



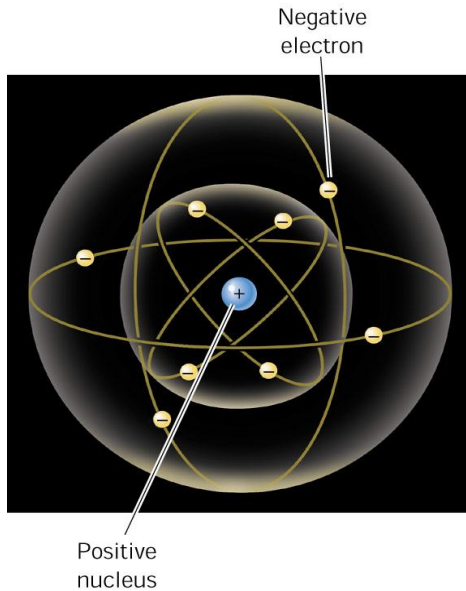
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

# ნობელიანტების ექსპერიმენტები ზეგამტარობა

*ალექსანდრე შენგელაია*

*ივანე ჯავახიშვილის სახელობის  
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი*

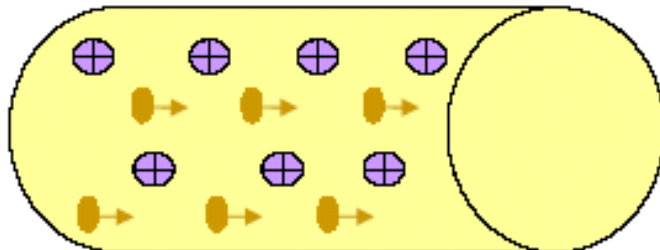
# ელექტრული დენი



მეტალებში ელექტრონები სუსტად არიან დაკავშირებული ბირთვთან და შეუძლიათ თავისუფალი მოძრაობა.

- თავისუფალი ელექტრონები
- მეტალები კარგად ატარებენ დენს

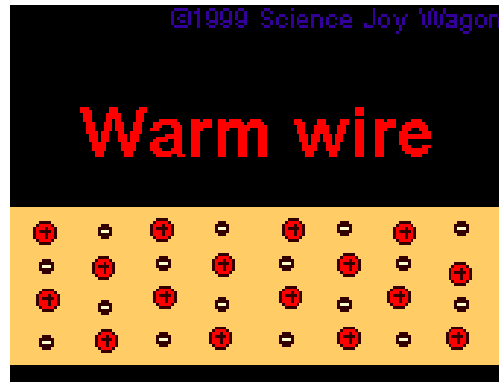
© John Wiley & Sons, Inc.



დენი არის ელექტრონების მოწესრიგებული მოძრაობა

# წინაღობა

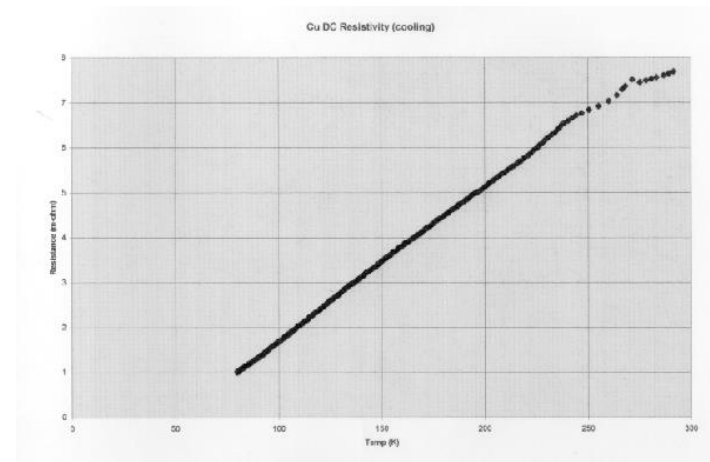
თავისუფალი ელექტრონების  
ცხოვრება არ არის ადვილი !



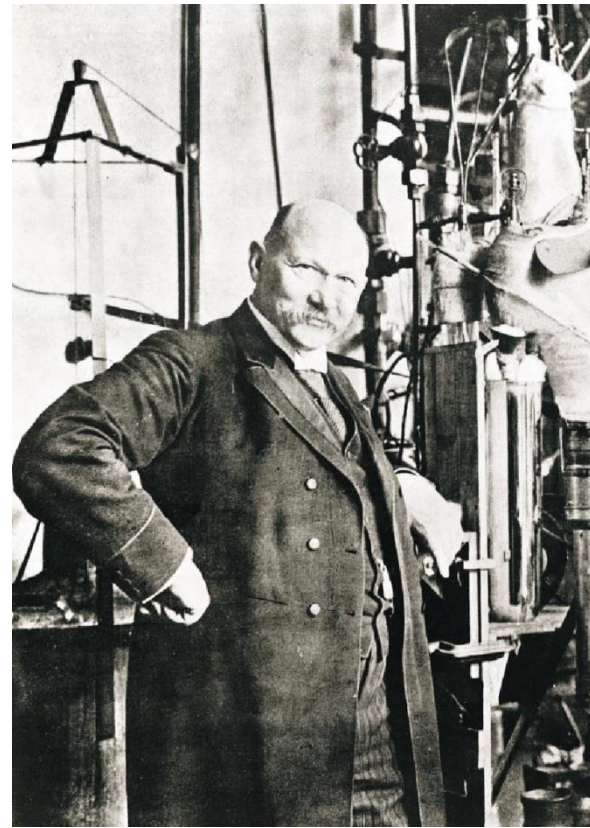
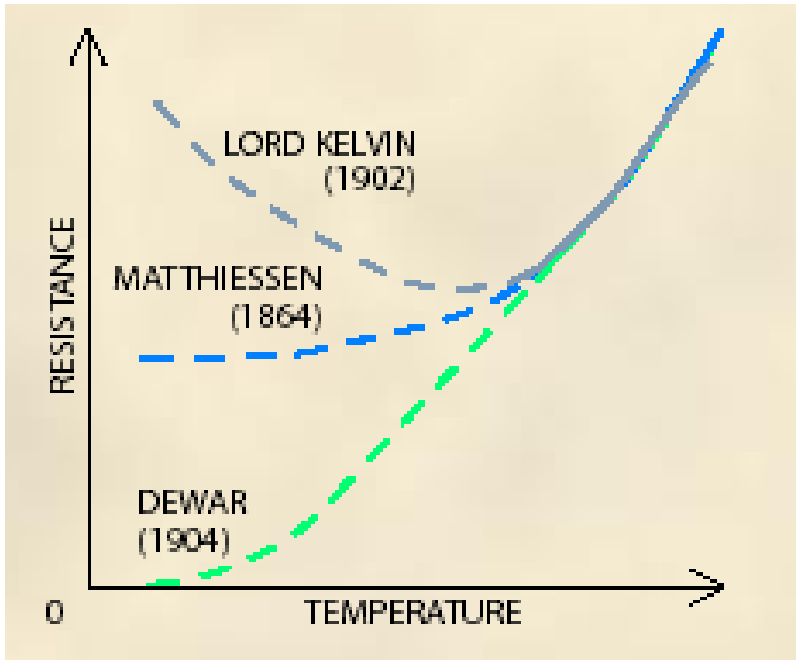
წინაღობის არსებობის  
გამო ელექტრონების  
ენერგია იკარგება  
(გადადის სითბურში).

<http://regentsprep.org/Regents/physics/phys03/bresist/default.htm>

წინაღობა მცირდება ტემპერატურის  
შემცირებასთან ერთად.

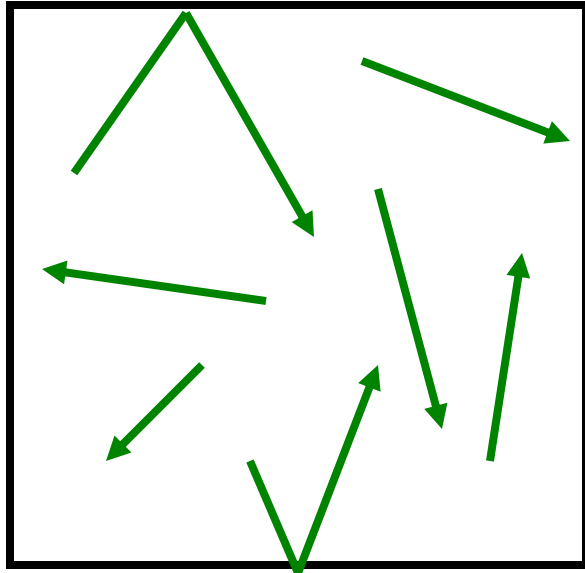


მეტალების წინაღობა  
დაბალ ტემპერატურებზე  
თეორიული მოდელები:



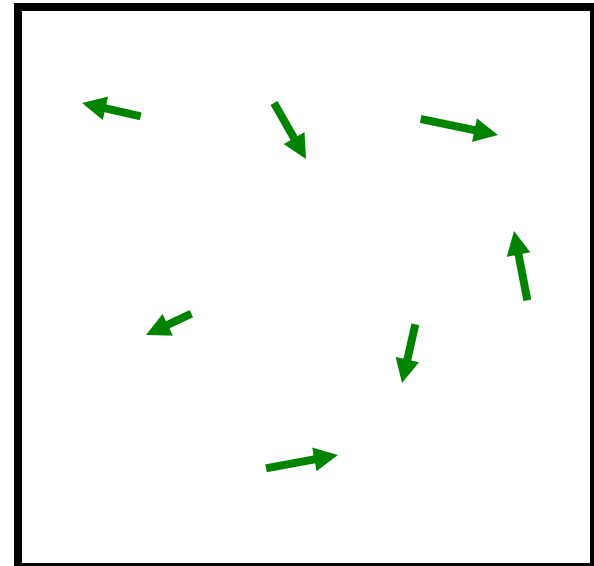
Kamerlingh Onnes, 1911

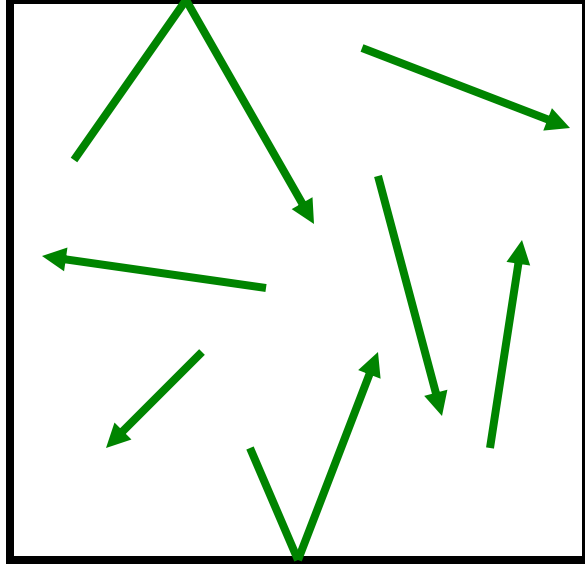
# რა არის ტემპერატურა ?



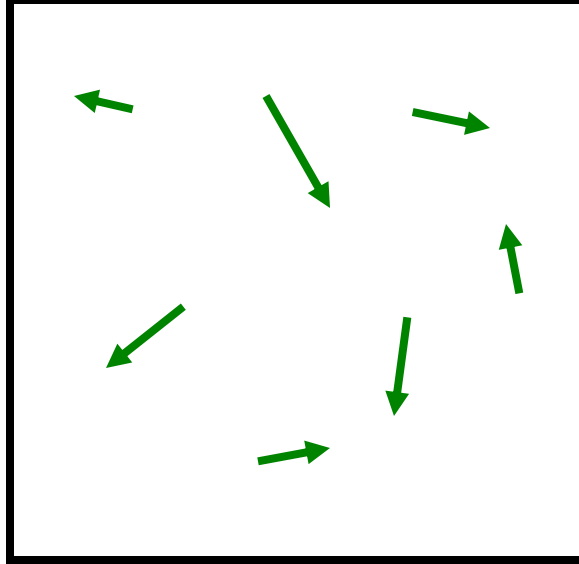
ცხელი:  
სწრაფი ატომები

ცივი  
ნელი ატომები

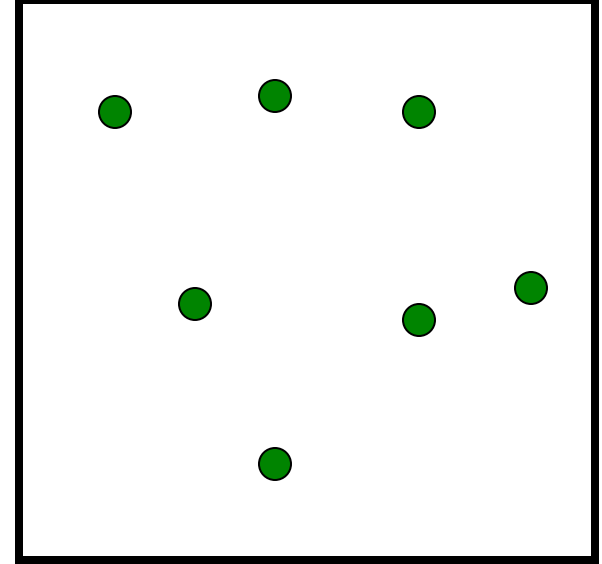




თუ “ცხელი”  
ნიშნავს  
სწრაფს



...და “ცივი”  
ნიშნავს ნელს



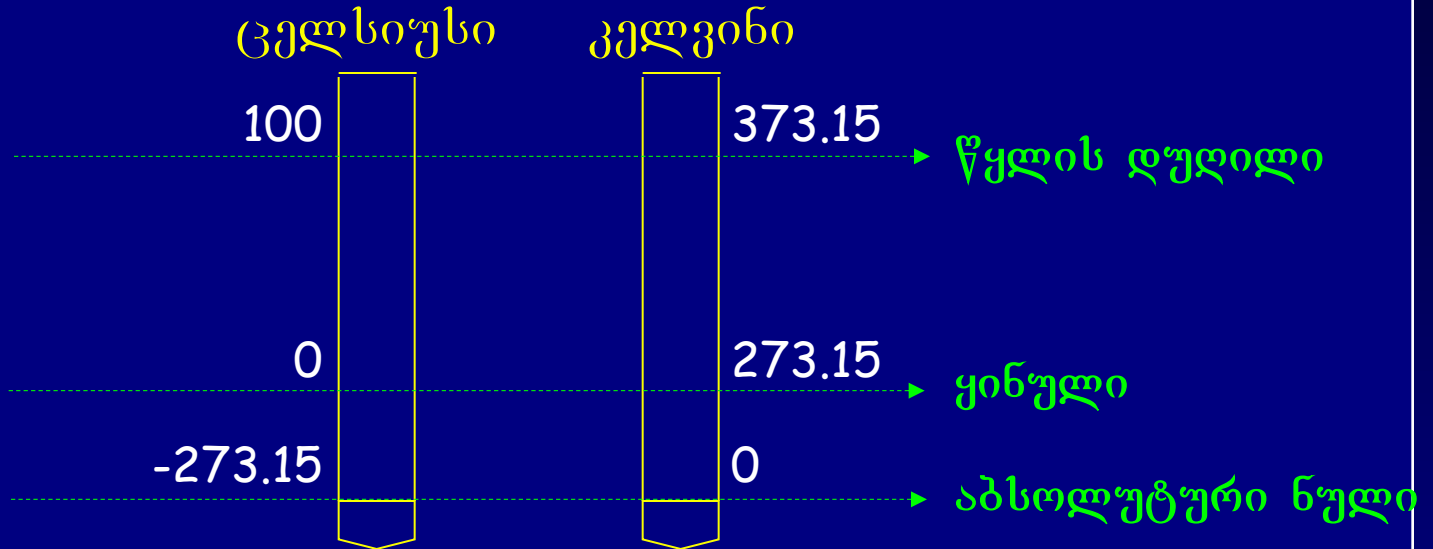
absolutური ნული  
უნდა ნიშნავდეს  
უძრავს.

თერმოდინამიკის კანონების თანახმად აბსოლუტური ნულის მიღწევა შეუძლებელია, მაგრამ შეიძლება უსასრულოდ მივუახლოვდეთ მას.

ამჟამად დაბალი ტემპერატურის რეკორდია  $10^{-10}$  K ანუ 0.1 ნანოკელვინი !

# ტემპერატურული შკალები

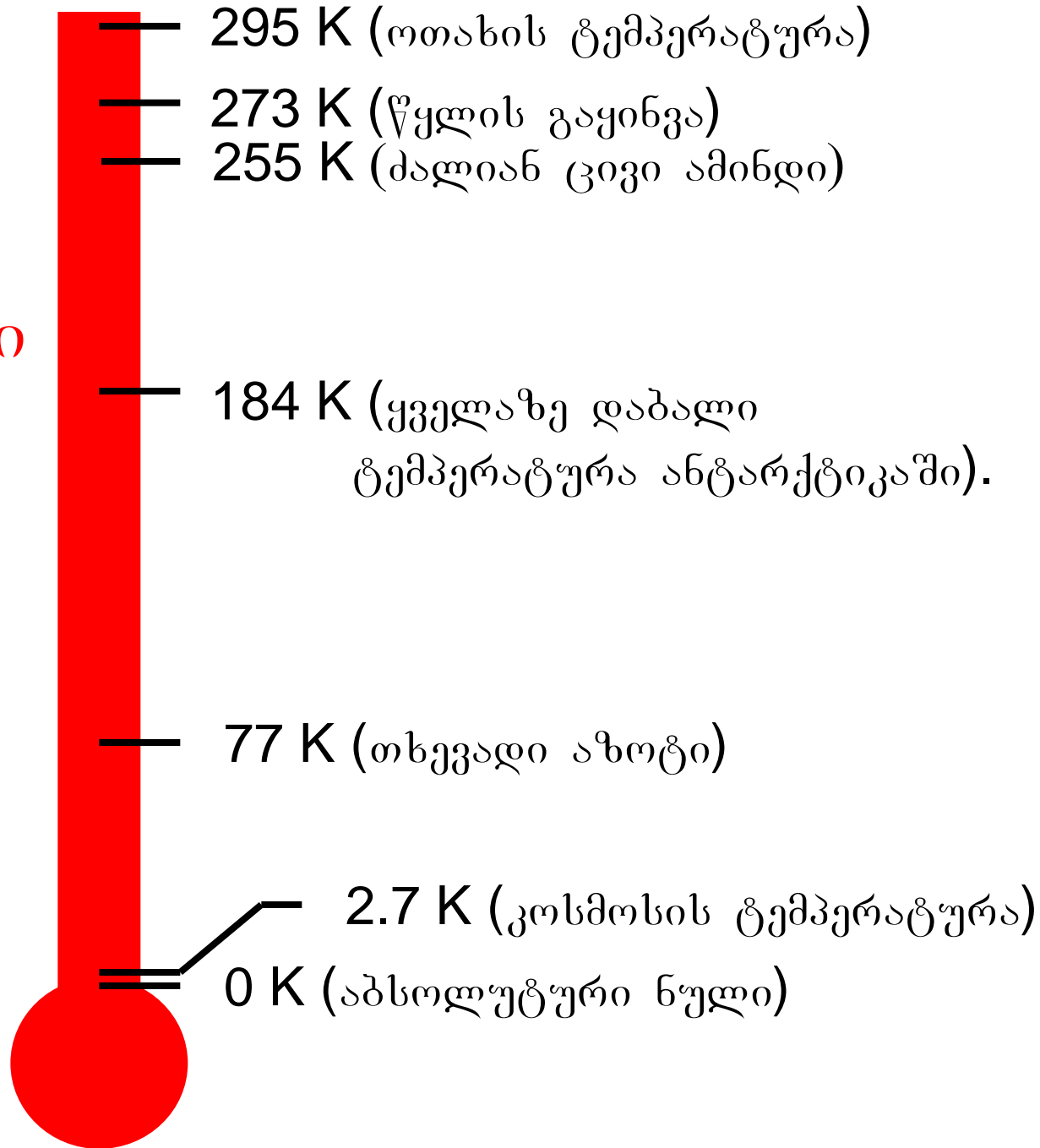
- ორი მთავარი შკალა (ცელსიუსი და კელვინი)



$$T_C = T - 273.15 K$$

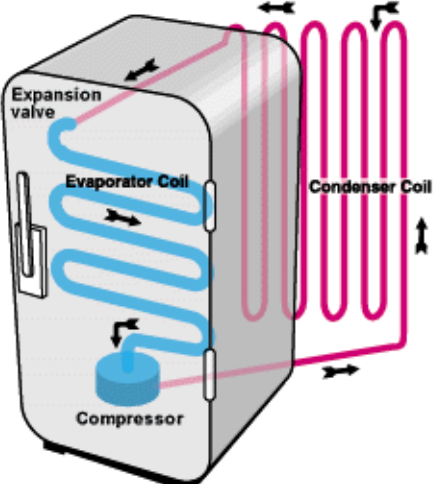
$$T = T_C + 273.15 K$$

ტემპერატურული  
შკალა  
კელვინებში



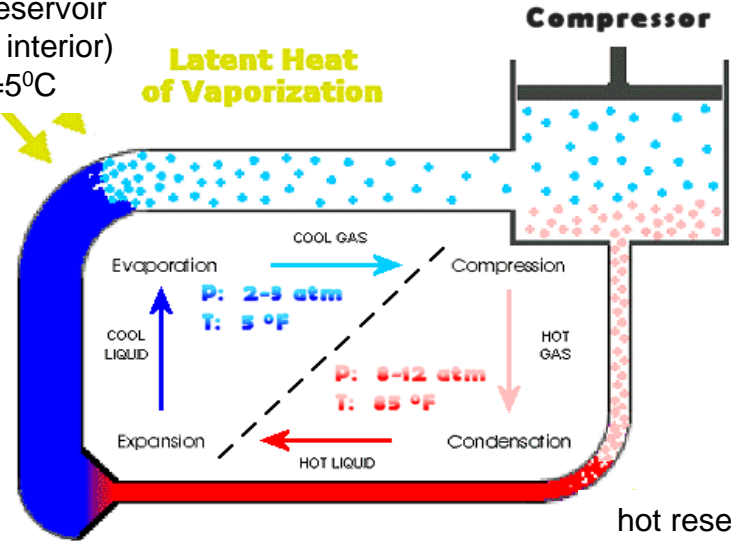
# ჩვეულებრივი მაცივარი

სითხე (ფრეონი) მოძრაობს სისტემაში. კომპრესორი ამოძრავებს სითხეს კონდენსორის კონტურში მაღალი წნევის ქვეშ (~ 10 ატმ.). სითხე იფრქვევა გაფართოების შედეგად აორთქლების კონტურში სადაც წნევა შედარებით ნაკლებია (~ 2 ატმ.).



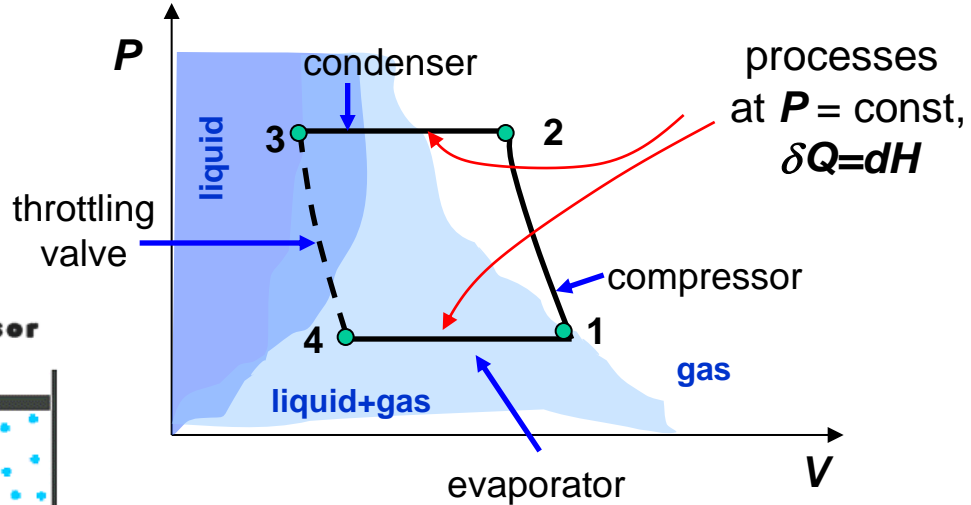
cold reservoir (fridge interior)  
T=5°C

**Latent Heat of Vaporization**



hot reservoir (fridge exterior)  
T=25°C

**Latent Heat of Vaporization**



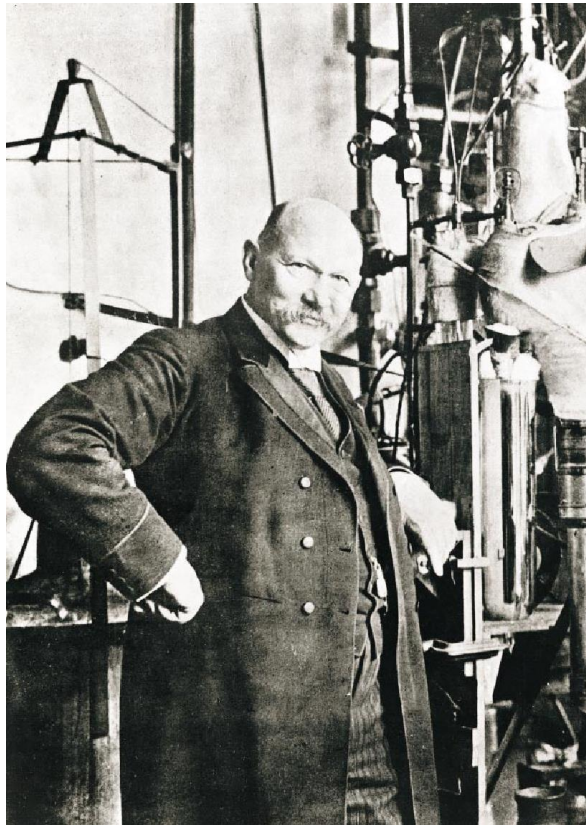
# რამოდენიმე ტიპიური ტემპერატურა

ტემპერატურა  
**Celsius Absolute**  
**( °C) (K)**

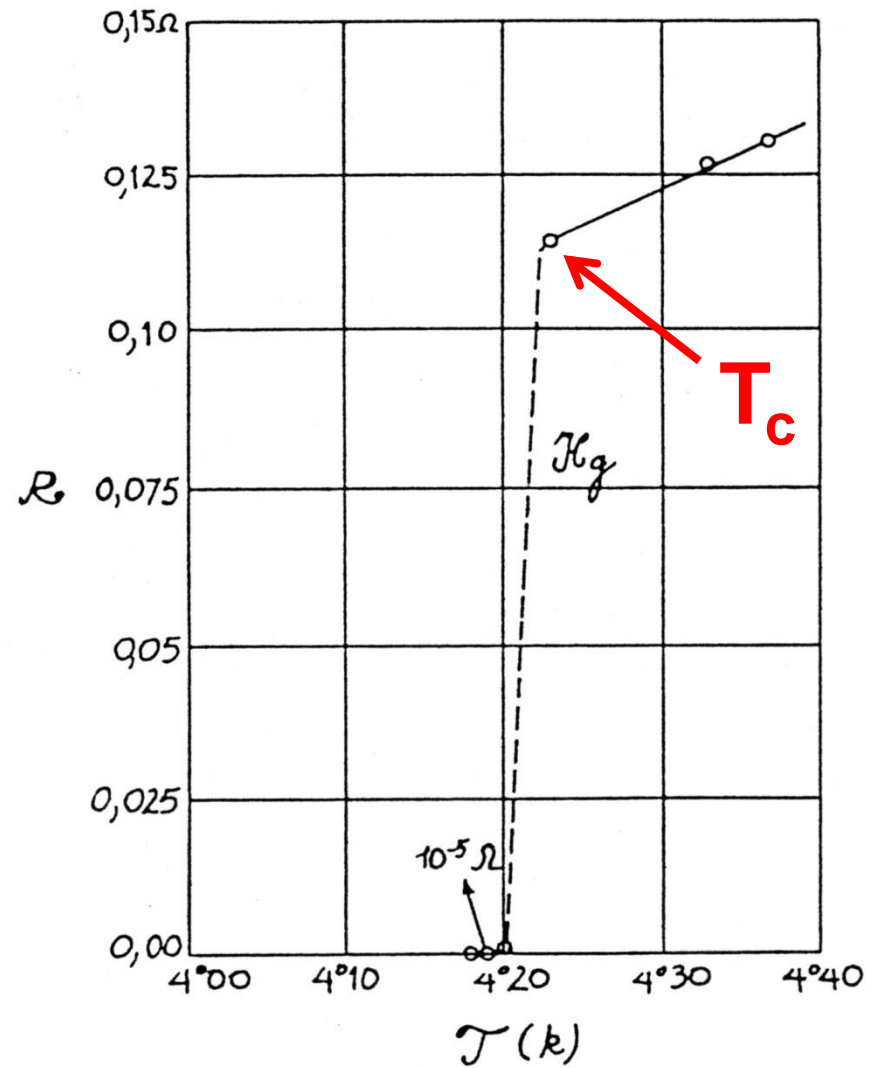
ტროპიკები	<b>45</b>	<b>318</b>
ადამიანი	<b>37</b>	<b>310</b>
ოთახის ტემპერატურა	<b>20</b>	<b>293</b>
ყინულის წერტილი	<b>0</b>	<b>273</b>
ანტარქტიკის ზამთარი	<b>-50</b>	<b>223</b>
მყარი CO <sub>2</sub>	<b>-78</b>	<b>195</b>

---

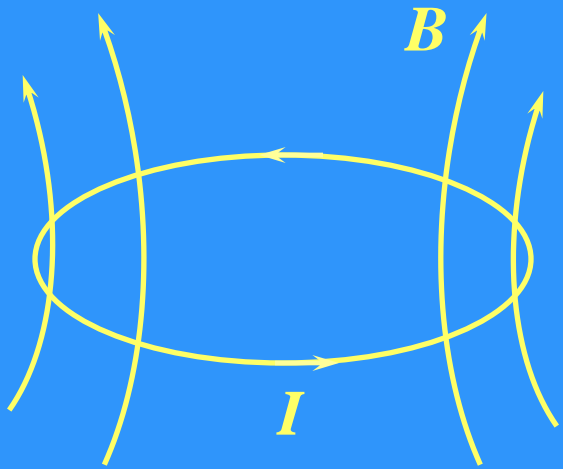
თხევადი ჟანგბადი	<b>-183</b>	<b>90</b>
თხევადი აზოტი	<b>-196</b>	<b>77</b>
თხევადი ჰელიუმი	<b>-269</b>	<b>4</b>
აბსოლუტური ნული	<b>-273</b>	<b>0</b>



Kamerlingh Onnes, 1911



იდეალური გამტარობა – ზეგამტარობა !



მართლაც ნულია თუ  
არა წინაღობა ?

დენი წრედში იბრუნებს  
მინიმუმ  $10^{10}$  წელი !

# ზეგამტარების მეორე საოცარი თვისება: სრულიად გამოდევნის მაგნიტურ ველს

## მეისნერის ეფექტი



*"Superconductivity is perhaps the most remarkable physical property in the Universe"* David Pines





## The Nobel Prize in Physics 1972

"for their jointly developed theory of superconductivity, usually called the BCS-theory"



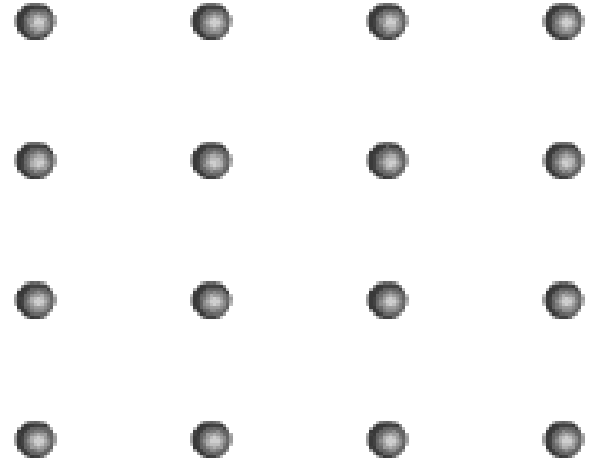
John Bardeen



Leon Neil Cooper



John Robert Schrieffer



ზეგამტარობის მექანიზმი :  
ელექტრონების დაწყვილება -  
კუპერის წყვილები



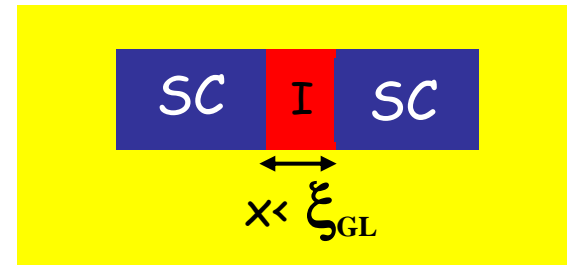
## Nobel Prize in Physics 1973

*"for his theoretical predictions of the properties of a supercurrent through a tunnel barrier, in particular those phenomena which are generally known as the Josephson effects".*

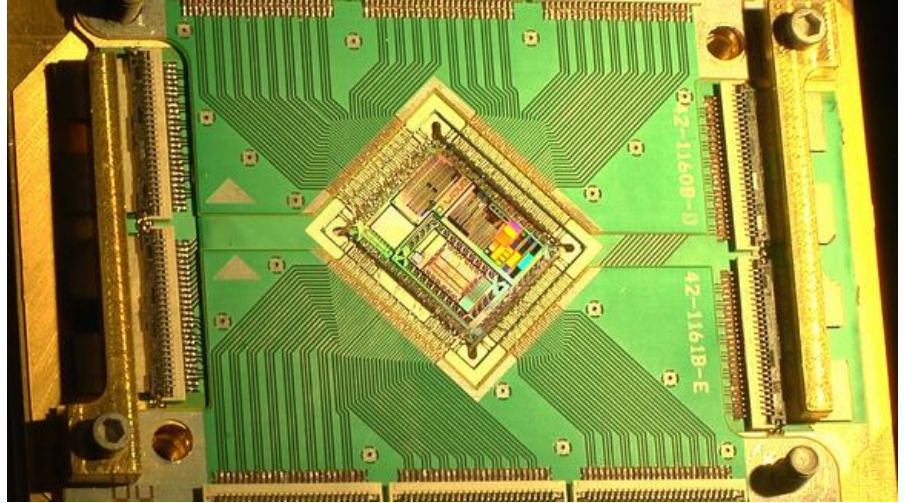
Brian David Josephson

Josephson discovered in 1963 tunnelling effect being 23-years old PhD student

**The superconducting tunnel Josephson) junction (superconductor–insulator–superconductor tunnel junction (SIS) —** is an electronic device consisting of two superconductors separated by a very thin layer of insulating material



# NASA, Google Quantum Computer



**Google: Our quantum computer is 100 million times faster than a conventional system. February 2016**

Based on superconductors  
Operating temperature  $T=0.01$  K !

# მაღალტემპერატურული სუპერკონდუქტორობა



The Nobel Prize in Physics 1987

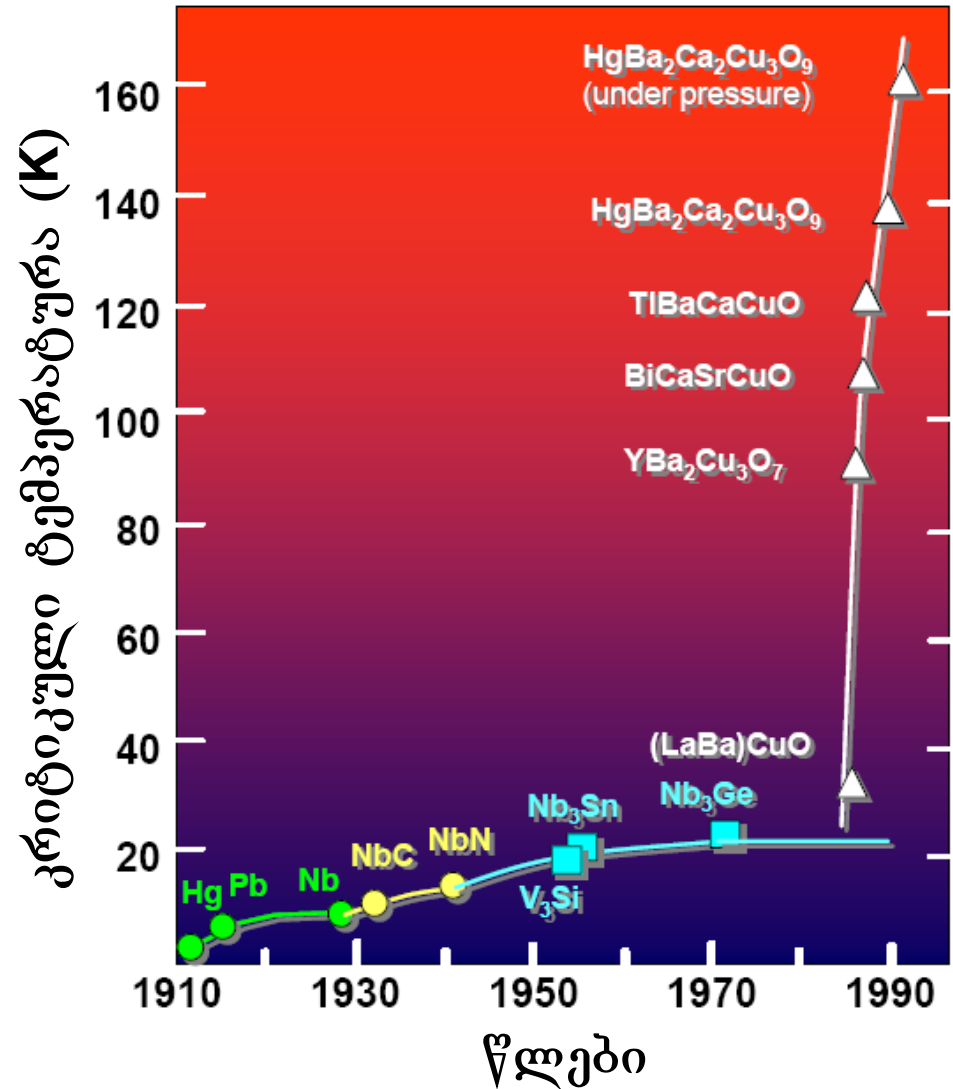
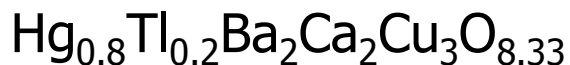
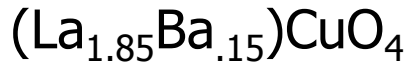
"for their important break-through in the discovery of superconductivity in ceramic materials"



J. Georg Bednorz



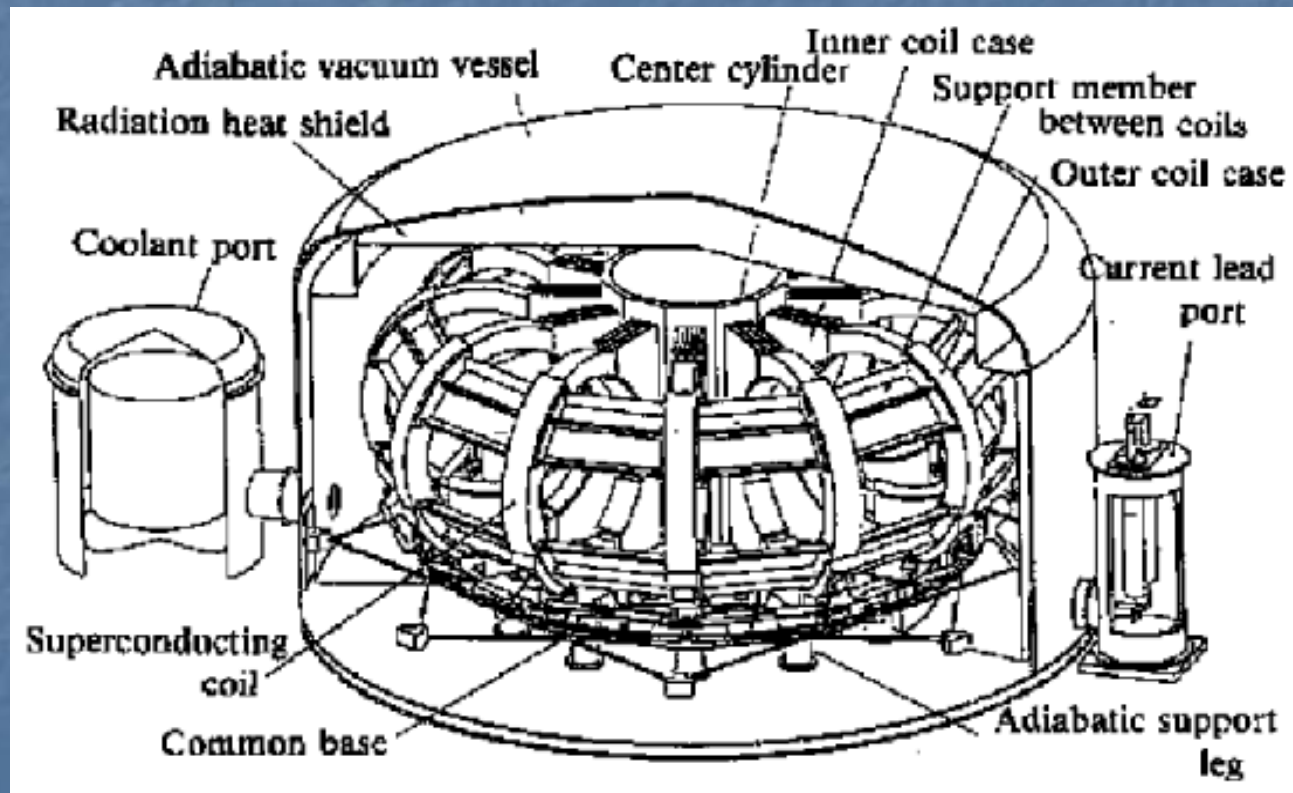
K. Alexander Müller





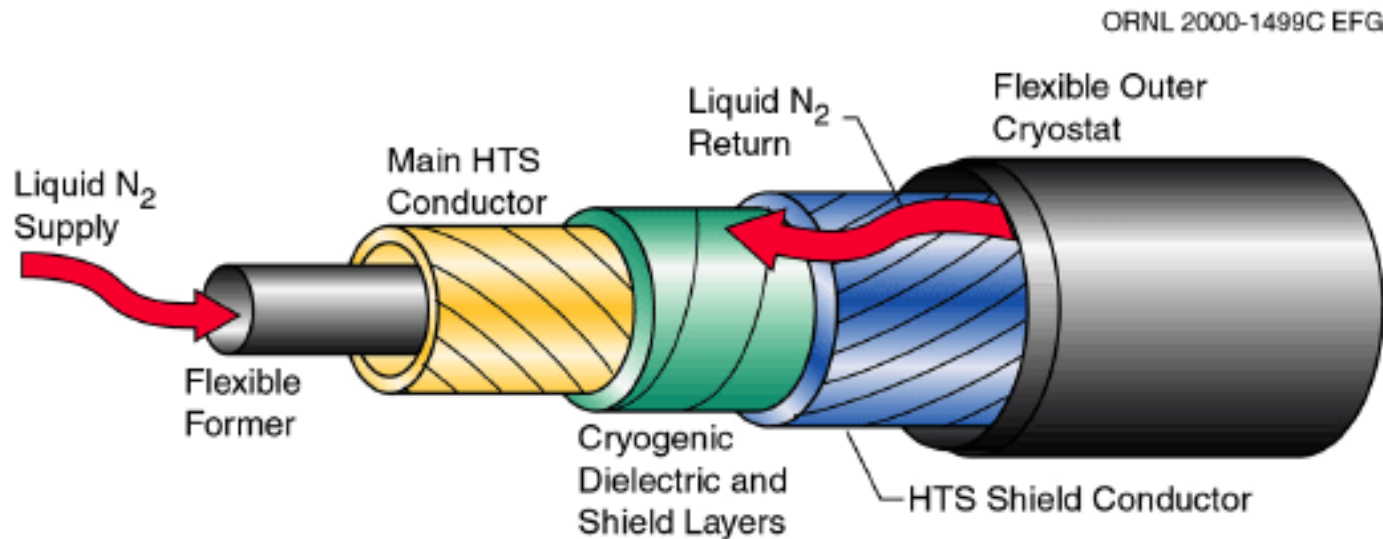


# ელექტრული ენერჯის შენახვა ზეგამტარებში

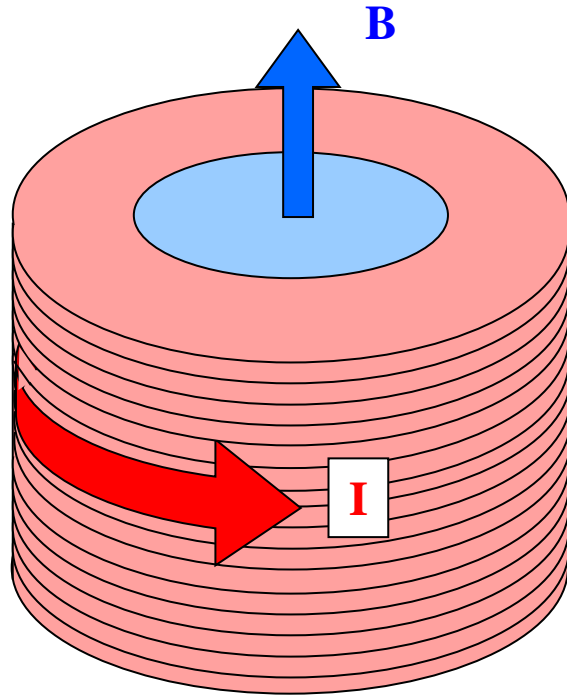


# Power Transmission in USA

- 2001: Detroit, USA
  - Detroit Edison at the Frisbie Substation
  - three 400-foot HTS cables
  - 100 million watts of power



# ძლიერი მაგნიტური ველების შექმნა

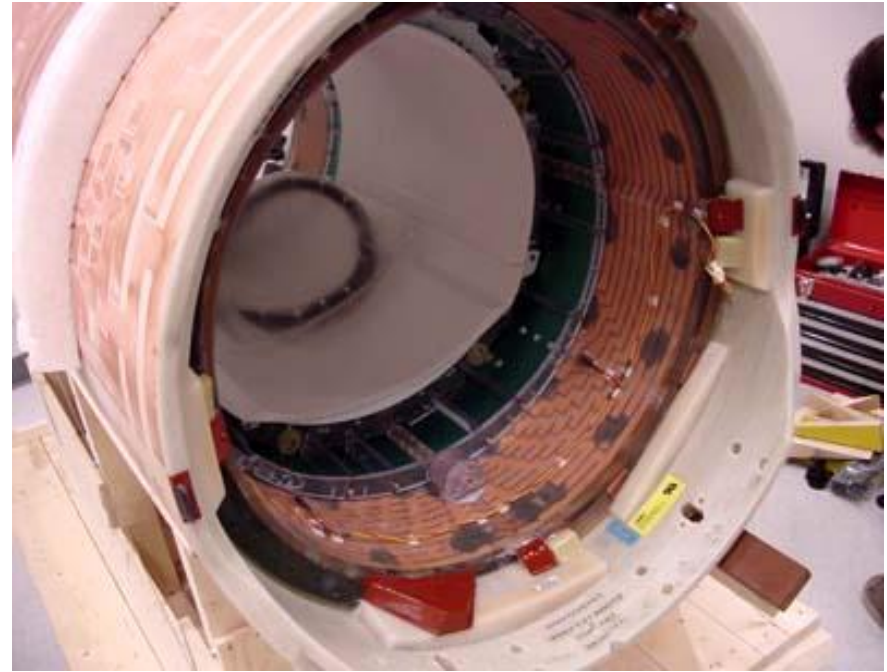


სოლენოიდი

# მაგნეტორეზონანსული ტომოგრაფია (MRI) ზეგამტარობის გამოყენება მედიცინაში



# მაგნეტორეზონანსული ტომოგრაფია (MRI) ზეგამტარობის გამოყენება მედიცინაში



# didi adronuli kolaideri-**CERN**

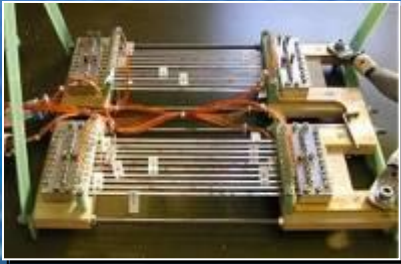
Mont Blanc

**1500** ტონა ზეგამტარი კაბელები

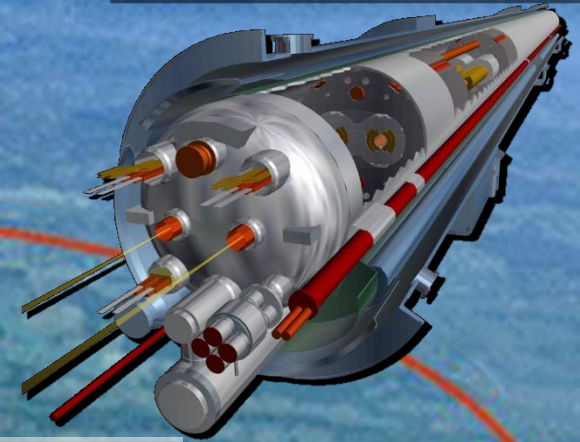


**1232** ზეგამტარი  
მაგნიტი

**3286** მტზ კონტაქტი



ჟენევის ტბა



Switzerland

**Large Hadron Collider**  
**15000 MJ of magnetic energy**

**27** კმ გვირაბი

France

# ზეგამტარი მატარებელი MagLev 500 კმ/სთ



Japanese railways MagLev train  
First LTS, now HTS

- Yamanashi Test Site, Japan
- 33 km long, >500 Km/hr
- Segment of Tokyo-Osaka new line

