

Počasni posnetek elektronske kvantne dinamike

Janez Bonča

*Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v
Ljubljani, in*

Institut Jožef Stefan, Ljubljana

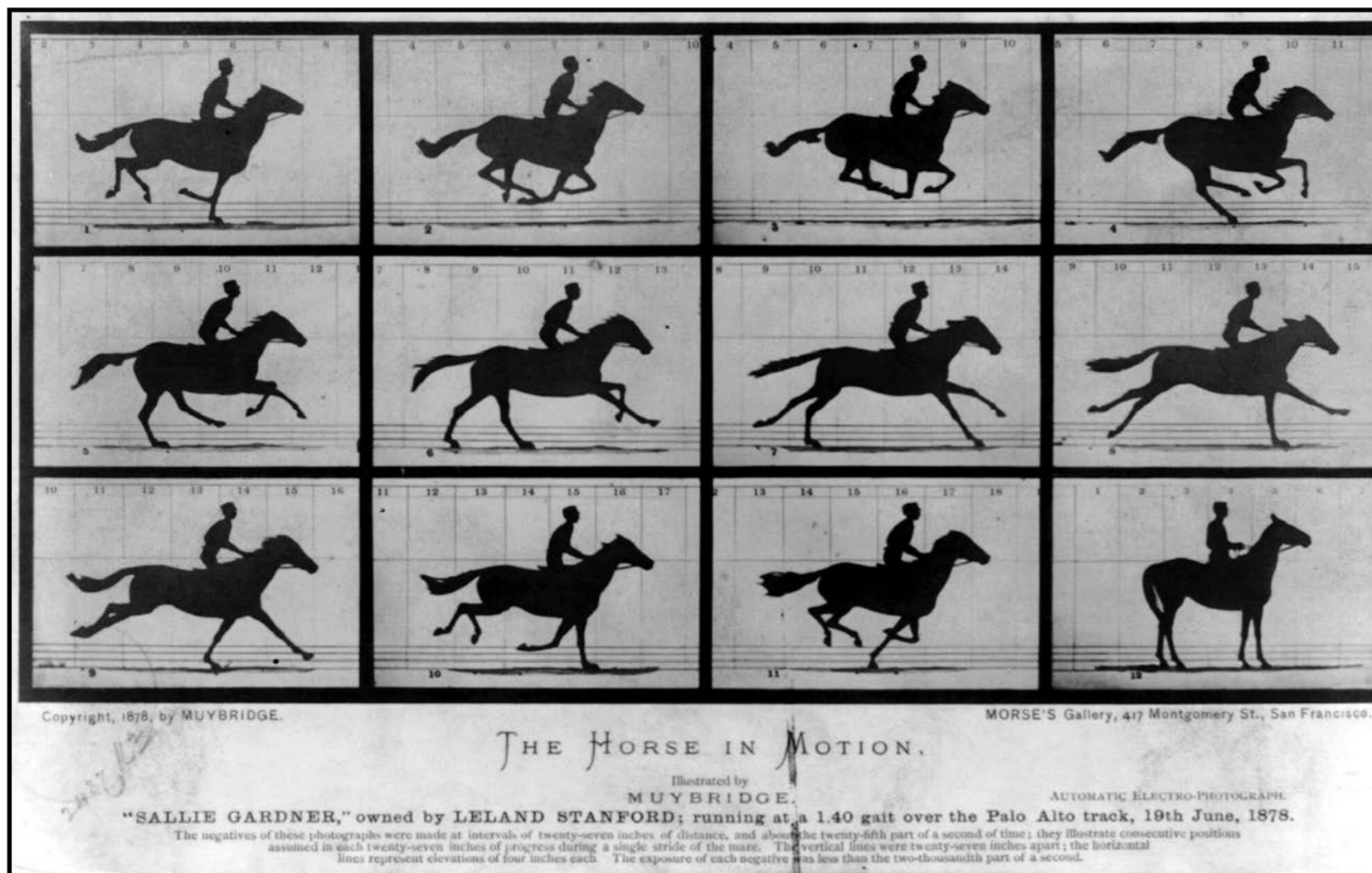
*Snapshots of the retarded interaction of charge carriers with
ultrafast fluctuations in cuprates; S. Dal Conte, ..., slov avt:
Lev Vidmar, Denis Golež, Janez Bonča; Nature Physics 11,
421 (2015).*

Slovenska sodelavca na projektu

- **Lev Vidmar**; Penn State University, ZDA
- **Denis Golež**; University of Fribourg, Fribourg, Švica

Prvi posnetki časovne dinamike

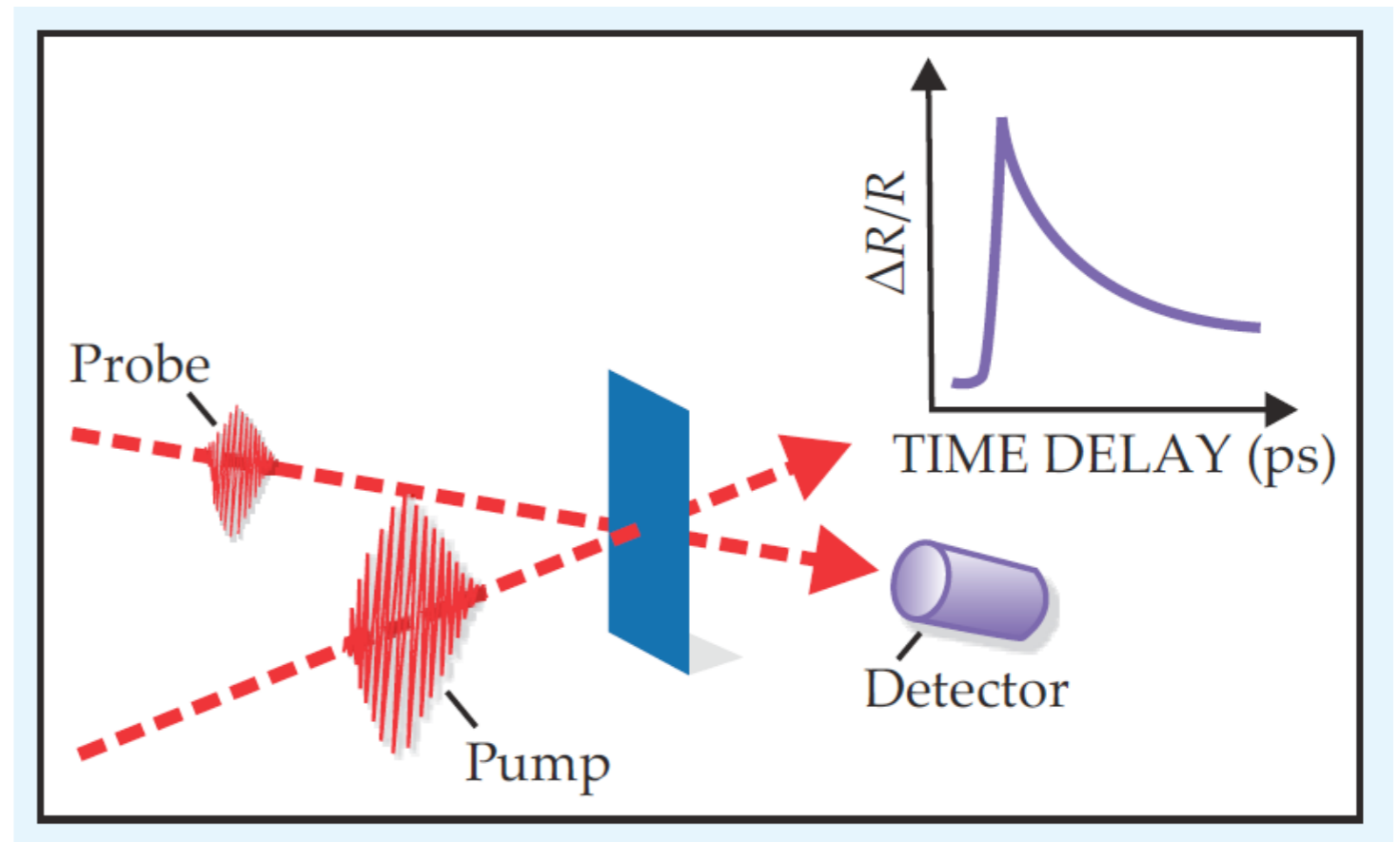
Eadweard Muybridge, 19. junij 1878, Palo Alto



Časovna resolucija eksperimenta:
 $\Delta t \sim 0.1s$

Ultra hitri optični eksperimenti

- Časovna resolucija eksperimenta: $\Delta t \sim 10fs$
- V $10fs$ svetloba prepotuje razdaljo: $3\mu m$
- Tipična energijska skala v kvantnih simulacijah v trdni snovi:
 $\Delta E \sim 300meV$
 $\Delta t \Delta E = \hbar = 0.66eVfs$



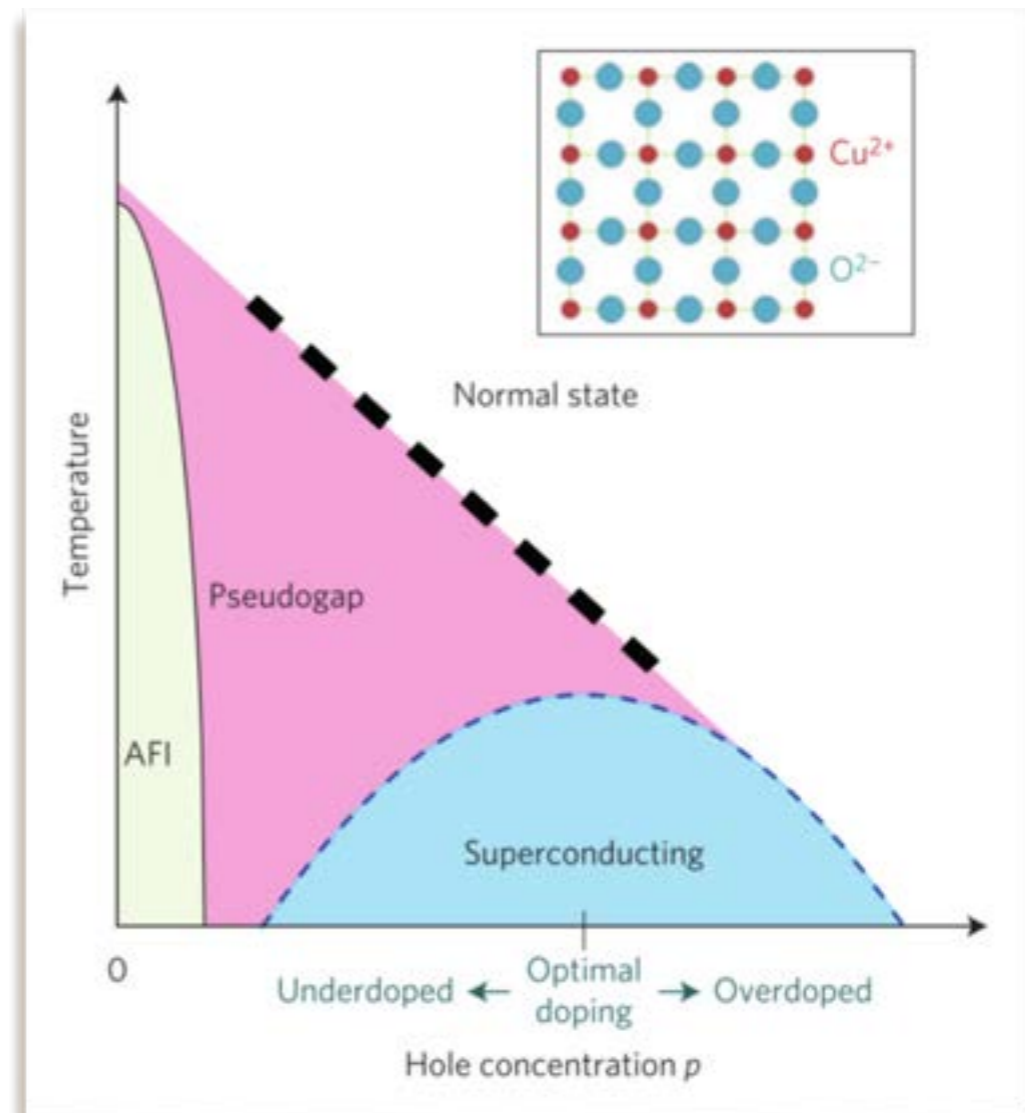
J. Orenstein, *Physics Today* 65 (9), 44 (2012);

Tipična časovna skala kvantnih simulacij: $\Delta t \sim 2fs$

Posnetek relaksacijske dinamike v visokotemperaturnem superprevodniku $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$, $T_c = 96\text{K}$

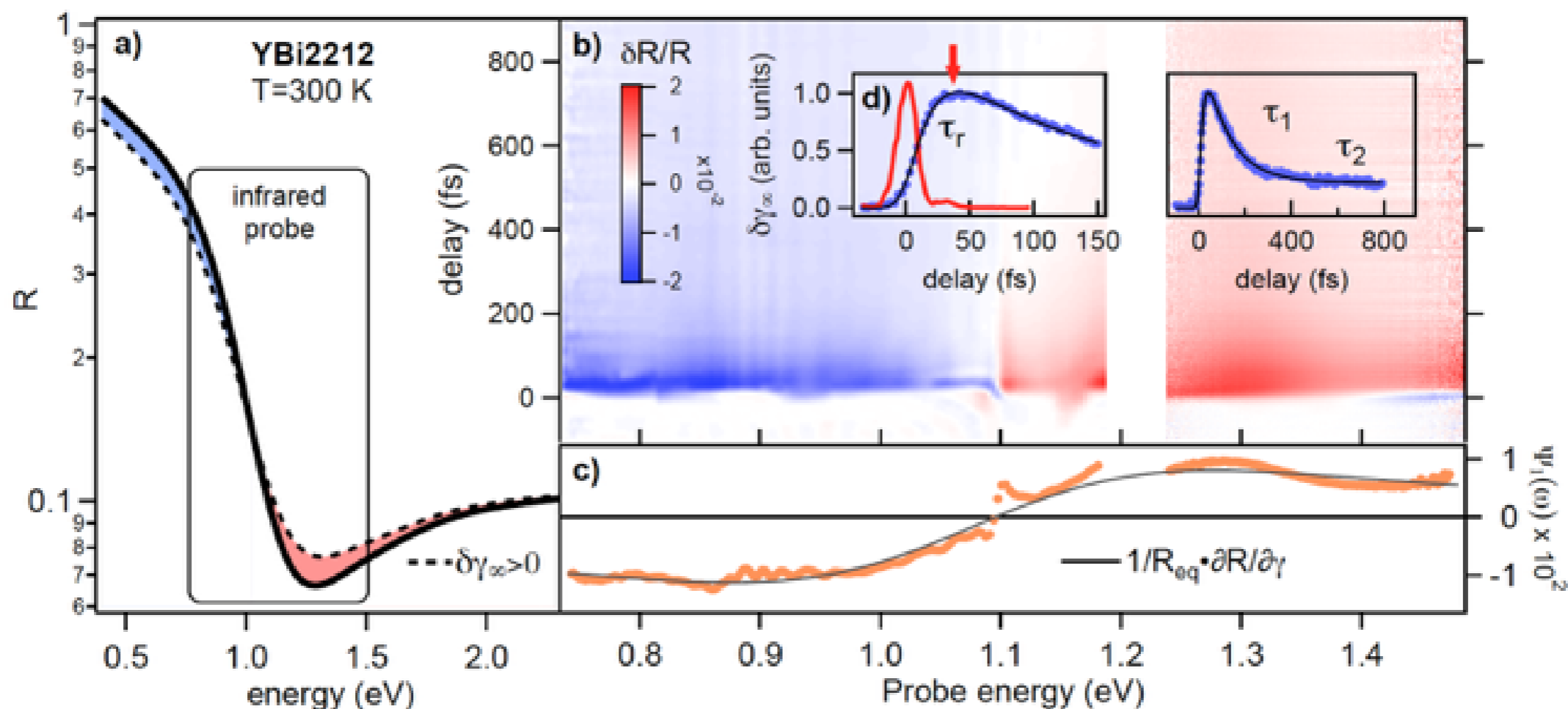
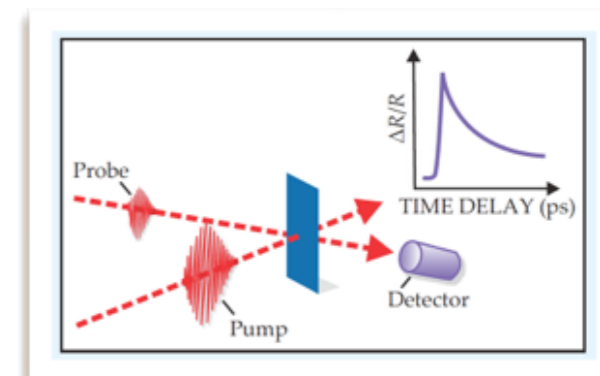
Eden ključnih mehanizmov superprevodnosti je pojav privlačne sklopitve med elektroni.

- Konvencionalni superprevodniki: mrežna nihanja - fononi
- Visoko-temperaturni SC: spinske ekscitacije, optični fononi, ...



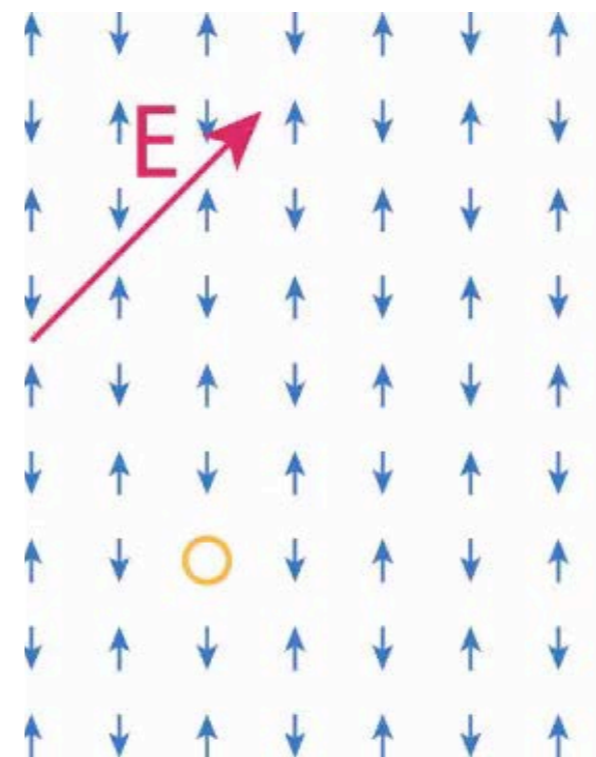
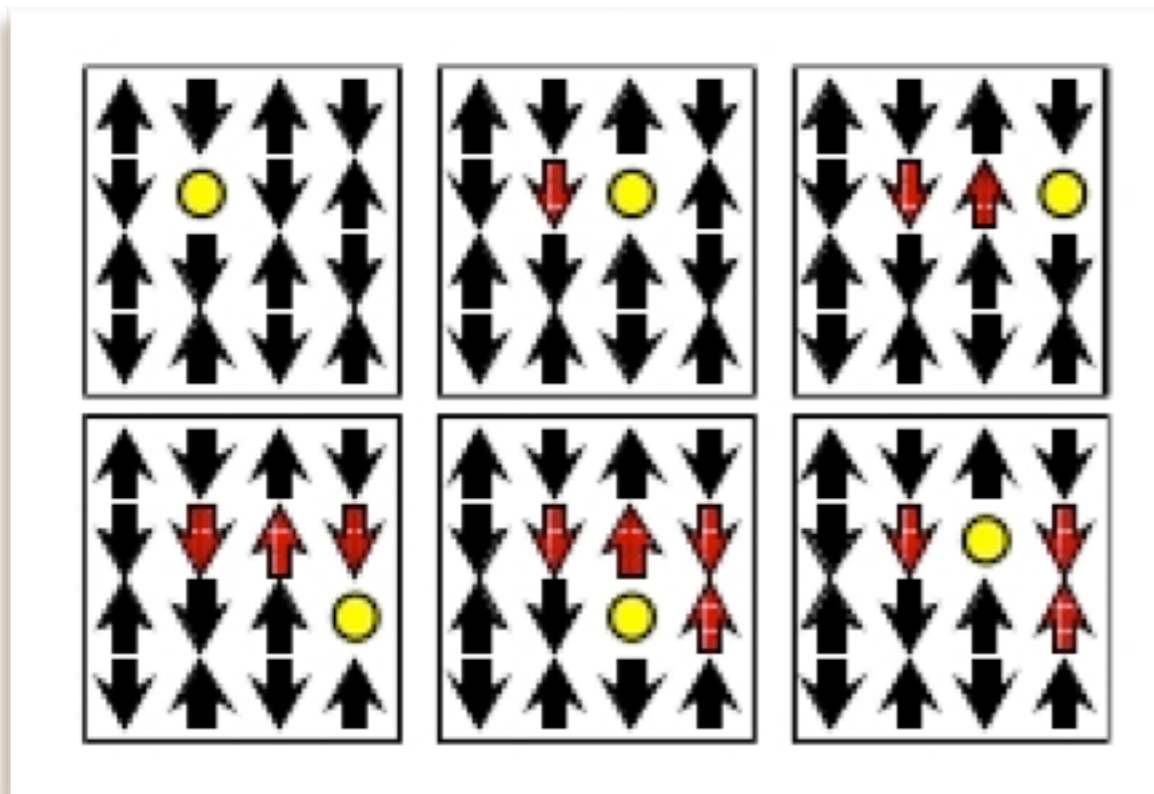
Posnetek relaksacijske dinamike v visokotemperaturnem superprevodniku $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$, $T_c = 96\text{K}$

Meritev spremembe reflektivnosti vzorca po vzbuditvi s kratkim laserskim pulzom



Simulacija relaksacijske dinamike foto vzbujenega nosilca naboja v spinskem ozadju

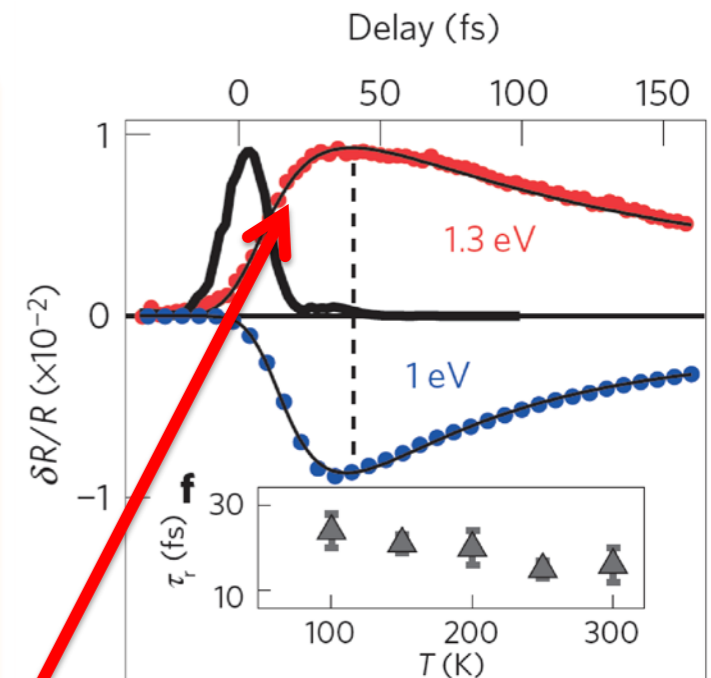
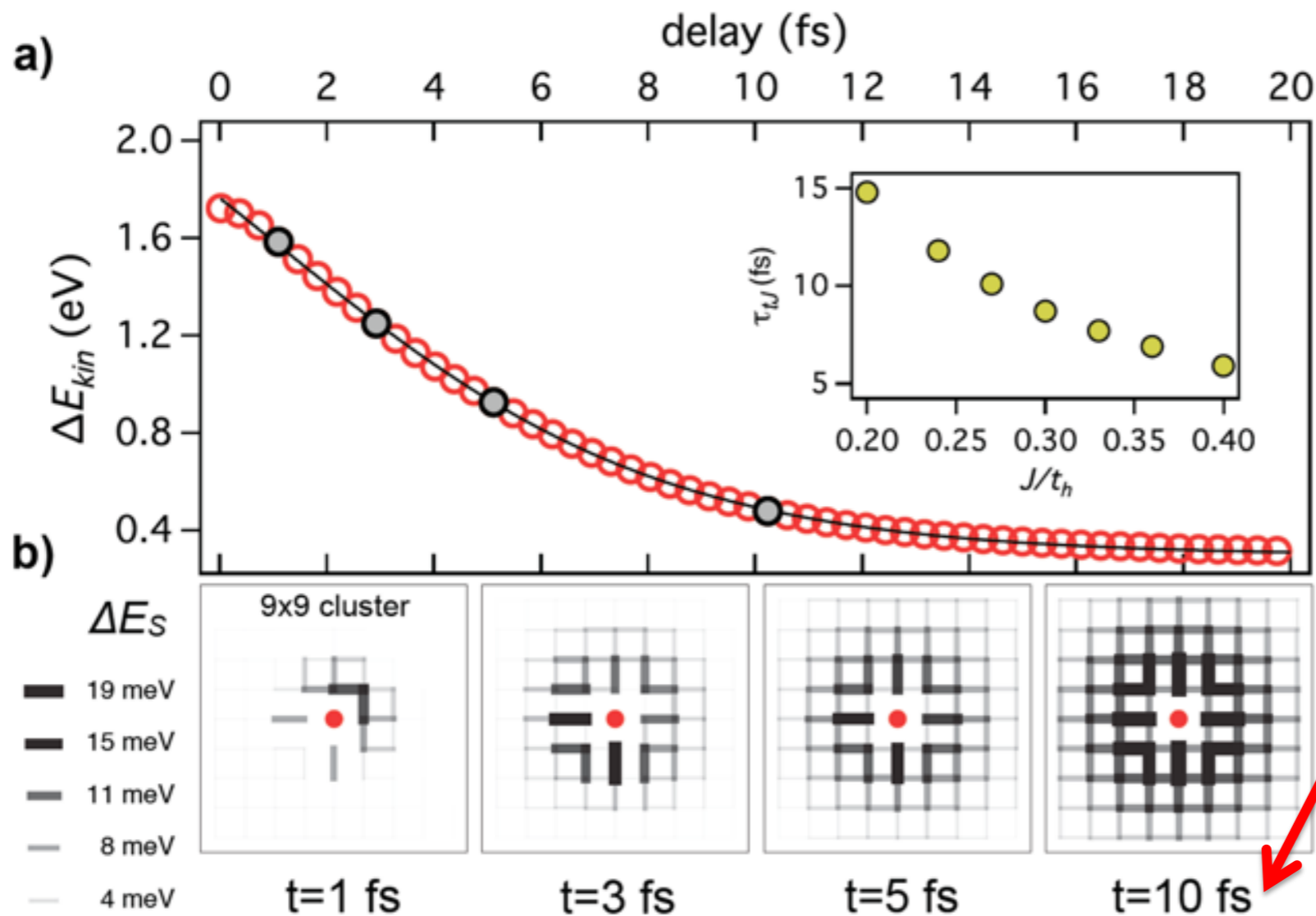
$$H = -t_0 \sum_{\langle l,j \rangle, \sigma} \left[e^{i\phi_{lj}(t)} \tilde{c}_{l,\sigma}^\dagger \tilde{c}_{j,\sigma} + \text{h.c.} \right] + J \sum_{\langle l,j \rangle} \mathbf{S}_l \mathbf{S}_j,$$



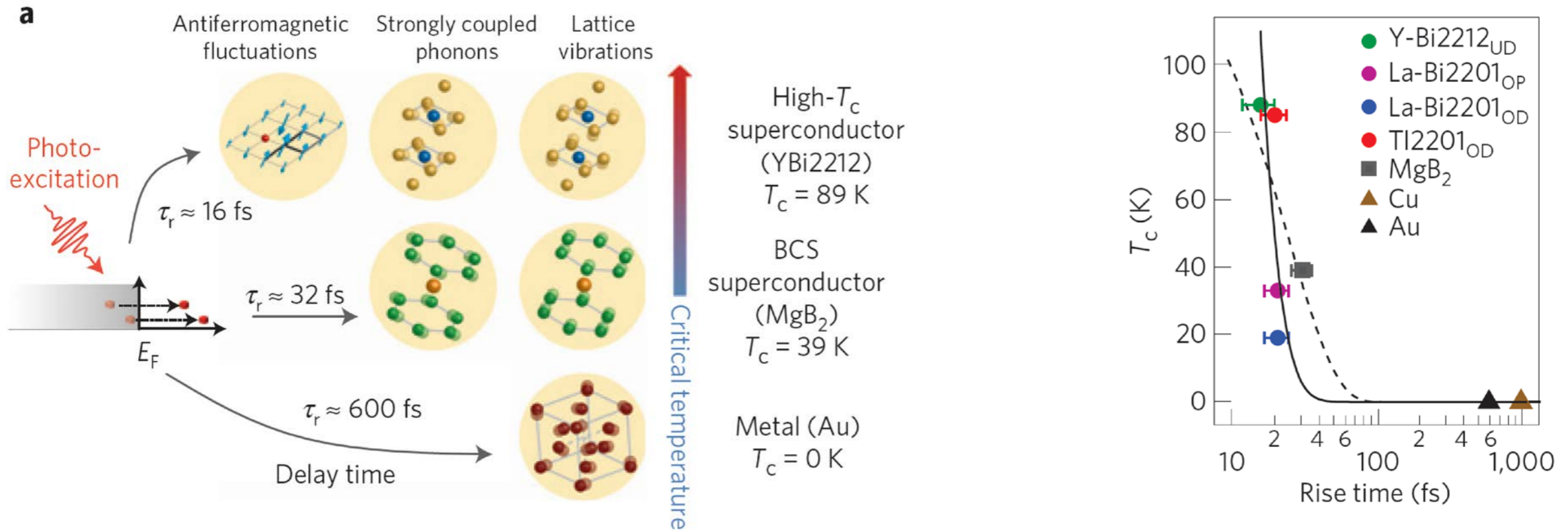
Časovni razvoj več-delčne valovne funkcije s cca 10^7 kvantnimi stanji

Simulacija relaksacijske dinamike foto vzbujenega nosilca naboja v spinskem ozadju

$$H = -t_0 \sum_{\langle l,j \rangle, \sigma} \left[e^{i\phi_{lj}(t)} \tilde{c}_{l,\sigma}^\dagger \tilde{c}_{j,\sigma} + \text{h.c.} \right] + J \sum_{\langle l,j \rangle} \mathbf{S}_l \mathbf{S}_j,$$



Zaključek



- Zakasnitveni čas τ numeričnih simulacij t - J modela se odlično ujema z izmerjenim
- Za superprevodnike z višjo temperaturo prehoda so značilne primerjalno manjše vrednosti zakasnitvenega časa τ

Publikacije:

- M. Mierzejewski, L. Vidmar, J.Bonča, P. Prelovšek, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 196401 (2011).
- M. Mierzejewski, J.Bonča, P. Prelovšek, *Phys. Rev. Lett.* **107**, 126601 (2011).*
- L. Vidmar, J.Bonča, T. Tohyama, and S. Maekawa, *Phys. Rev. Lett.*, **107**, 246404 (2011).
- J.Bonča, M. Mierzejewski, and L. Vidmar, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 156404 (2012).
- H. Lu, S. Sota, H. Matsueda, J.Bonča, and T.Tohyama, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 156404 (2012).
- D. Golež, J.Bonča, L. Vidmar, and S.A. Trugman: *Phys. Rev. Lett.* **109**, 236402 (2012).
- Dal Conte, L. Vidmar, D. Golez, M. Mierzejewski, G. Soavi, S. Peli, F. Banfi, G. Ferrini, R. Comin, B.M. Ludbrook, L. Chauviere, N.D. Zhigadlo, H. Eisaki, M. Greven, S. Lupi, A. Damascelli, D. Brida, M. Capone, J. Bonča, G. Cerullo, C. Giannetti. Snapshots of the retarded interaction of charge carriers with ultrafast fluctuations in cuprates, *Nature Physics*, **11**, , 421–426, (2015).
- J. Kogoj, M. Mierzejewski, and J. Bonca, *Phys. Rev. Lett.* **117**, 227002 (2016).