsilon_c/\hbar}$$

- Backtunnelling



$$V(t_c) e^{-i \int_{t_c}^{t_b} \epsilon(t) dt / \hbar} V(t_b)$$

$$\text{Re} \psi_1 \psi_2^* \sim e^{\epsilon_c(\Gamma_n^{-1} + \Delta_{\text{ptb}}^{-1})/2} \cos\left(\varphi_0 + \frac{\epsilon_c^2}{2\pi\Gamma_n\Delta_{\text{ptb}}}\right)$$

