



Kvantová kovárna



friak@ipm.cz



Martin Friák

Ústav fyziky materiálů, v. v. i., Akademie věd České republiky



Materiály jsou spolehlivé, ale ...



friak@ipm.cz



Materiály určují epochy civilizace



Medieval Blacksmith | AllAboutLean.com

Role počítačů při vývoji materiálů



friak@ipm.cz



Materiály skutečné a virtuální



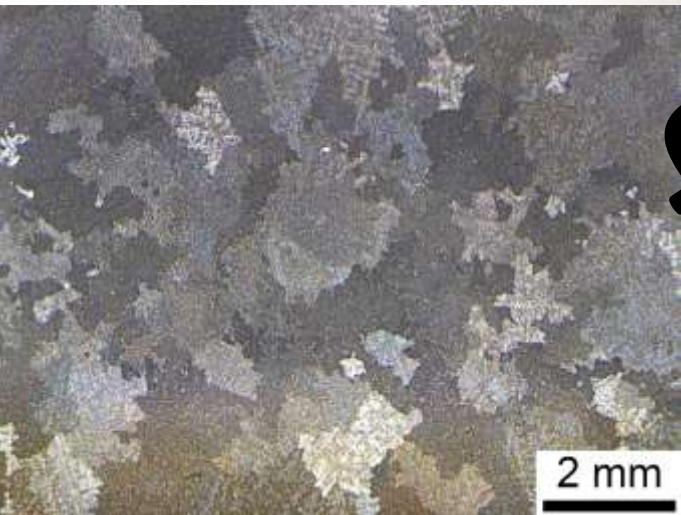
Cesta do nitra hmoty ... lopatky



friak@ipm.cz



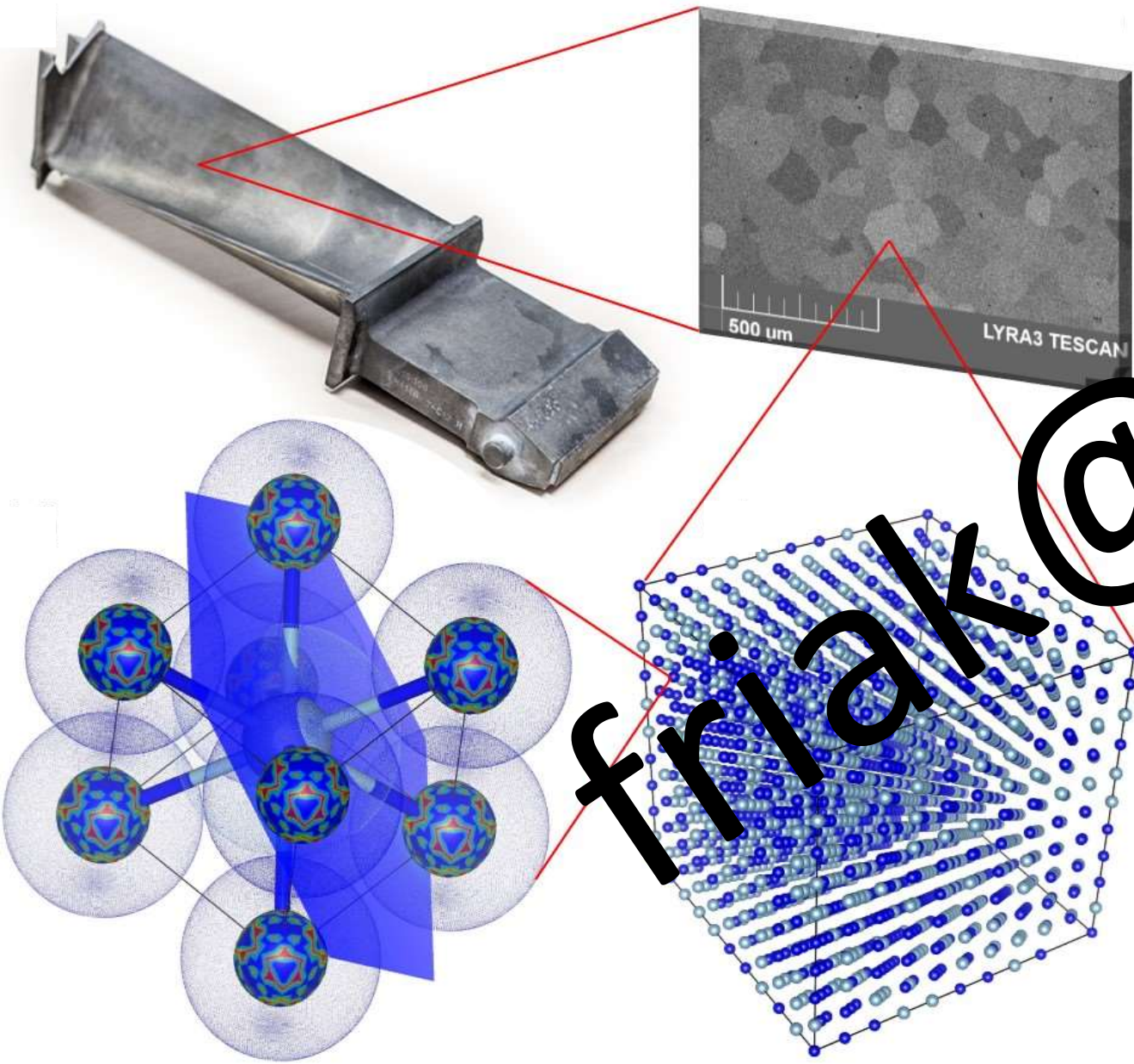
Cesta do nitra hmoty ... lopatky



friak@ipm.cz

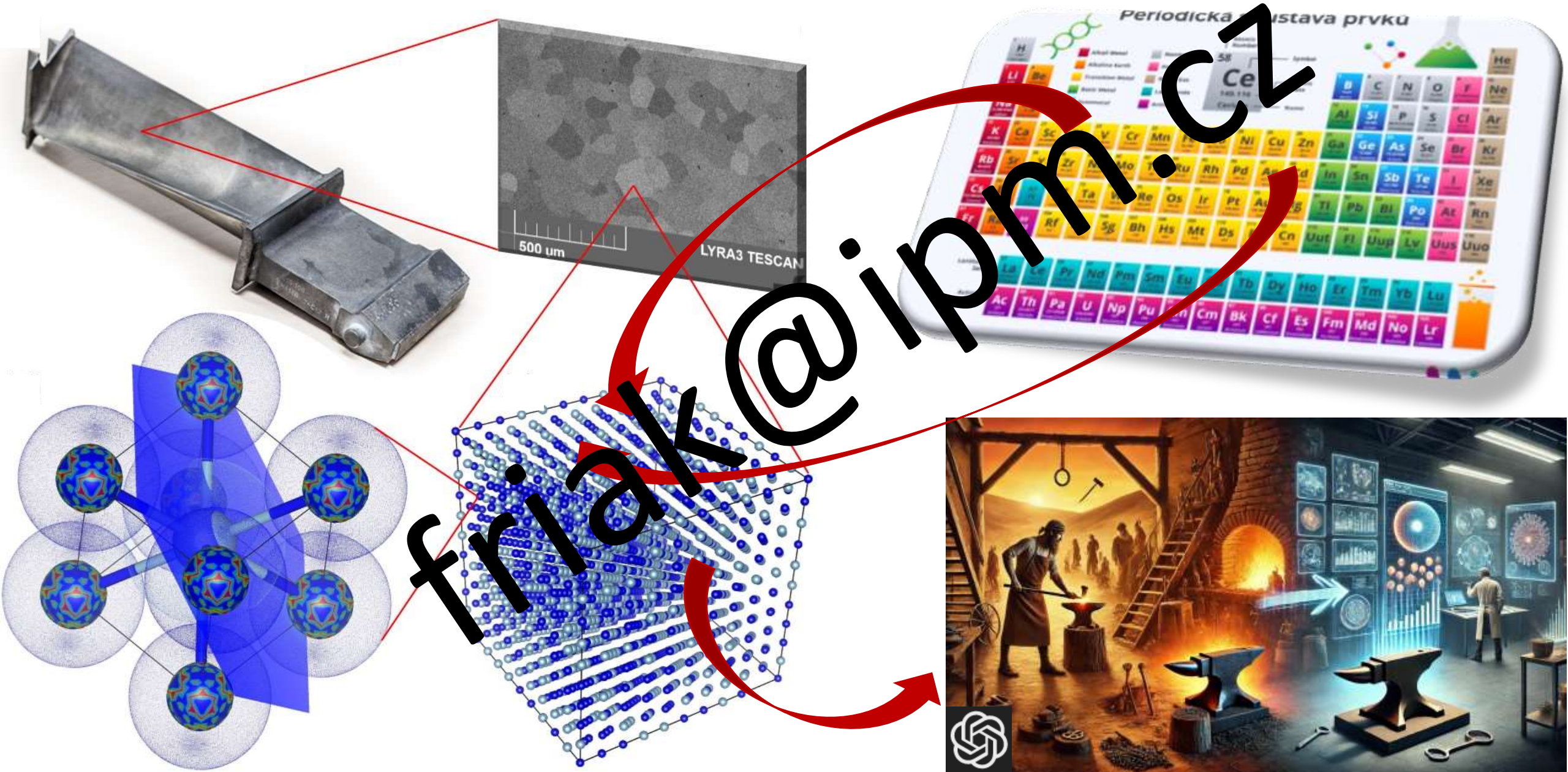


Cesta do nitra hmoty ... lopatky

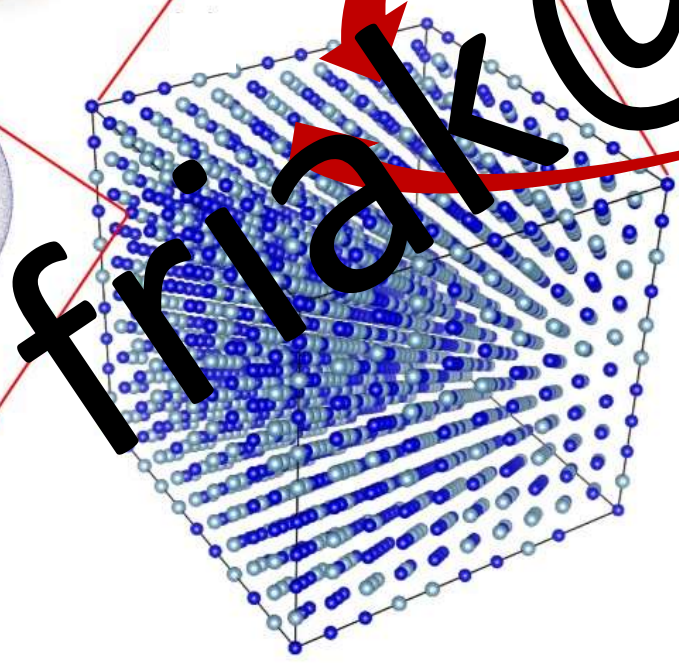
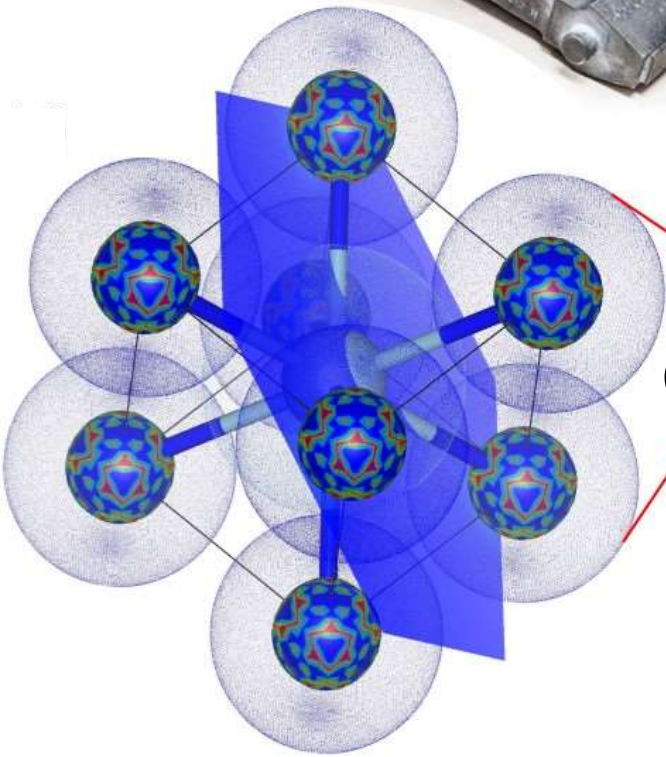
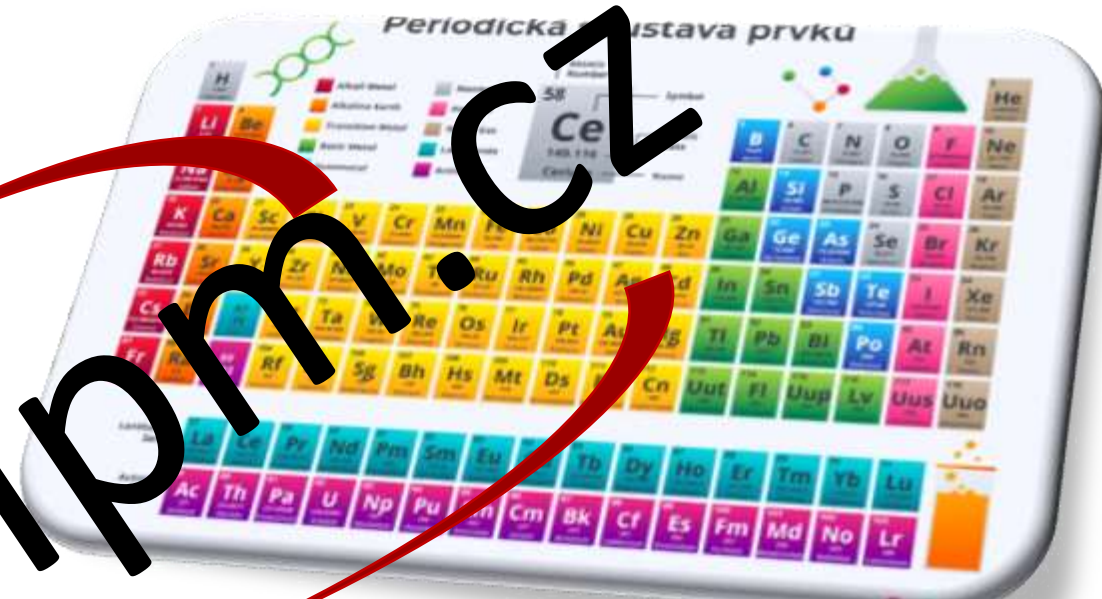
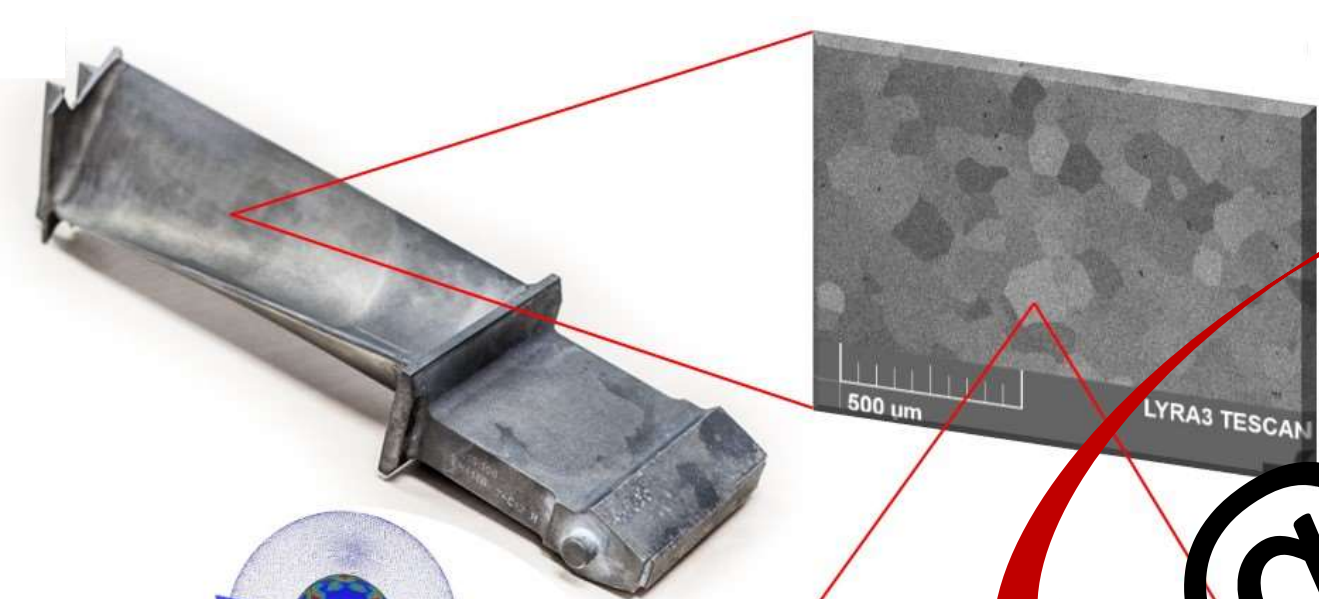


Rastrovací elektronový mikroskop
Tescan LYRA 3 XMH FEG/SEM

Teorií vedený vývoj materiálů...



Teorií vedený vývoj materiálů...



friak@ipm.cz

Popis pomocí kvantové mechaniky

Nesprávný popis materiálů ...



friak@ipm.cz

Nesprávný popis materiálů ...

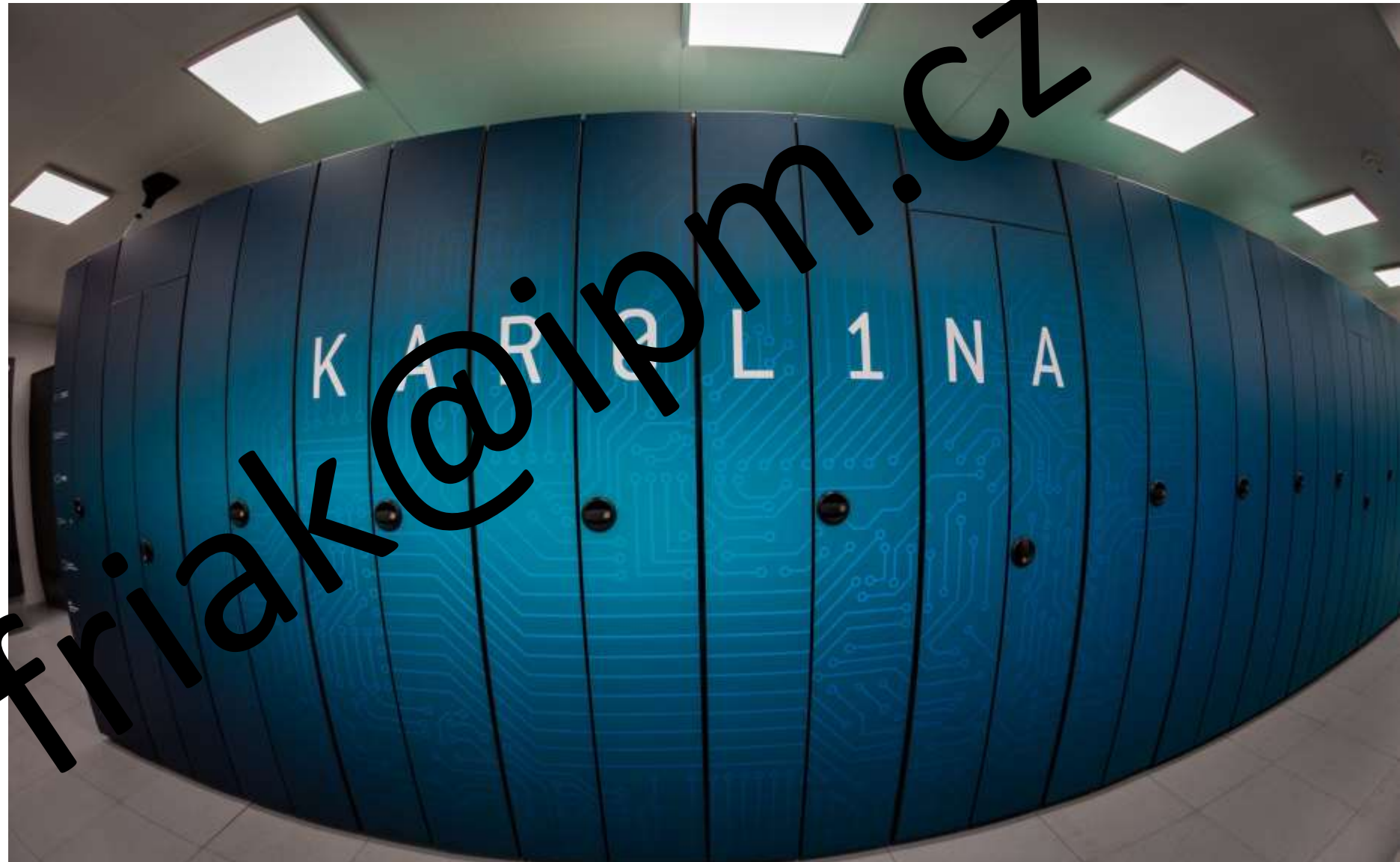


friak@ipm.cz

Vyžíváme (klasické) superpočítače

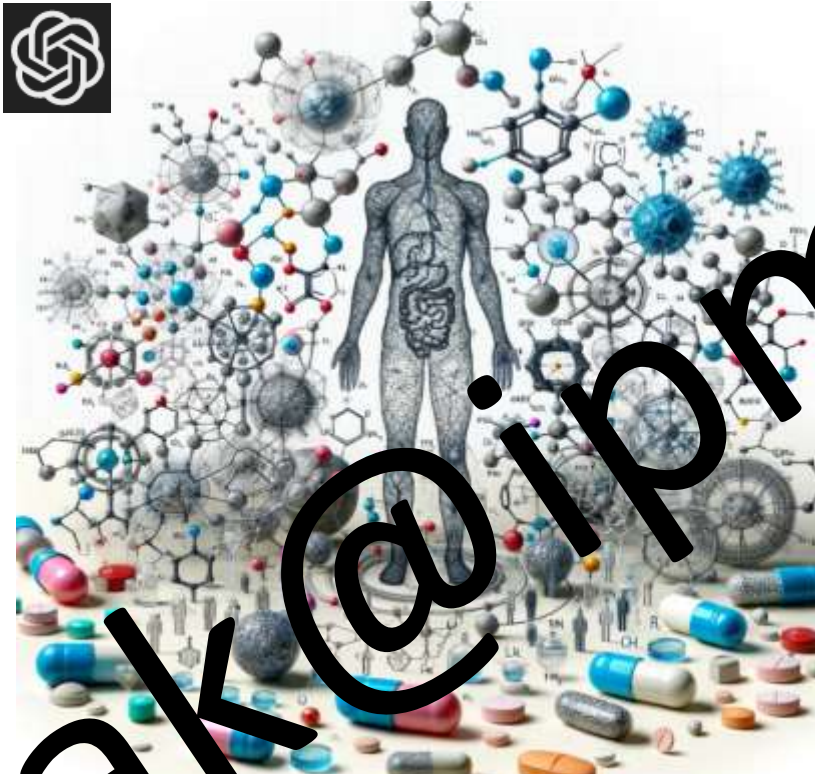


Náš superpočítač Miranda



Superpočítač Karolina v superpočítačovém centru IT4I na VŠB v Ostravě.

Co NEumíme spočítat na klasických počítačích?



Pomohou nám
kvantové počítače?

A co znamená „kvantový“?

Co znamená, že není klasický?

Svět klasické fyziky



friak@imn.cz

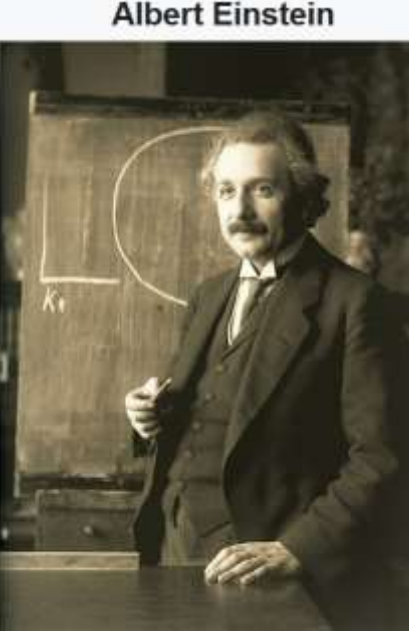


Kvantové jevy

fridak@ipm.cz



Objevitelé kvantového světa



Albert Einstein



Max Planck



Niels Bohr



Werner Heisenberg



Louis de Broglie



Erwin Schrödinger

Richard Phillips Feynman

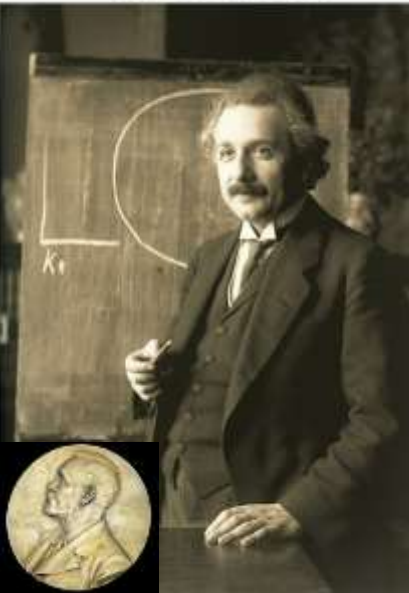


prof. Marie Curie-Skłodowska



Objevitelé kvantového světa

Albert Einstein



Max Planck



Niels Bohr



Werner Heisenberg



Louis de Broglie



Erwin Schrödinger



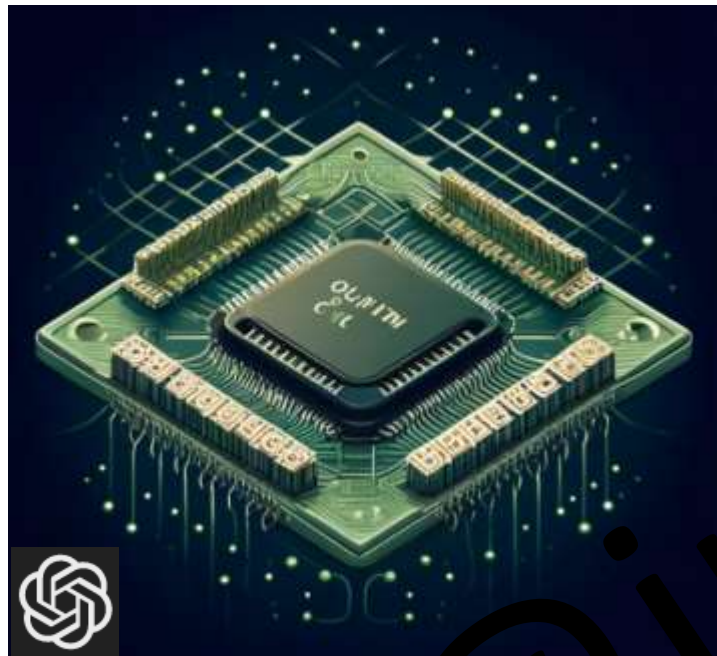
Richard Phillips Feynman



prof. Marie Curie-Skłodowska



klasický počítač



klasický bit



kvantový počítač

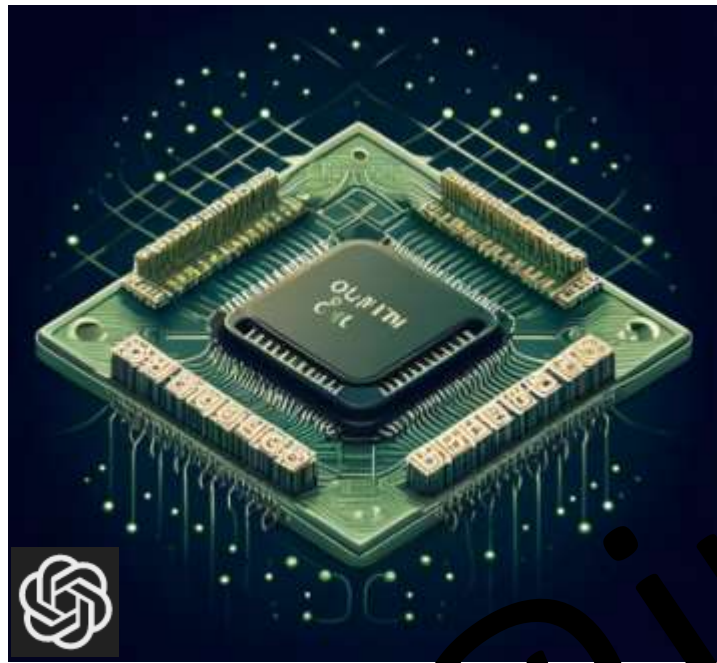


kvantový bit

qubit („kjůbit“)



klasický počítač



klasický bit



(!) výpočetní operace

kvantový počítač



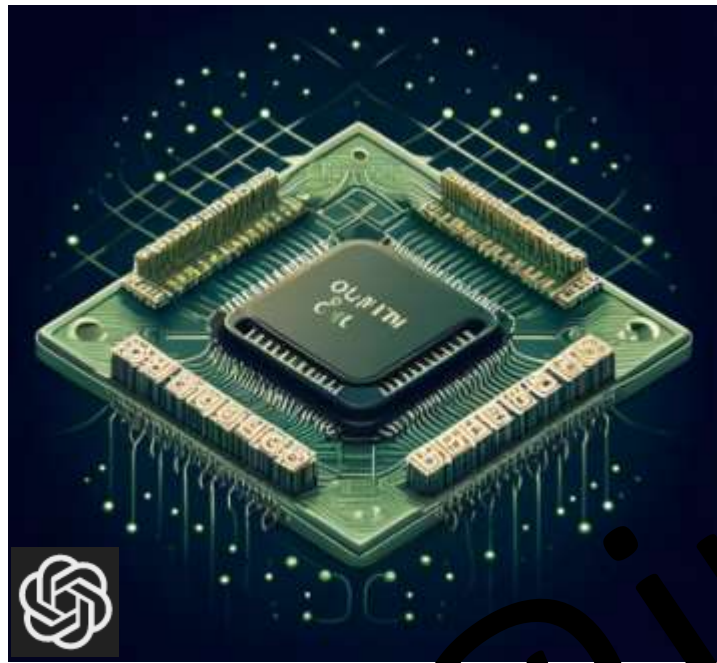
kvantový bit

qubit („kjůbit“)



1 operace

klasický počítač



klasický bit



kvantový počítač



kvantový bit
qubit („kjůbit“)

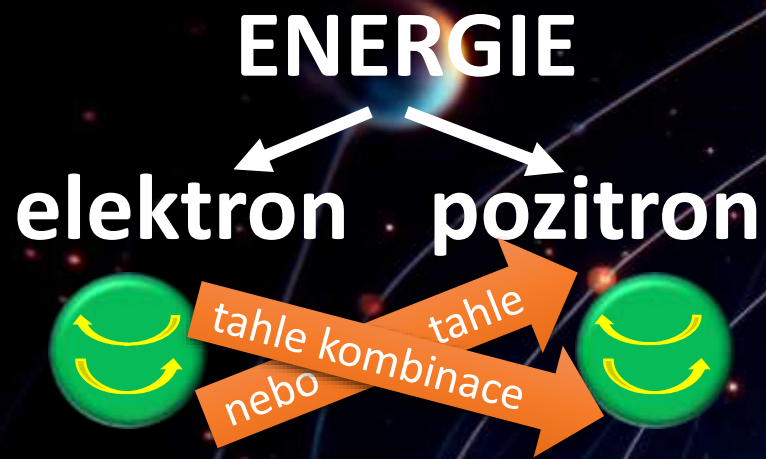


Kvantové provázání qubitů

friak@ipm.cz



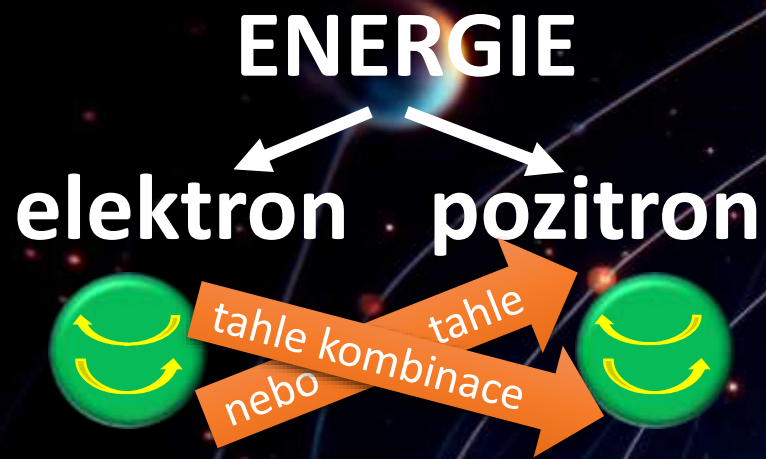
Kvantové provázání qubitů



friak@ipm.cz



Kvantové provázání qubitů



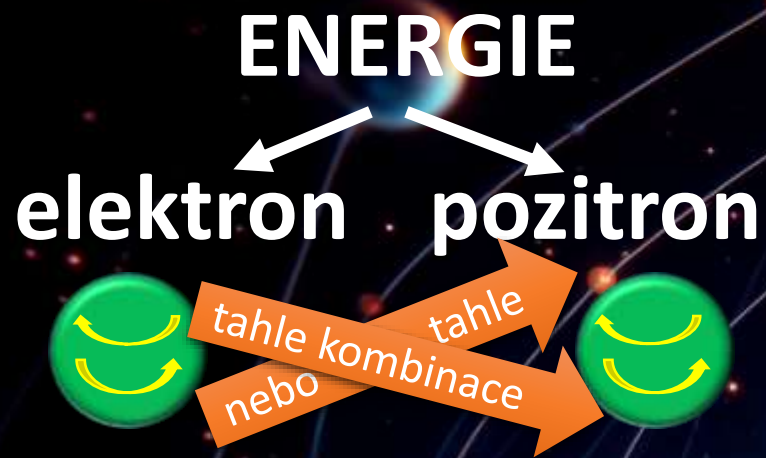
Jeden změříme
a dostaneme



friak@ipm.cz



Kvantové provázání qubitů

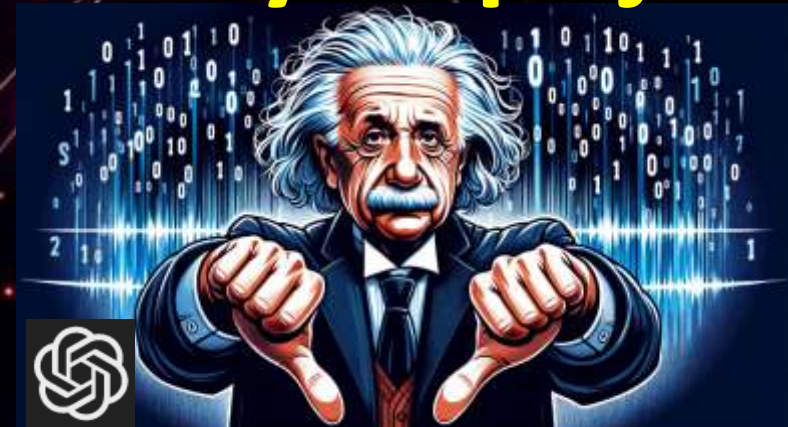


Jeden změříme
a dostaneme

bud'

nebo

Tohle Einstein
nikdy nepřijal.



Klasické počítání

Q

Klasicky provedeme 2 operace: s hodnotou 0 a hodnotou 1

Klasicky provedeme 4 operace: Pro každou z kombinací hodnot

$ Q_0\rangle$	$ Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_2\rangle Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_3\rangle Q_2\rangle Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_4Q_3Q_2Q_1Q_0\rangle$	$ Q_5Q_4Q_3Q_2Q_1Q_0\rangle$
0 = 0>	0 = 0> 0>	0 = 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0> 0> 0>
1 = 1>	1 = 0> 1>	1 = 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 0> 0> 1>
	2 = 1> 0>	2 = 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 0> 0> 1> 0>
	3 = 1> 1>	3 = 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 0> 0> 1> 1>
		4 = 1> 0> 0>	4 = 0> 1> 0> 0>	4 = 0> 0> 1> 0> 0>	4 = 0> 0> 0> 1> 0> 0>
		5 = 1> 0> 1>	5 = 0> 1> 0> 1>	5 = 0> 0> 1> 0> 1>	5 = 0> 0> 0> 1> 0> 1>
		6 = 1> 1> 0>	6 = 0> 1> 1> 0>	6 = 0> 0> 1> 1> 0>	6 = 0> 0> 0> 1> 1> 0>
		7 = 1> 1> 1>	7 = 0> 1> 1> 1>	7 = 0> 0> 1> 1> 1>	7 = 0> 0> 0> 1> 1> 1>
			8 = 1> 0> 0> 0>	8 = 0> 1> 0> 0> 0>	8 = 0> 0> 1> 0> 0> 0>
			9 = 1> 0> 0> 1>	9 = 0> 1> 0> 0> 1>	9 = 0> 0> 1> 0> 0> 1>
			10 = 1> 0> 1> 0>	10 = 0> 1> 0> 1> 0>	10 = 0> 0> 1> 0> 1> 0>
			11 = 1> 0> 1> 1>	11 = 0> 1> 0> 1> 1>	11 = 0> 0> 1> 0> 1> 1>
			12 = 1> 1> 0> 0>	12 = 0> 1> 1> 0> 0>	12 = 0> 0> 1> 1> 0> 0>
			13 = 1> 1> 0> 1>	13 = 0> 1> 1> 0> 1>	13 = 0> 0> 1> 1> 0> 1>
			14 = 1> 1> 1> 0>	14 = 0> 1> 1> 1> 0>	14 = 0> 0> 1> 1> 1> 0>
			15 = 1> 1> 1> 1>	15 = 0> 1> 1> 1> 1>	15 = 0> 0> 1> 1> 1> 1>
				16 = 1> 0> 0> 0> 0>	16 = 0> 1> 0> 0> 0> 0>
				17 = 1> 0> 0> 0> 1>	17 = 0> 1> 0> 0> 0> 1>
				18 = 1> 0> 0> 1> 0>	18 = 0> 1> 0> 0> 1> 0>
				19 = 1> 0> 0> 1> 1>	19 = 0> 1> 0> 0> 1> 1>
				20 = 1> 0> 1> 0> 0>	20 = 0> 1> 0> 1> 0> 0>
				21 = 1> 0> 1> 0> 1>	21 = 0> 1> 0> 1> 0> 1>
				22 = 1> 0> 1> 1> 0>	22 = 0> 1> 0> 1> 1> 0>
				23 = 1> 0> 1> 1> 1>	23 = 0> 1> 0> 1> 1> 1>
				24 = 1> 1> 0> 0> 0>	24 = 0> 1> 1> 0> 0> 0>
				25 = 1> 1> 0> 0> 1>	25 = 0> 1> 1> 0> 0> 1>
				26 = 1> 1> 0> 1> 0>	26 = 0> 1> 1> 0> 1> 0>
				27 = 1> 1> 0> 1> 1>	27 = 0> 1> 1> 0> 1> 1>
				28 = 1> 1> 1> 0> 0>	28 = 0> 1> 1> 1> 0> 0>
				29 = 1> 1> 1> 0> 1>	29 = 0> 1> 1> 1> 0> 1>
				30 = 1> 1> 1> 1> 0>	30 = 0> 1> 1> 1> 1> 0>
				31 = 1> 1> 1> 1> 1>	31 = 0> 1> 1> 1> 1> 1>

friak@ipm.cz



klasický
počítač



kvantový
počítač

friak@ipm.cz

Na
každé
další políčko
2 krát víc



Klasické počítání

$ Q_0\rangle$	$ Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_2\rangle Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_3\rangle Q_2\rangle Q_1\rangle Q_0\rangle$	$ Q_4Q_3Q_2Q_1Q_0\rangle$	$ Q_5Q_4Q_3Q_2Q_1Q_0\rangle$
0 = 0>	0 = 0> 0>	0 = 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0> 0>	0 = 0> 0> 0> 0> 0> 0>
1 = 1>	1 = 0> 1>	1 = 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 0> 1>	1 = 0> 0> 0> 0> 0> 1>
	2 = 1> 0>	2 = 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 0> 1> 0>	2 = 0> 0> 0> 0> 1> 0>
	3 = 1> 1>	3 = 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 0> 1> 1>	3 = 0> 0> 0> 0> 1> 1>
		4 = 1> 0> 0>	4 = 0> 1> 0> 0>	4 = 0> 0> 1> 0> 0>	4 = 0> 0> 0> 1> 0> 0>
		5 = 1> 0> 1>	5 = 0> 1> 0> 1>	5 = 0> 0> 1> 0> 1>	5 = 0> 0> 0> 1> 0> 1>
		6 = 1> 1> 0>	6 = 0> 1> 1> 0>	6 = 0> 0> 1> 1> 0>	6 = 0> 0> 0> 1> 1> 0>
		7 = 1> 1> 1>	7 = 0> 1> 1> 1>	7 = 0> 0> 1> 1> 1>	7 = 0> 0> 0> 1> 1> 1>
			8 = 1> 0> 0> 0>	8 = 0> 1> 0> 0> 0>	8 = 0> 0> 1> 0> 0> 0>
			9 = 1> 0> 0> 1>	9 = 0> 1> 0> 0> 1>	9 = 0> 0> 1> 0> 0> 1>
			10 = 1> 0> 1> 0>	10 = 0> 1> 0> 1> 0>	10 = 0> 0> 1> 0> 1> 0>
			11 = 1> 0> 1> 1>	11 = 0> 1> 0> 1> 1>	11 = 0> 0> 1> 0> 1> 1>
			12 = 1> 1> 0> 0>	12 = 0> 1> 1> 0> 0>	12 = 0> 0> 1> 1> 0> 0>
			13 = 1> 1> 0> 1>	13 = 0> 1> 1> 0> 1>	13 = 0> 0> 1> 1> 0> 1>
			14 = 1> 1> 1> 0>	14 = 0> 1> 1> 1> 0>	14 = 0> 0> 1> 1> 1> 0>
			15 = 1> 1> 1> 1>	15 = 0> 1> 1> 1> 1>	15 = 0> 0> 1> 1> 1> 1>
				16 = 1> 0> 0> 0> 0>	16 = 0> 1> 0> 0> 0> 0>
				17 = 1> 0> 0> 0> 1>	17 = 0> 1> 0> 0> 0> 1>
				18 = 1> 0> 0> 1> 0>	18 = 0> 1> 0> 0> 1> 0>
				19 = 1> 0> 0> 1> 1>	19 = 0> 1> 0> 0> 1> 1>
				20 = 1> 0> 1> 0> 0>	20 = 0> 1> 0> 1> 0> 0>
				21 = 1> 0> 1> 0> 1>	21 = 0> 1> 0> 1> 0> 1>
				22 = 1> 0> 1> 1> 0>	22 = 0> 1> 0> 1> 1> 0>
				23 = 1> 0> 1> 1> 1>	23 = 0> 1> 0> 1> 1> 1>
				24 = 1> 1> 0> 0> 0>	24 = 0> 1> 1> 0> 0> 0>
				25 = 1> 1> 0> 0> 1>	25 = 0> 1> 1> 0> 0> 1>
				26 = 1> 1> 0> 1> 0>	26 = 0> 1> 1> 0> 1> 0>
				27 = 1> 1> 0> 1> 1>	27 = 0> 1> 1> 0> 1> 1>
				28 = 1> 1> 1> 0> 0>	28 = 0> 1> 1> 1> 0> 0>
				29 = 1> 1> 1> 0> 1>	29 = 0> 1> 1> 1> 0> 1>
				30 = 1> 1> 1> 1> 0>	30 = 0> 1> 1> 1> 1> 0>
				31 = 1> 1> 1> 1> 1>	31 = 0> 1> 1> 1> 1> 1>

Klasicky provedeme 2 operace: s hodnotou 0 a hodnotou 1

Klasicky provedeme 4 operace: Pro každou z kombinací hodnot

Firma IBM momentálně nabízí přes 100 kvantově provázaných qubitů
 $2^{100} =$
 1 267 650 600 228 230 000 000 000 000 000

friak@ipm.cz



Záplava dat a výsledků

fridak@ipm.cz



Příklad kvantového počítače



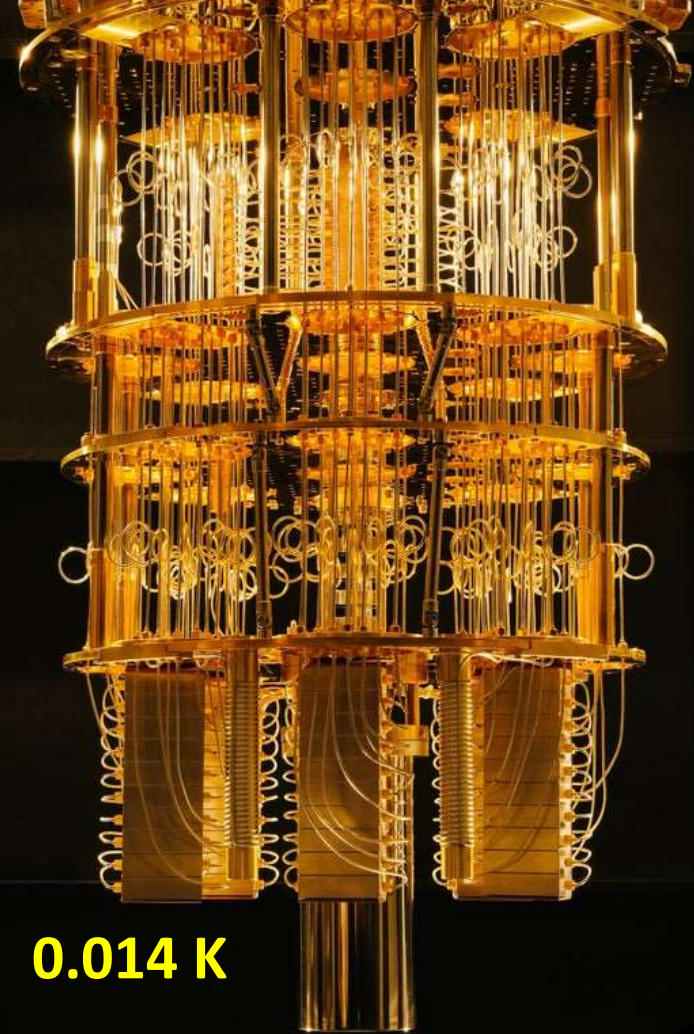
IBM Quantum
System One

<https://www.ibm.com/quantum/technology>

Příklad kvantového počítače



Kvantový počítač v Ostravě vyjde na
165 milionů korun

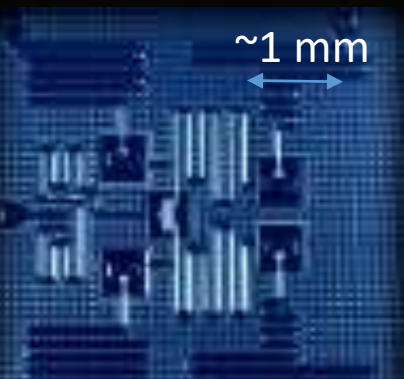


Pokojová
teplota

Vlastně velká „lednička“



0.014 K



~1 mm

IBM Quantum
System One

<https://www.ibm.com/quantum/technology>

Jedno z nejstudenějších míst ve vesmíru

Vlastně velká „lednička“

Když se
nikdo
„nedívá“

Když se
někdo
„podívá“

0&1



bud'



0

nebo



1

IBM Quantum
System One

<https://www.ibm.com/quantum/technology>

Jedno z nejstudenějších míst ve vesmíru ...

Vlastně velká „lednička“

Hugh Everett III



Když se
nikdo
„nedívá“

Když se
někdo
„podívá“

0&1



bud'



0

nebo



1



Prý se zde oddělil
paralelní vesmír ...

IBM Quantum
System One

<https://www.ibm.com/quantum/technology>

Jedno z nejstudenejších míst ve vesmíru ...



friak@ipm.cz

Kvantové hrozby!



analogová
minulost

digitální
přítomnost

kvantová
budoucnost



Kvantové počítače jsou kvalitativně odlišné



friak@ipm.cz



A co ta „kvantová raketa“ umí? Zatím nic moc!

V letech 2001 - 2009:

15 = 3 x 5 ... součin 2 prvočísel

Vize pro rok 2029:

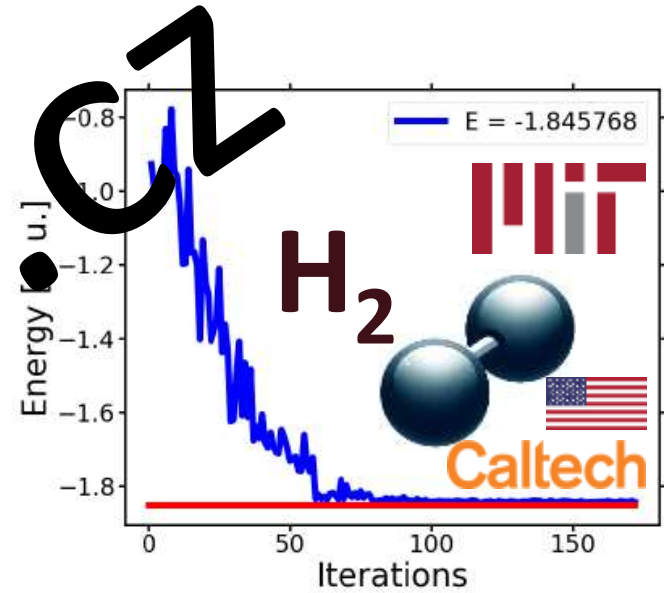


251959084756578934940271832400483985714...282126...403202777713783604366202070
7595556264018525880784406918290641249515...18929...59149176184502808489120072
844992687392807287776735971418347270261896...50149718246911650776133798590957
0009733045974880842840179742910064245869181719511874612151517265463228221686
9987549182422433637259085141865462043576798423387184774447920739934236584823
8242811981638150106748104516603773060562016196762561338441436038339044149526
3443219011465754445417842402092461651572335077870774981712577246796292638635
6373289912154831438167899885040445364023527381951378636564391212010397122822
120720357 ... také součin 2 prvočísel, jen nikdo neví jakých

V roce 2020:



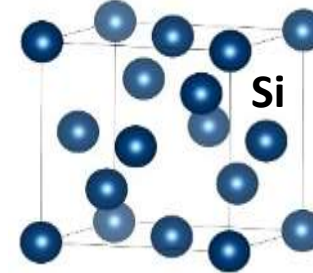
Mgr. Ivana Miháliková



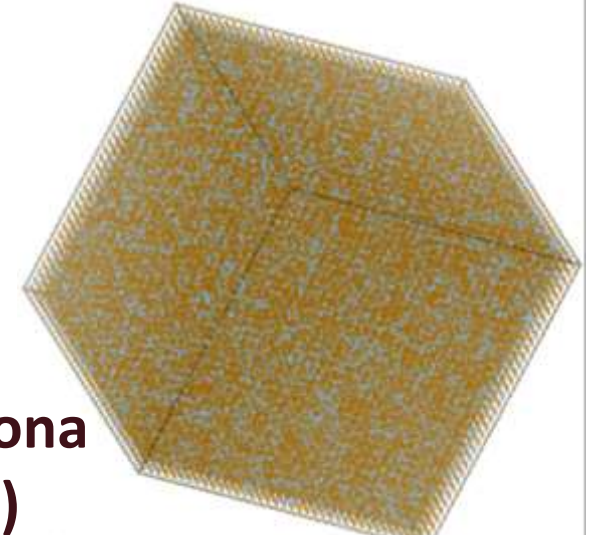
V roce 2024:



Mgr. Michal Krejčí



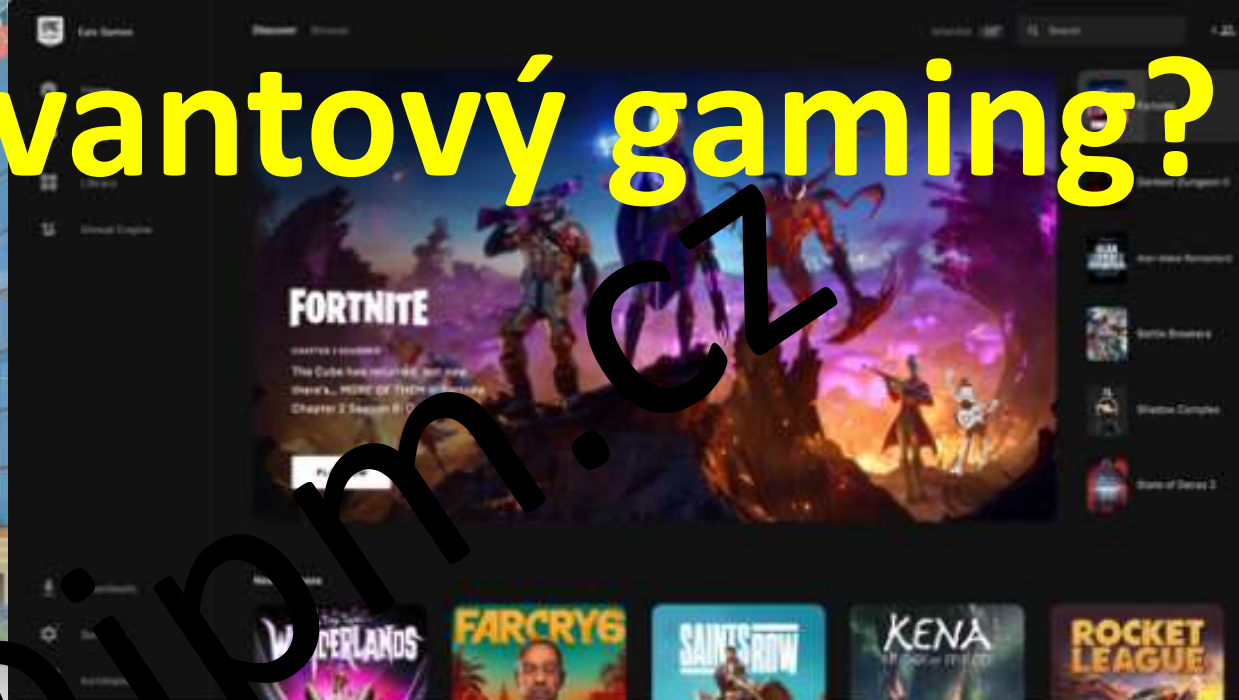
Naše vize 2029:



100 tisíc atomů
(podle Moorova zákona
někdy v roce 2070 ...)

ROBLOX

Kvantový gaming?



friak@ipbm.cz



Kvantová kovárna



Martin Friák

Ústav fyziky materiálů, v. v. i., Akademie věd České republiky



Kdy přijde kvantová nadvláda?

friak@ipm.cz



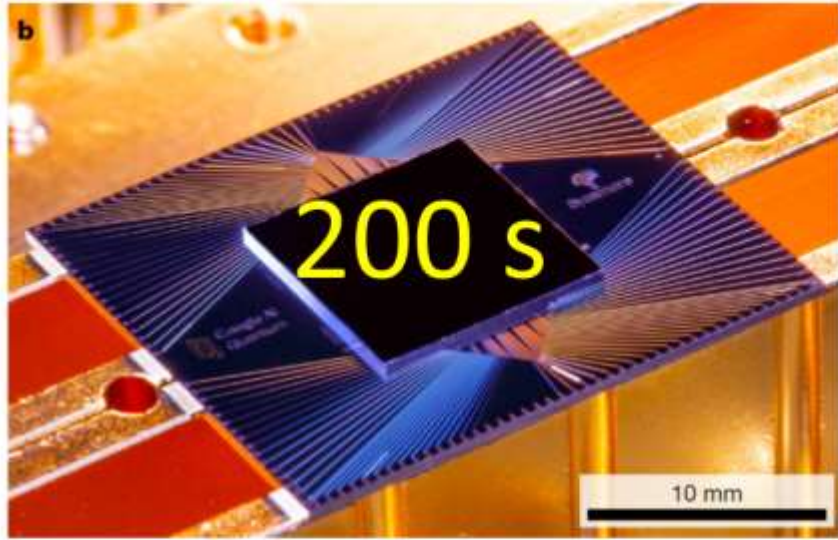


Fig. 1 | The Sycamore processor.

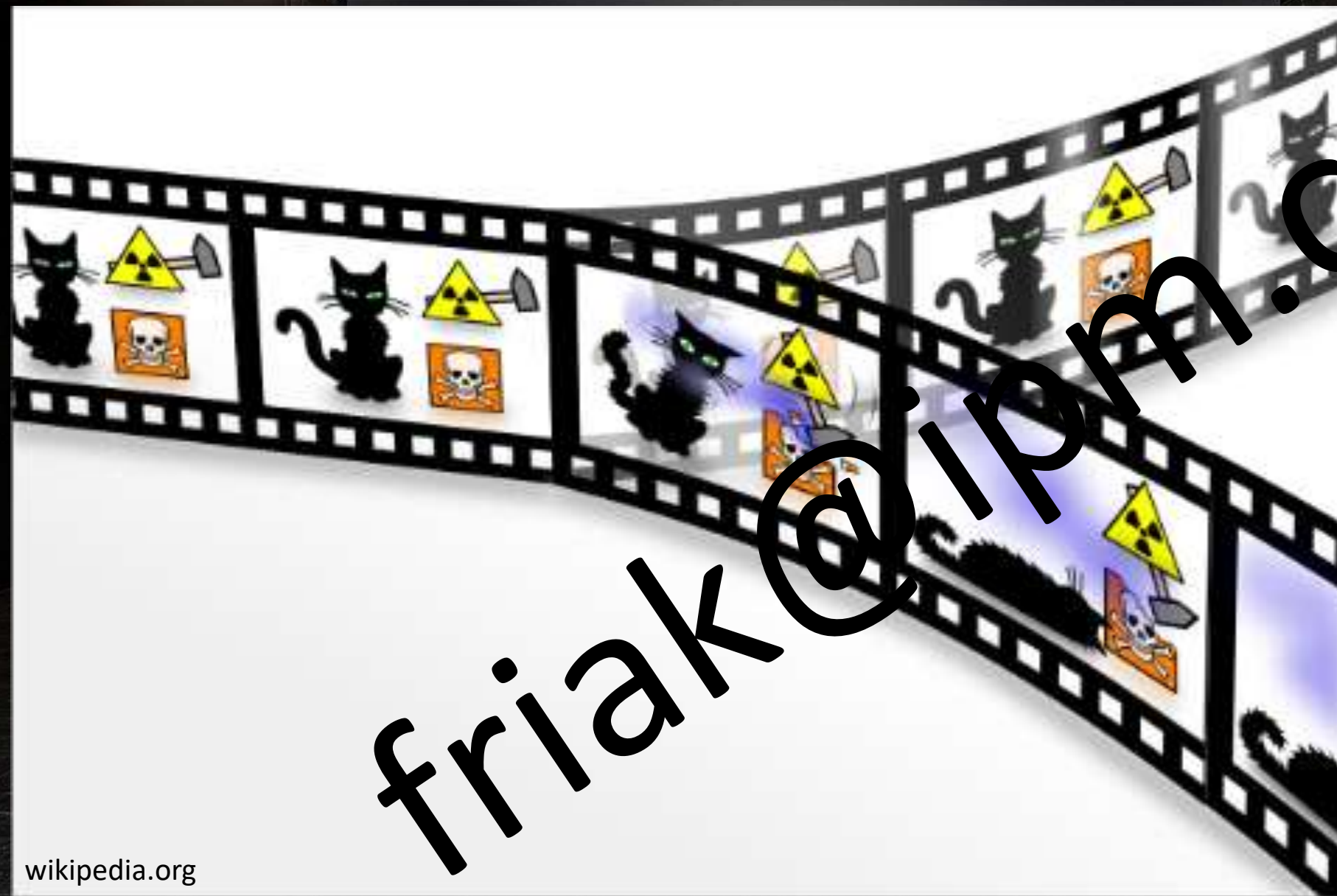
Google



Jiuzhang je 76-qubitový kvantový počítač na Univerzitě vědy a technologie v Číně, který je 10 miliardkrát rychlejší než Sycamore.



Hugh Everett III



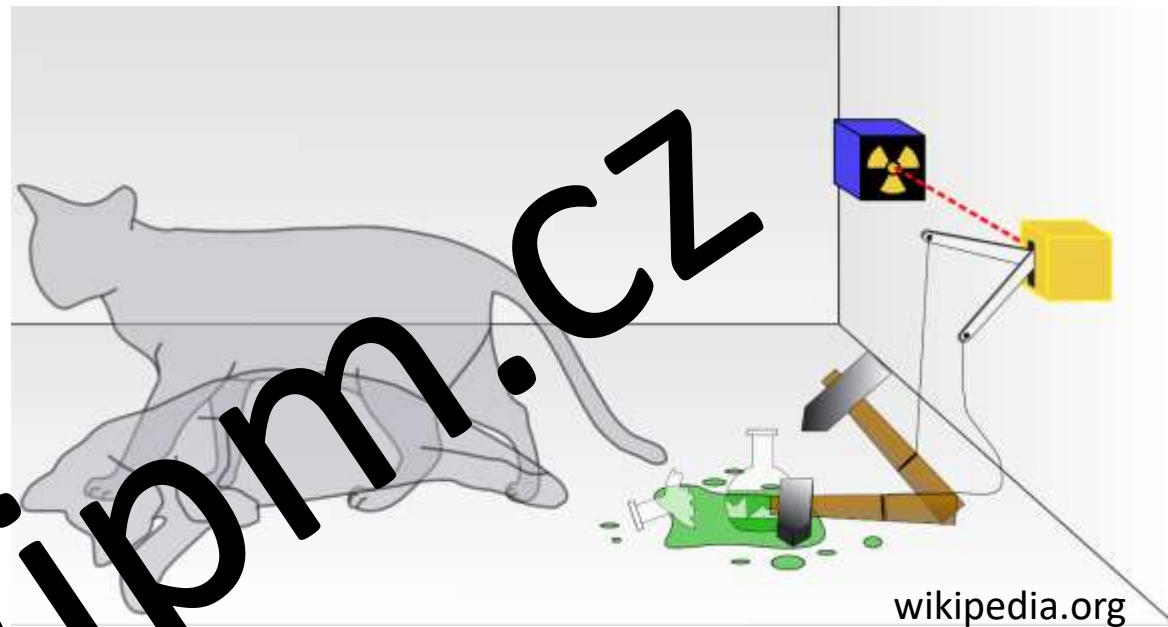
wikipedia.org



Prý se zde oddělil
paralelní vesmír ...

Jedno z nejstudenějších míst ve vesmíru ...

Schrödingerova kočka



kvantový
počítač



kvantový bit
qubit („kjůbit“)





Budoucnost kvantových počítačů?

fridak@ibm.cz



Budou nám ku prospěchu, nebo ke zkáze?



friak@ipm.cz

To je na nás ...



Kvantová „podstata života“

friak@ipm.cz



Kvantový počítač má i své „ale“ ...

2.2 2.0 1.7 2.0

1 + 1 = 1.7 1.8 2.1 1.9 2.0 2.0

2.0 2.0 1.9 0.5 2.0 1.8 2.0 2.2

1.7 2.0 2.0 2.0 1.5 2.2 2.0

2.1 2.0 2.1 2.0 2.2 2.0 1.5

0.5 2.0 0.5 1.7 2.0 1.5 2.0

0.5 2.0 3.5 2.1 2.0



Kvantové počítače + umělá inteligence

Zkusíte si
dostat Váš
mozek do ...

„kvantového
qubitového
stavu“?

friak@ipm.cz



Zkusíte si
dostat Váš
mozek do ...

„kvantového
qubitového
stavu“?

Promluvme
si o zahradičení ...

friak@ipm.cz

A central image of a human brain, split vertically. The left hemisphere is colored in shades of blue and purple, while the right is in shades of pink and red. The brain is surrounded by a complex network of glowing lines and nodes, resembling a neural network or a quantum circuit. The background is dark with various colored lights and patterns, creating a futuristic and high-tech atmosphere.


Zkusíte si
dostat Váš
mozek do ...

„kvantového
qubitového
stavu“?

Promluvme
si o zahradničení ...

a zahrad ničení ...

friak@ipm.cz





Představte si zahradničení a zahrad ničení ...

friaak@ipm.cz



Pro zvědavé mezi Vámi: kam dál?



FZU

Fyzikální ústav
Akademie věd
České republiky



ÚSTAV FYZIKY MATERIÁLŮ
Akademie věd České republiky, v. v. i.



MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA
Univerzita Karlova

M U N I
S C I



Univerzita Palackého
v Olomouci



Role počítačů při vývoji materiálů



Superpočítač Miranda na ÚFM



Medieval Blacksmith | AllAboutLean.com



Role počítačů při vývoji materiálů

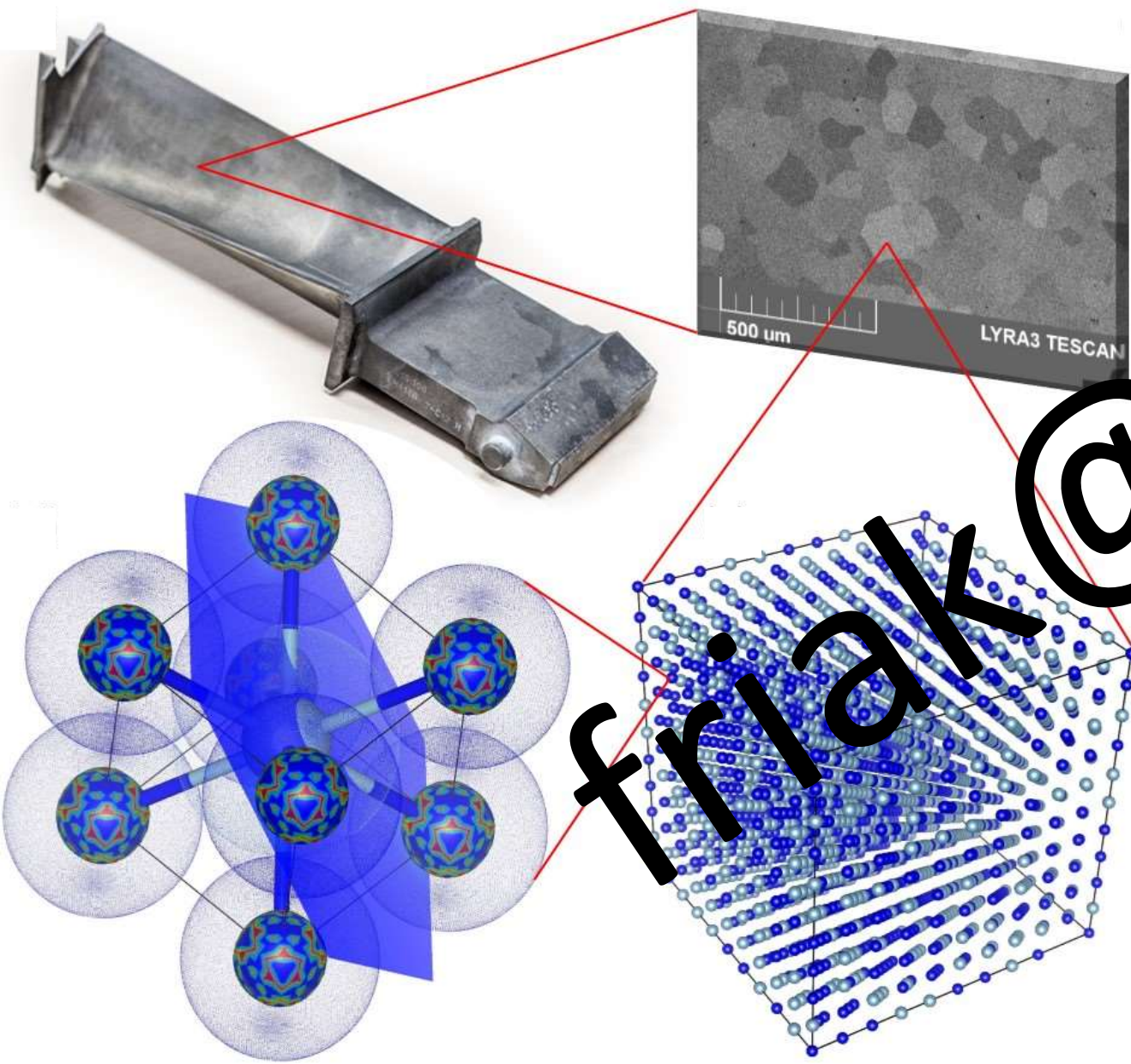


Superpočítač Miranda na ÚFM

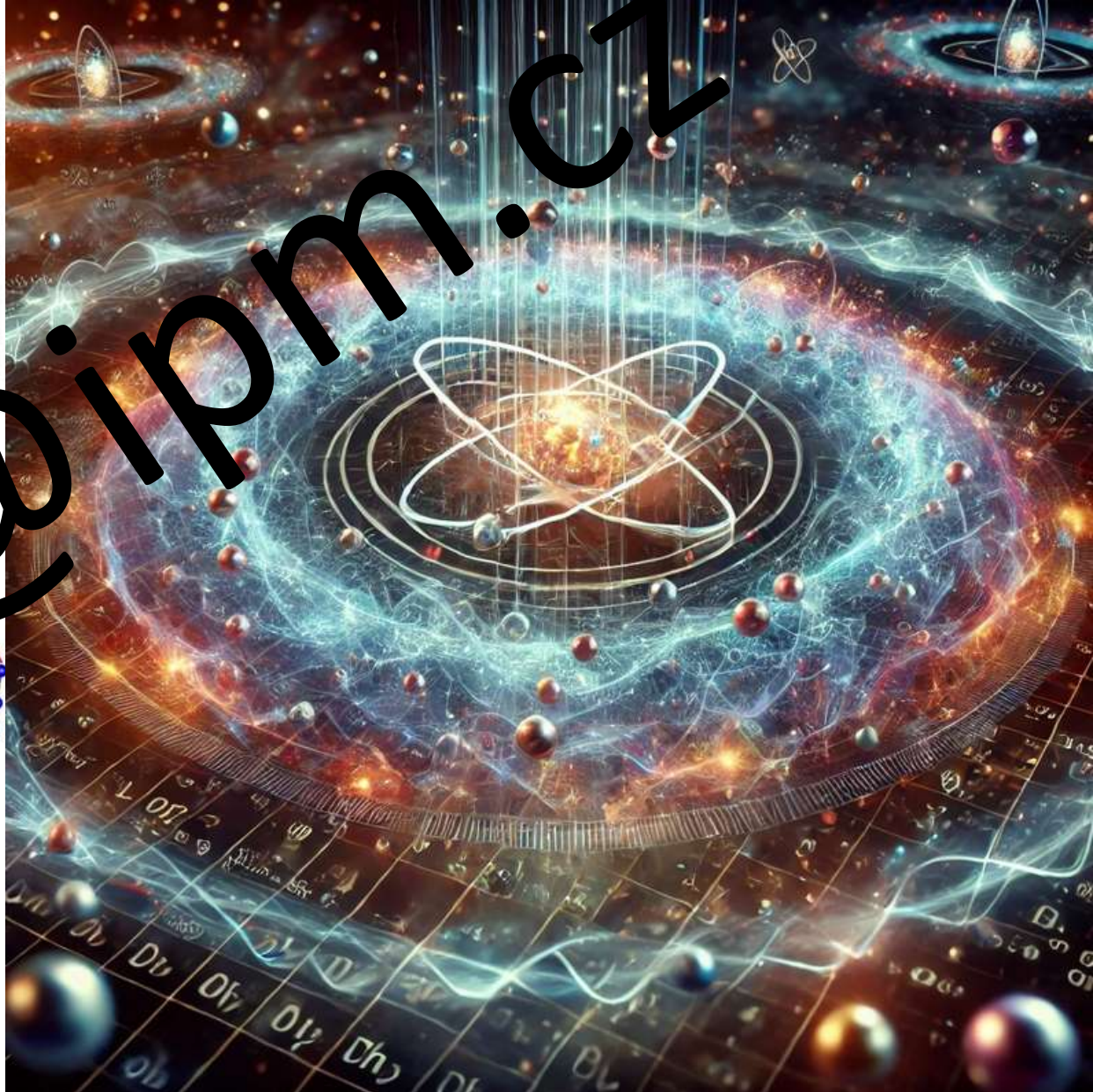


Popis materiálů pomocí kvantové mechaniky

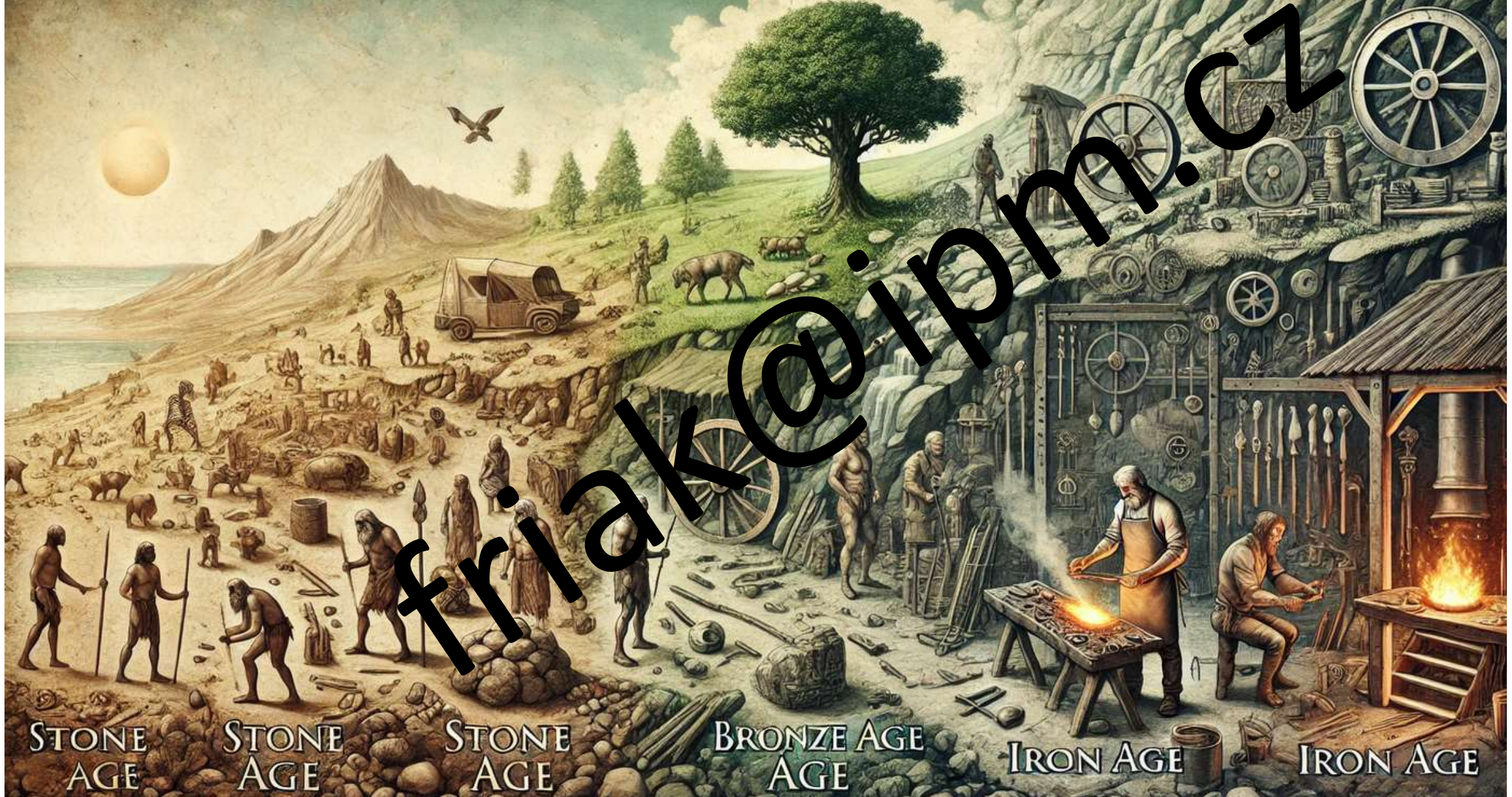
Cesta do nitra hmoty ...



friak@ipm.cz



Materiály určují epochy civilizace



Vlastně velká „lednička“.



IBM Quantum
System One

<https://www.ibm.com/quantum/technology>

Jedno z nejstudenějších míst ve vesmíru ...

Vaše sladká odměna

V klasickém světě buď sušenka, nebo lízátko



friak@ipm.cz

V kvantovém světě klidně obojí ...