



Ferenc Krausz - MPQ - Electronii în mișcare: privire în viitor





Foto: Thorsten Naeser | Musik: Kövi Szabolcs - Felhőjáró







# Lumina înseamnă mișcare



INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015



1901	1914	1924	1962	1978	2002
1902	1915	1930	1964	1981	2005
1903	1917	1936	1965	1985	2006
1907	1918	1946	1966	1988	2008
1908	1919	1953	1967	1997	2009
1909	1921	1958	1971	1999	2014
1911	1923	1961	1974	2000	

43 premii Nobel în legătură cu lumina și întrebunțările ei



prin lumină spre premiul Nobel:  
cercetătorii **Societății Max Planck**



Manfred Eigen  
**1967**  
Chimie



Robert Huber



Hartmut Michel  
**1988**  
Chimie



Johann Deisenhofer



Theodor W. Hänsch  
**2005**  
Fizică



Stefan W. Hell  
**2014**  
Chimie



## Premiul Nobel în Chimie - 2014



Stefan W. Hell



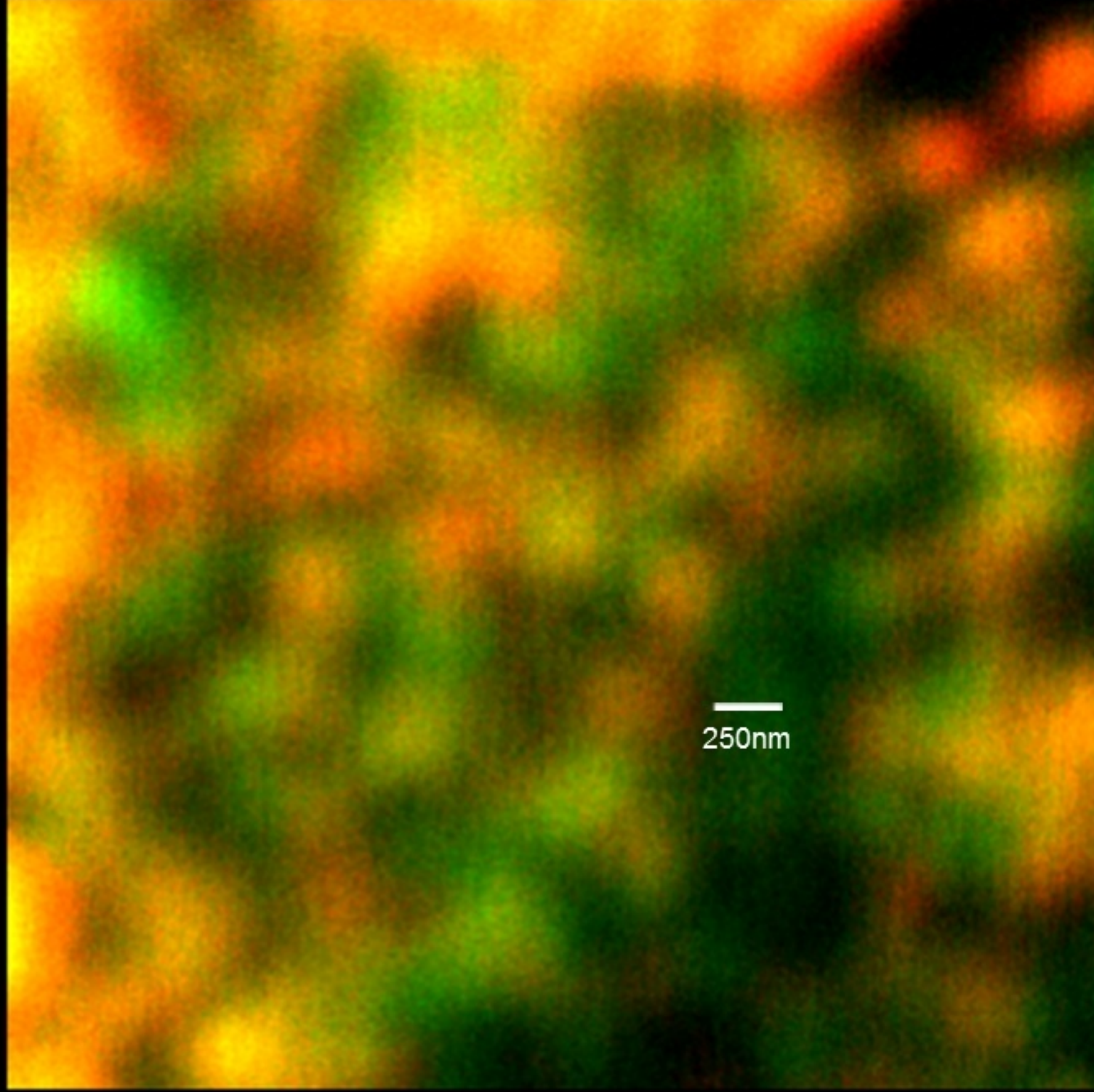
Eric Betzig



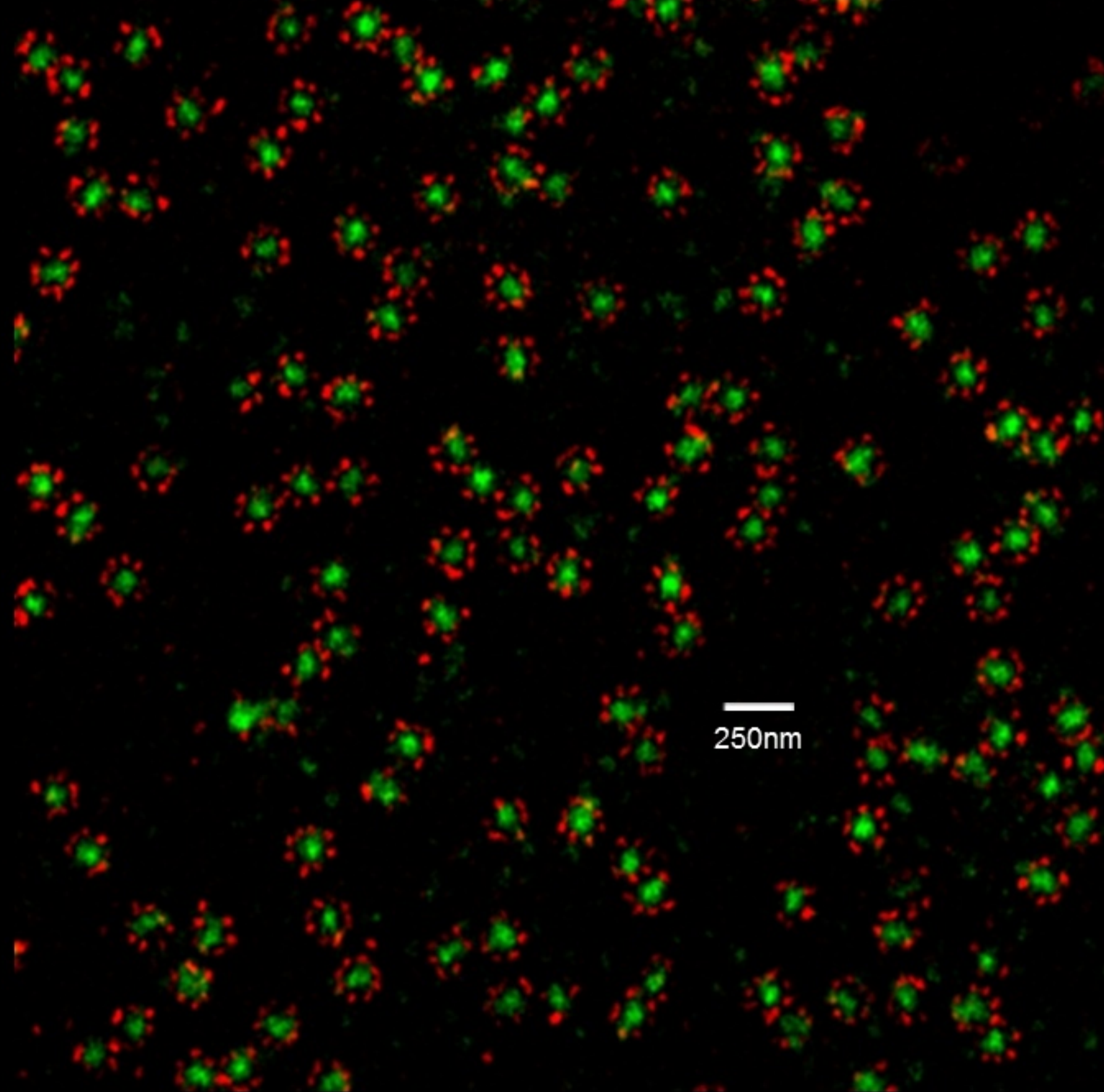
William E. Moerner

pentru dezvoltarea  
microscopiei de fluorescență cu superrezoluție

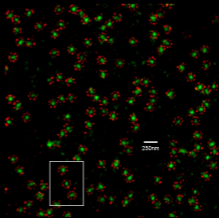








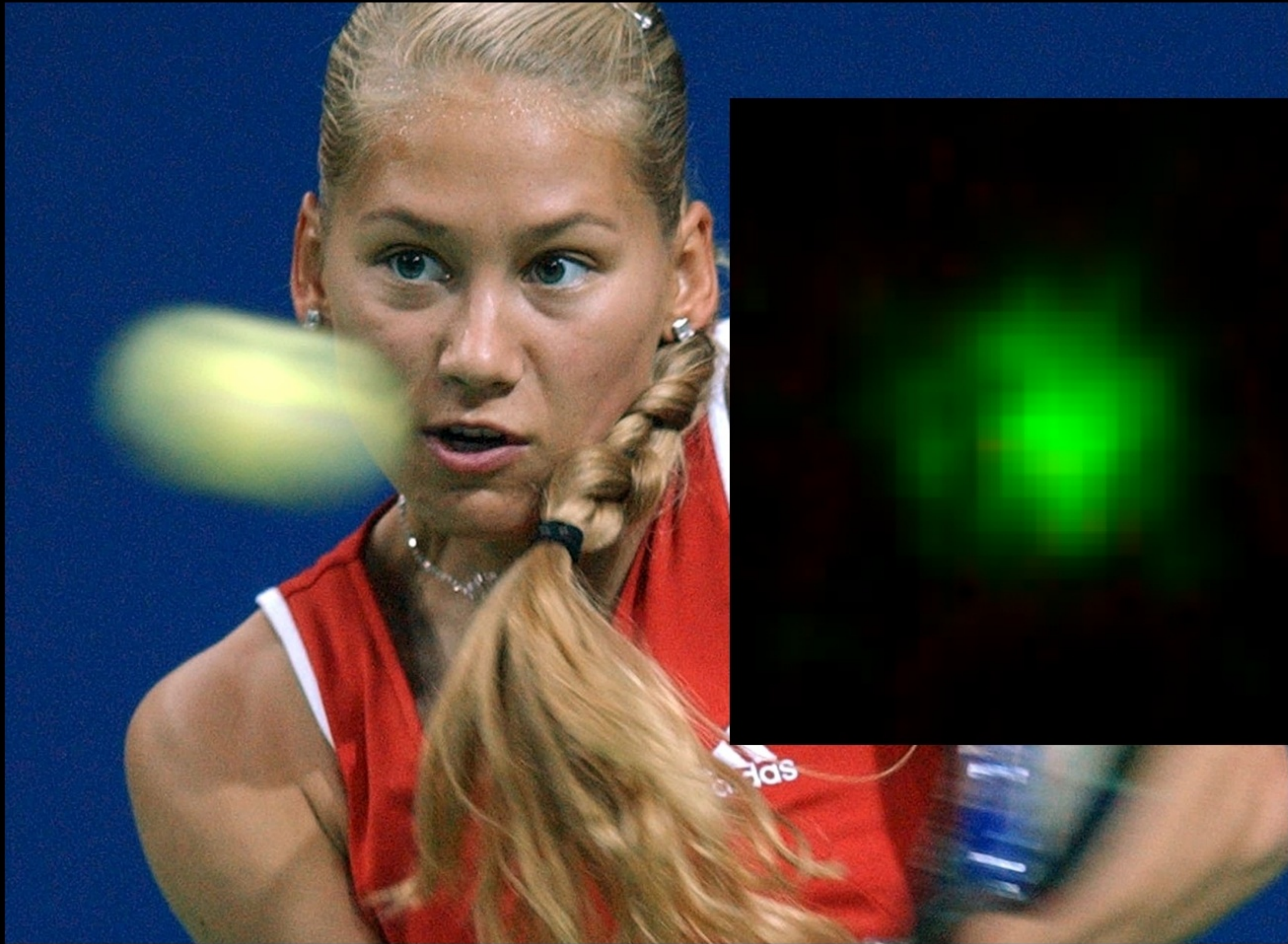


















# electronii în mișcare: privire în viitor



Ferenc Krausz  
[krausz@lmu.de](mailto:krausz@lmu.de)

Max-Planck-Institute of Quantum Optics, Garching  
Ludwig-Maximilians University Munich





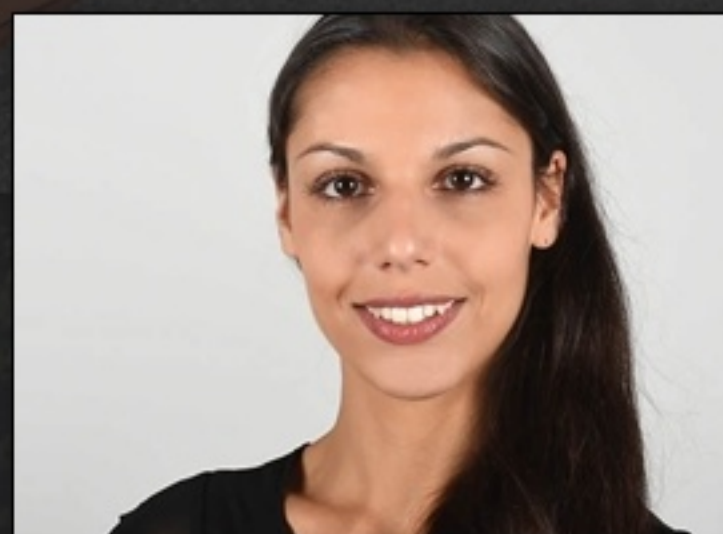
Max-Planck-Institut für  
Quantenoptik (MPQ)

Ludwig-Maximilians-Universität  
(LMU)









grafică și animații:  
Mandy Singh, Dennis Luck and  
Woogieworks Animation Studio

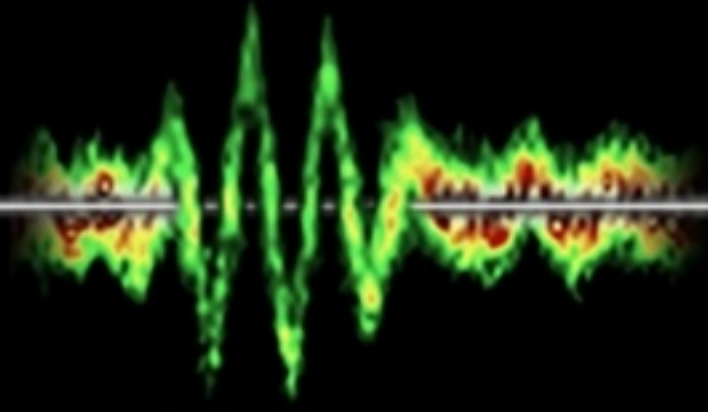




la nivel atomic unitatea de timp caracteristică  
pentru mișcarea electronilor:  
100 attosecunde =  $10^{-16}$  secunde



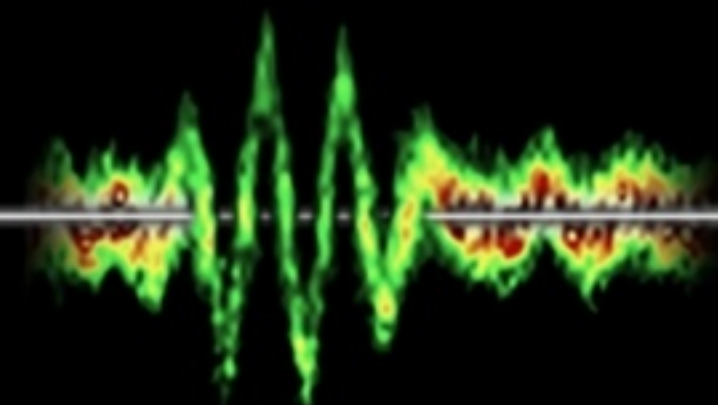
# Cât de scurtă este o attosecundă?



1 second (s)	=	$10^0$ s	=	1s
1 millisecond (ms)	=	$10^{-3}$ s	=	0.001s
1 microsecond ( $\mu$ s)	=	$10^{-6}$ s	=	0.000 001s
1 nanosecond (ns)	=	$10^{-9}$ s	=	0.000 000 001s
1 picosecond (ps)	=	$10^{-12}$ s	=	0.000 000 000 001s
1 femtosecond (fs)	=	$10^{-15}$ s	=	0.000 000 000 000 001s
1 attosecond (as)	=	$10^{-18}$ s	=	0.000 000 000 000 000 001s

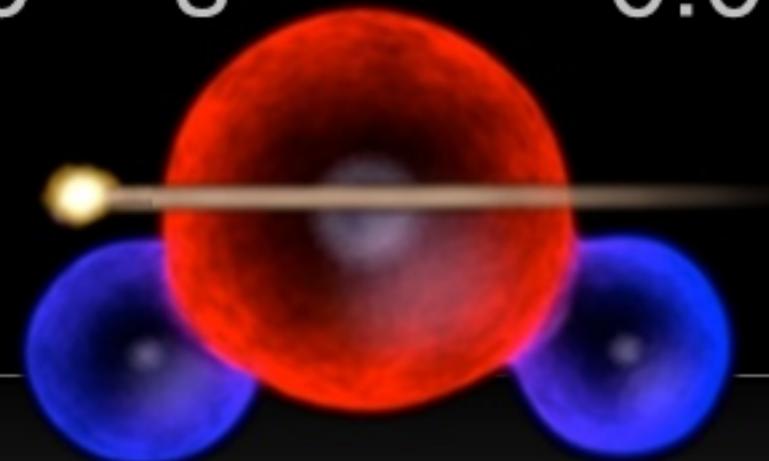


# Cât de scurtă este o attosecundă?



1 second (s)	=	$10^0$ s	=	1s
1 millisecond (ms)	=	$10^{-3}$ s	=	0.001s
1 microsecond ( $\mu$ s)	=	$10^{-6}$ s	=	0.000 001s
1 nanosecond (ns)	=	$10^{-9}$ s	=	0.000 000 001s
1 picosecond (ps)	=	$10^{-12}$ s	=	0.000 000 000 001s
1 femtosecond (fs)	=	$10^{-15}$ s	=	0.000 000 000 000 001s
1 attosecond (as)	=	$10^{-18}$ s	=	0.000 000 000 000 000 001s

$$\frac{1 \text{ attosecond}}{1 \text{ second}} = \frac{\text{mărimea moleculei de apă}}{\text{distanța Pământ-Lună}}$$

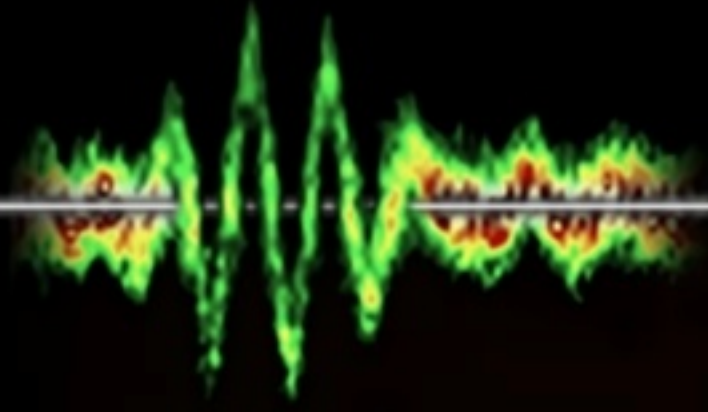




de ce vrem să aruncăm o privire în  
mișcarea electronilor?



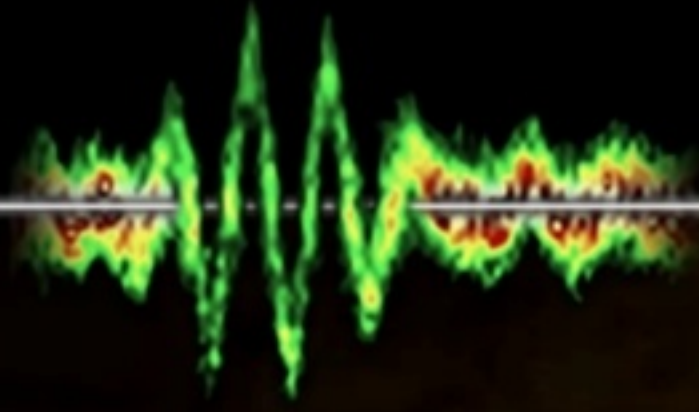
# electronii în mișcare –





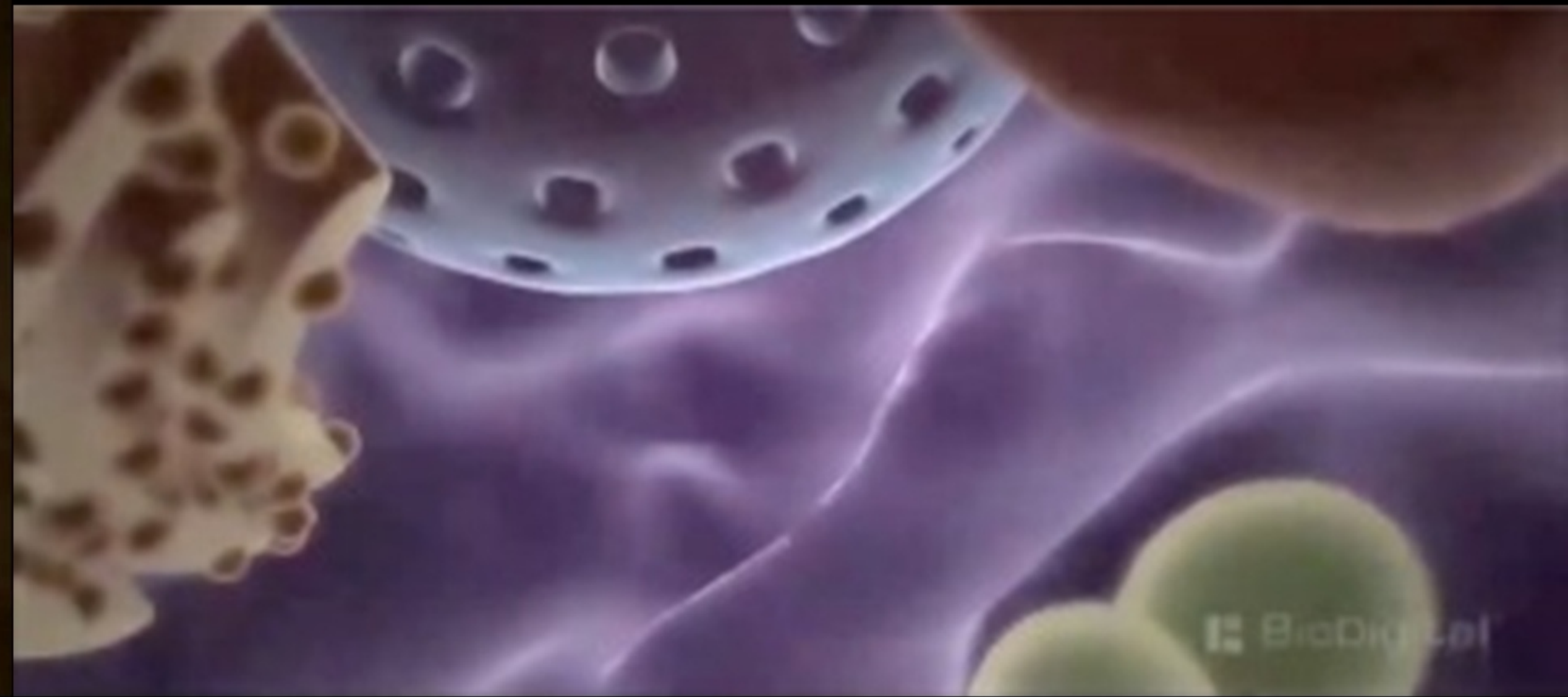
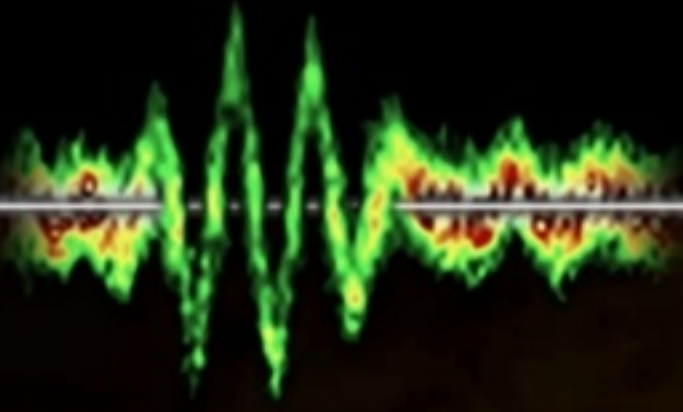
electronii în mișcare –

importanță vitală,



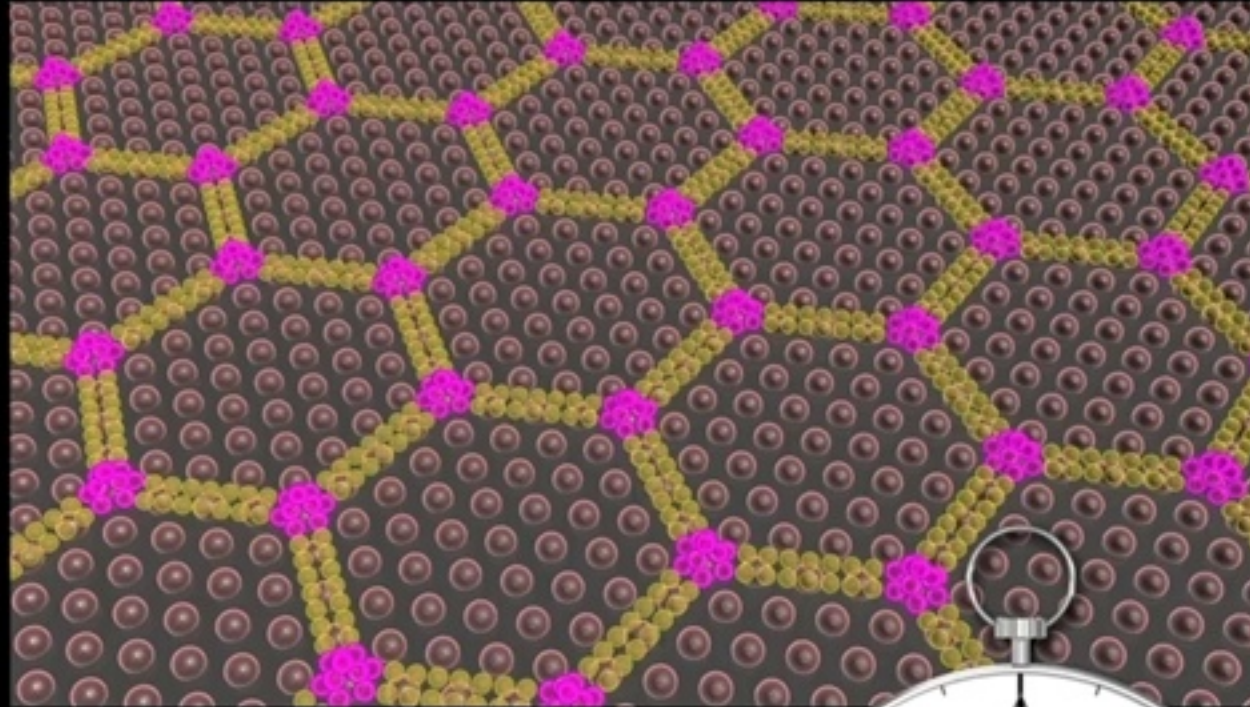
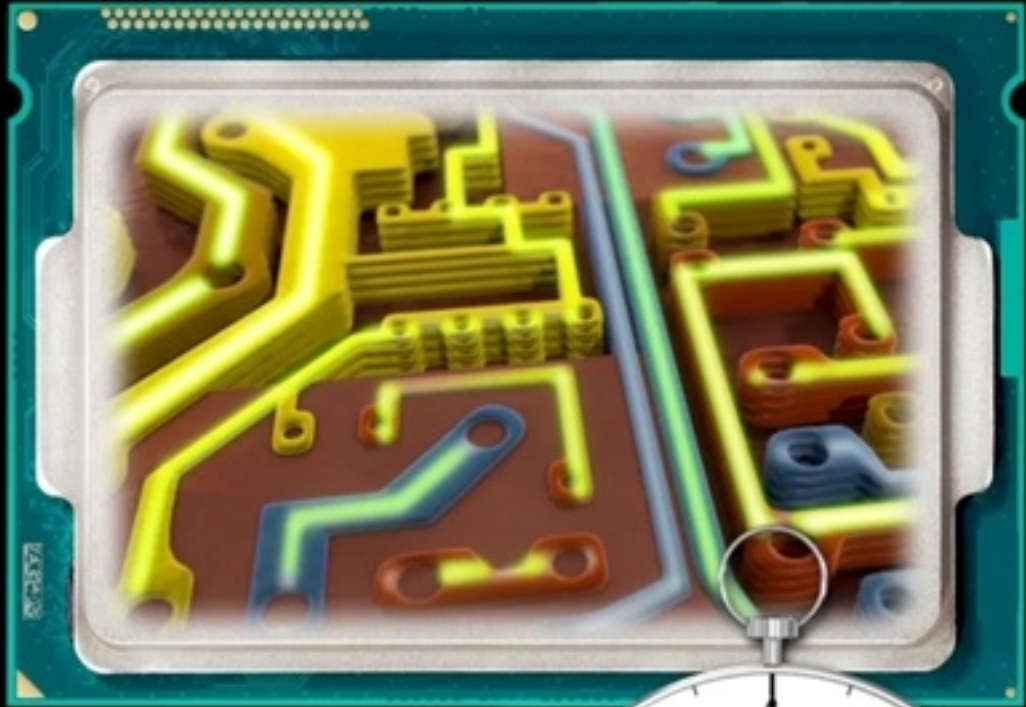
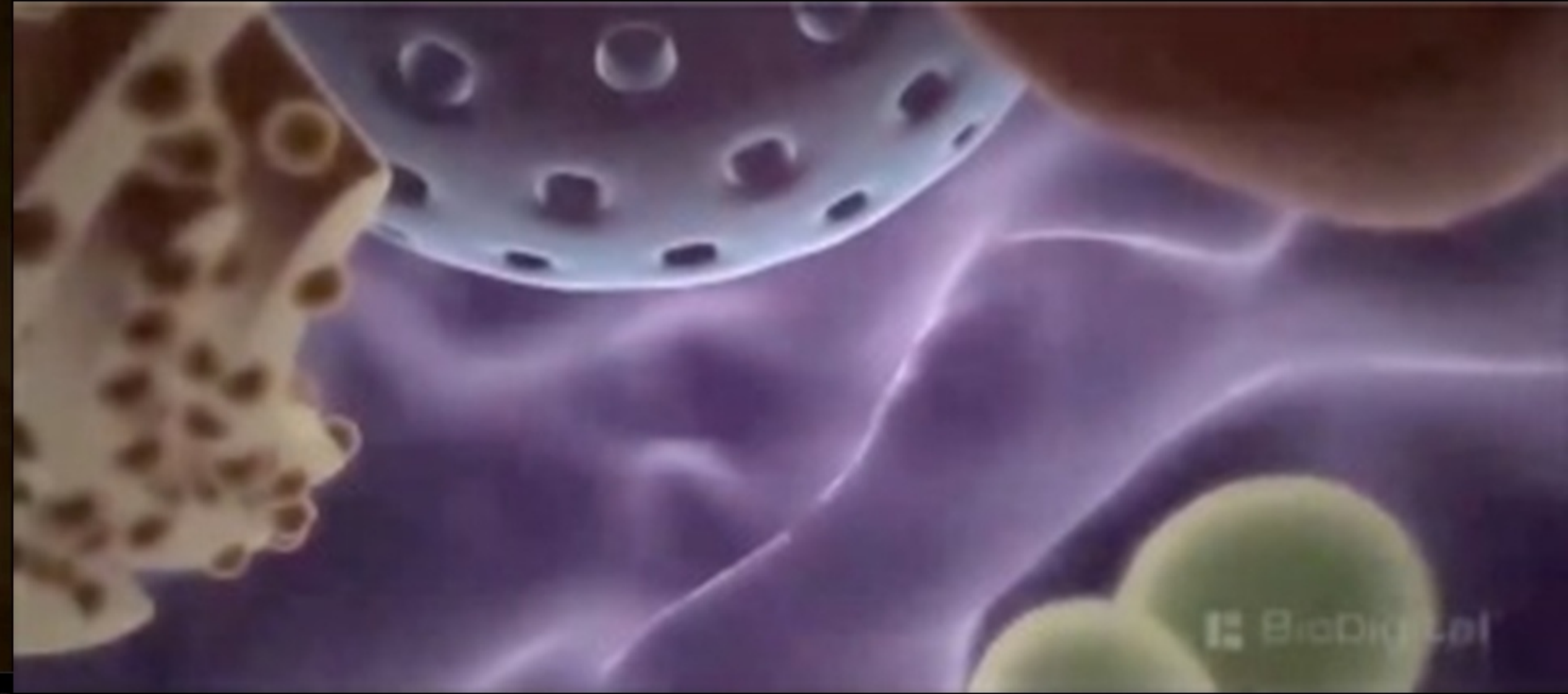
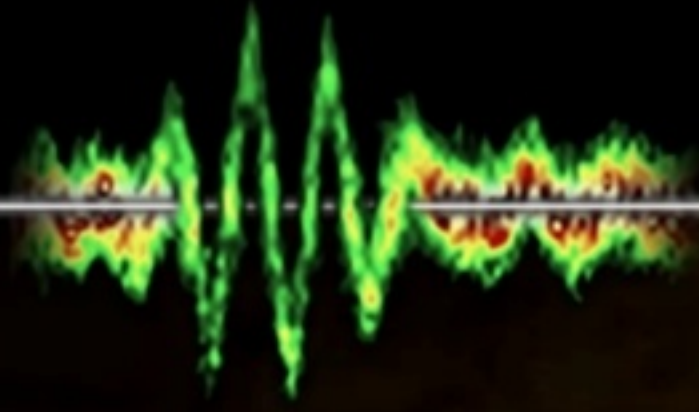


electronii în mișcare –  
importanță vitală, periculoși vieții



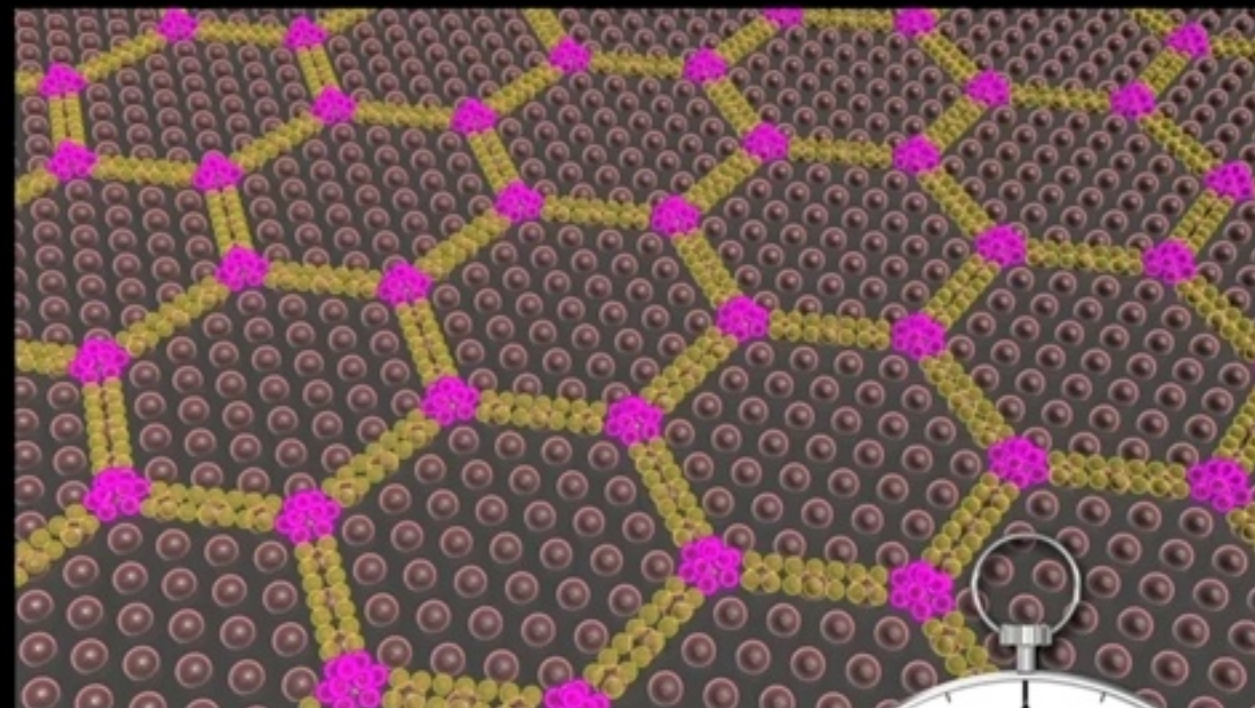
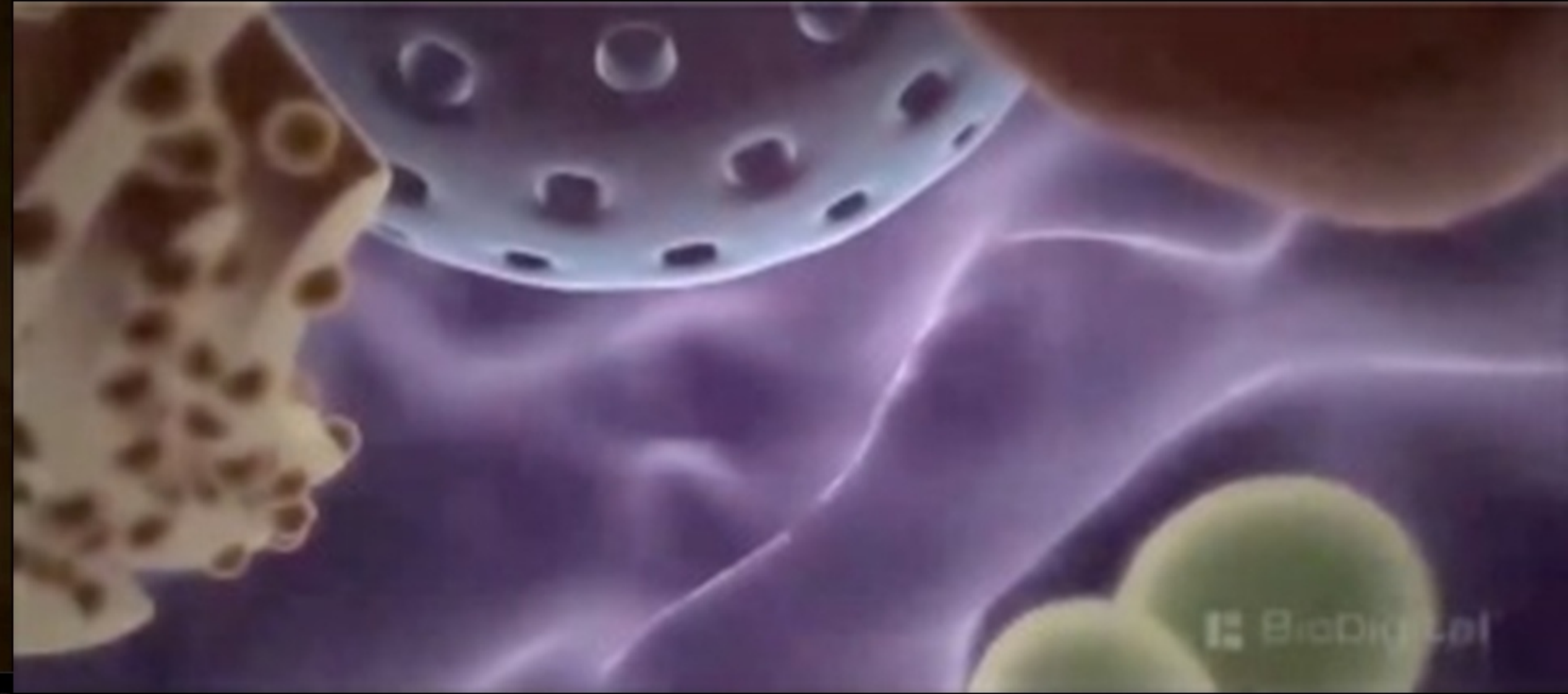
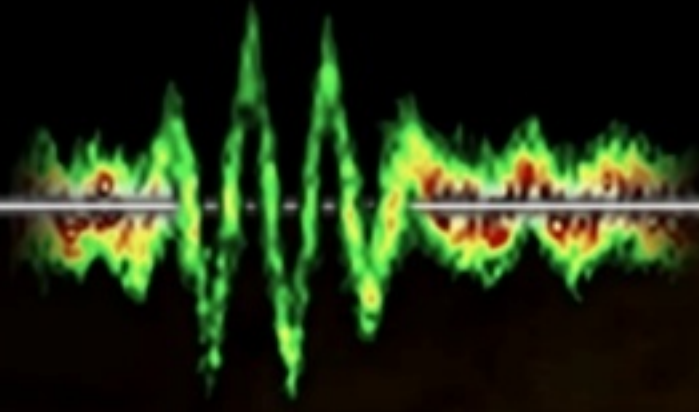


# electronii în mișcare – importanță vitală, periculoși vieții, prelucrători de informație





# electronii în mișcare – importanță vitală, periculoși vieții, prelucrători de informație



conectarea directă la mișcările electronilor din atomi promite o privire în funcționarea moleculelor biologice la nivelul cel mai elementar și ajută în electronica modernă la atingerea vitezei maxime determinată de frecvența luminii.



electronii își schimbă în mod semnificativ starea cuantică (se mișcă)  
între mai multe zeci și mai multe sute de attosecunde

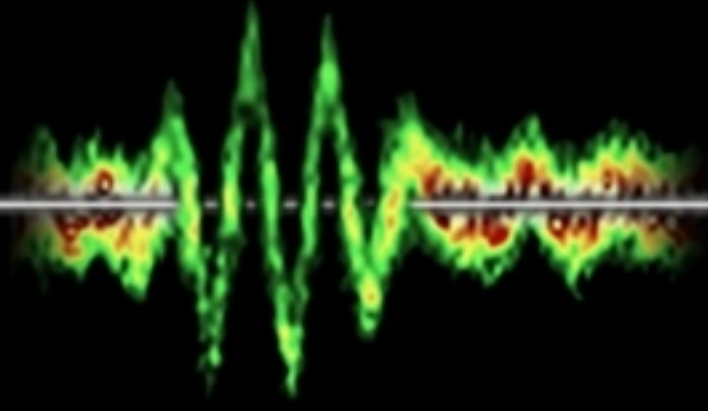


electronii își schimbă în mod semnificativ starea cuantică (se mișcă)  
între mai multe zeci și mai multe sute de attosecunde

observarea directă a acestora necesită o „mărire în timp” de  
 $10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{16}$

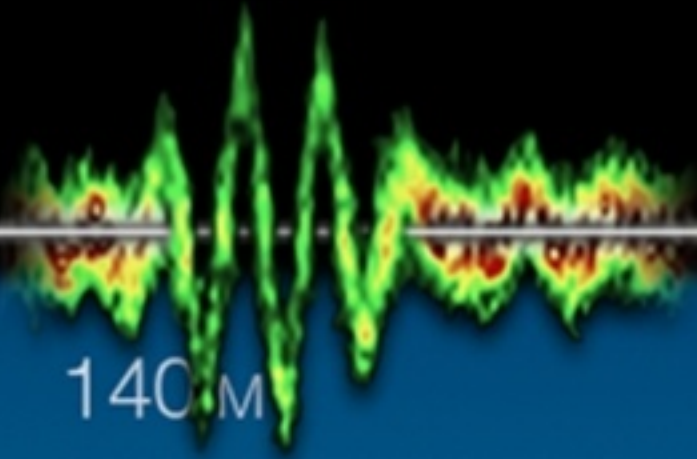


# privire în: spațiu și timp





# privire în: spațiu și timp



120 M

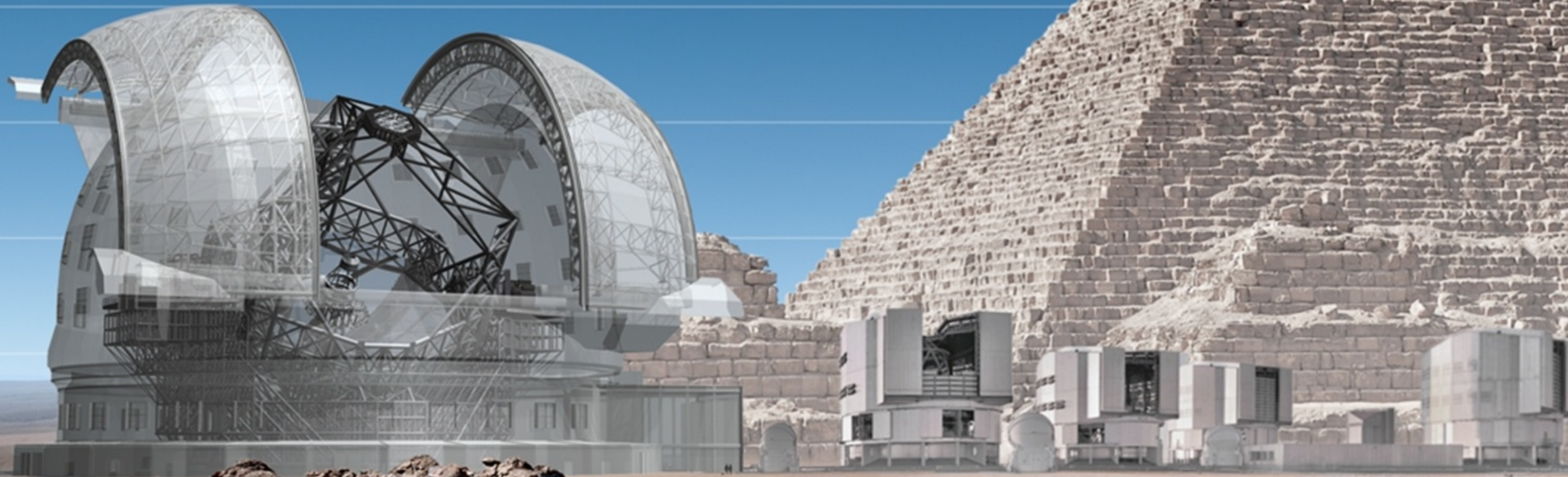
100 M

80 M

60 M

40 M

20 M

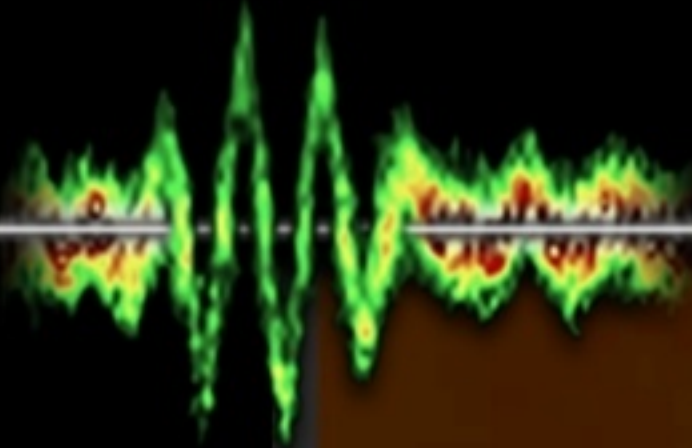


**European Extreme Large Telescope**

angular resolution  $10^{-8}$  rad



# privire în: spațiu și timp



scale: millimeter



magnification in space

x 100 000 000 |  $10^8$



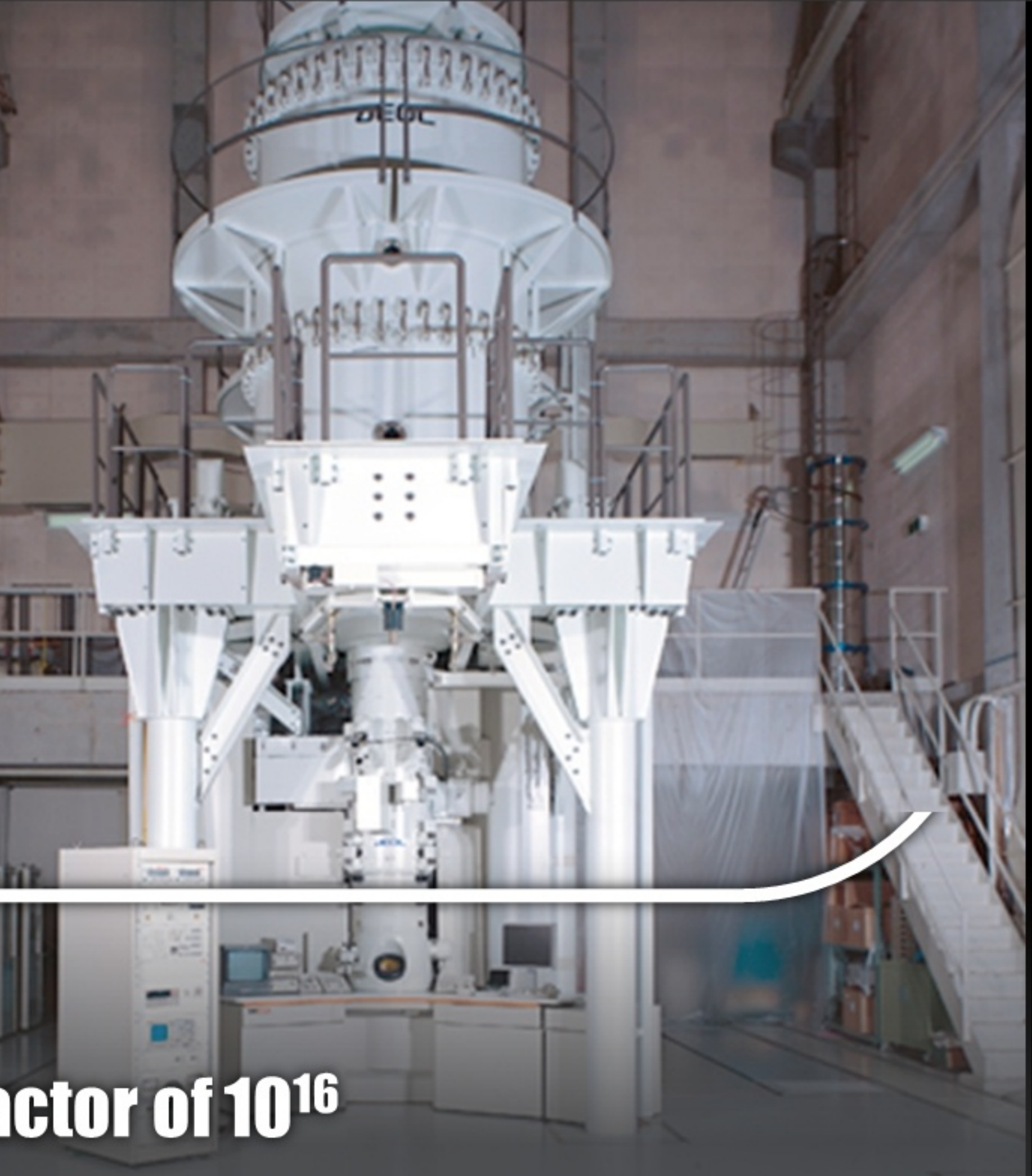
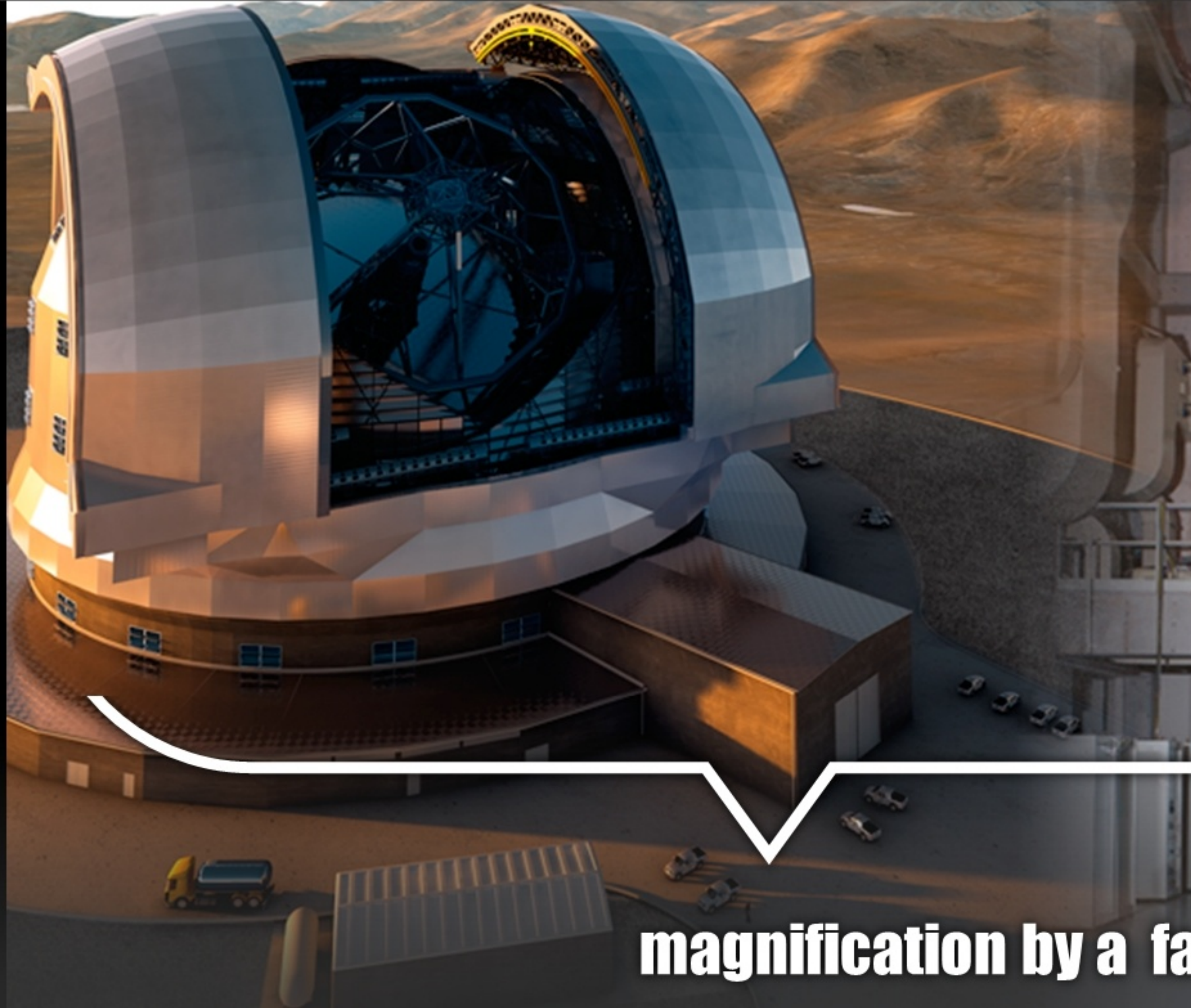
privire în: spațiu și timp

**European extreme large telescope**

angular resolution  $10^{-8}$  rad

**high-performance electron microscope**

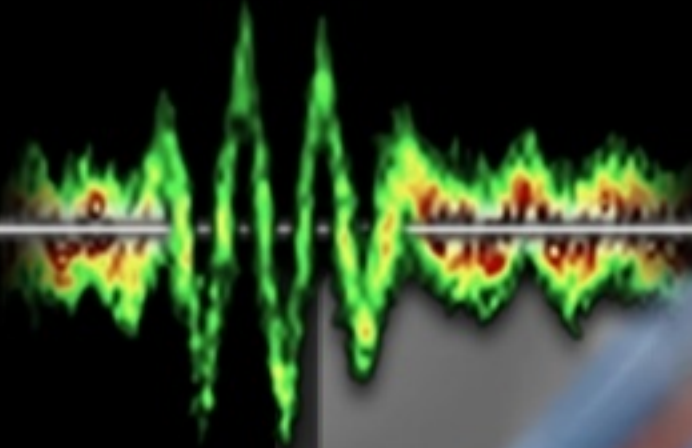
spacial resolution  $10^{-8}$  cm



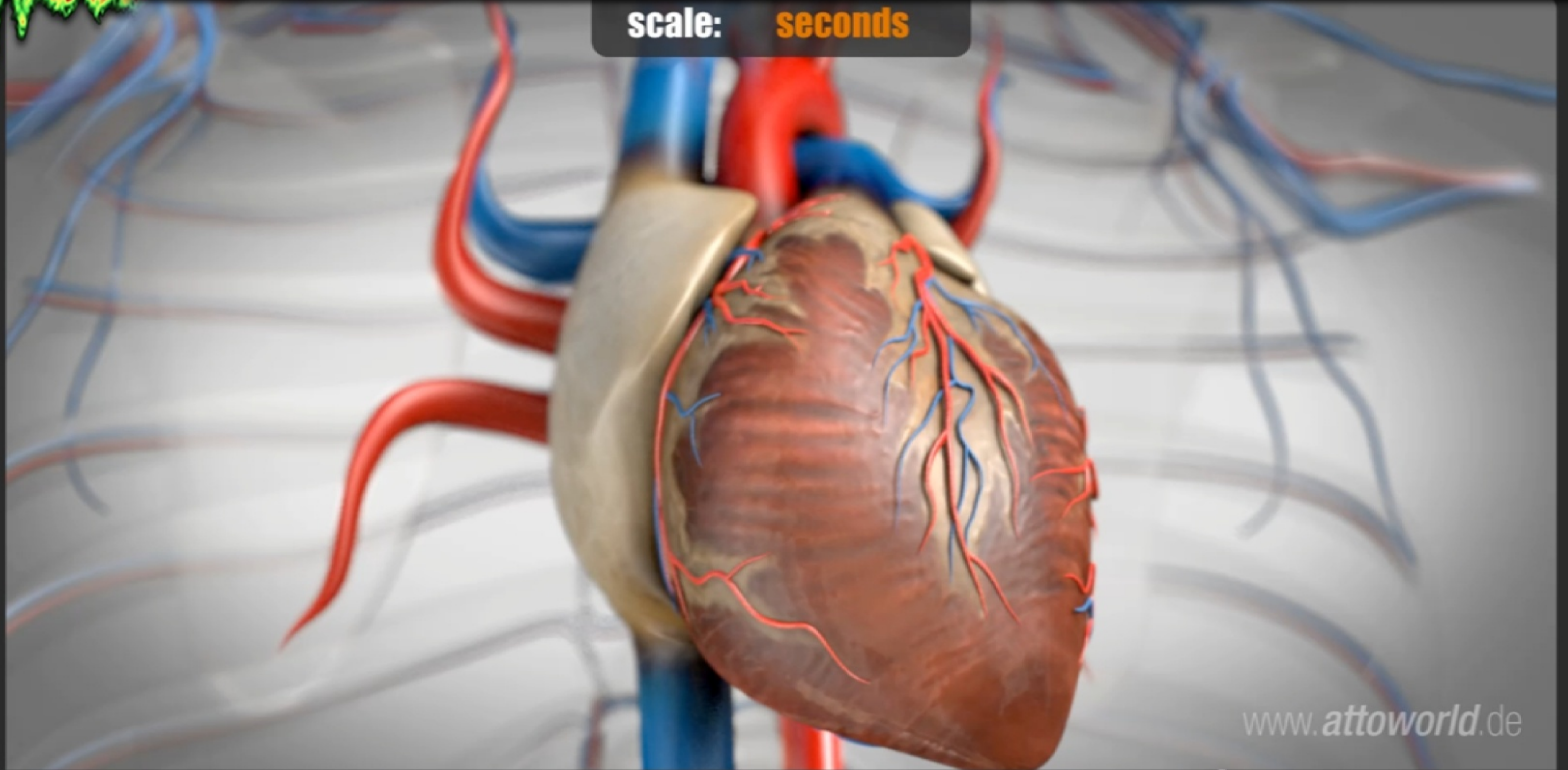
**magnification by a factor of  $10^{16}$**



# privire în: spațiu și timp



scale: **seconds**



[www.attoworld.de](http://www.attoworld.de)

magnification in time

**x 1**

**10<sup>0</sup>**



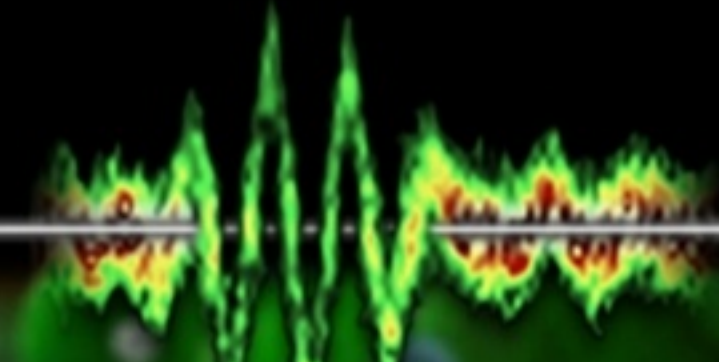
# apropiere în: spațiu și timp

pentru a face observabilă de către om mișcările electronilor la nivel atomic este necesară o mărire de timp de circa  $10^{16}$  ori



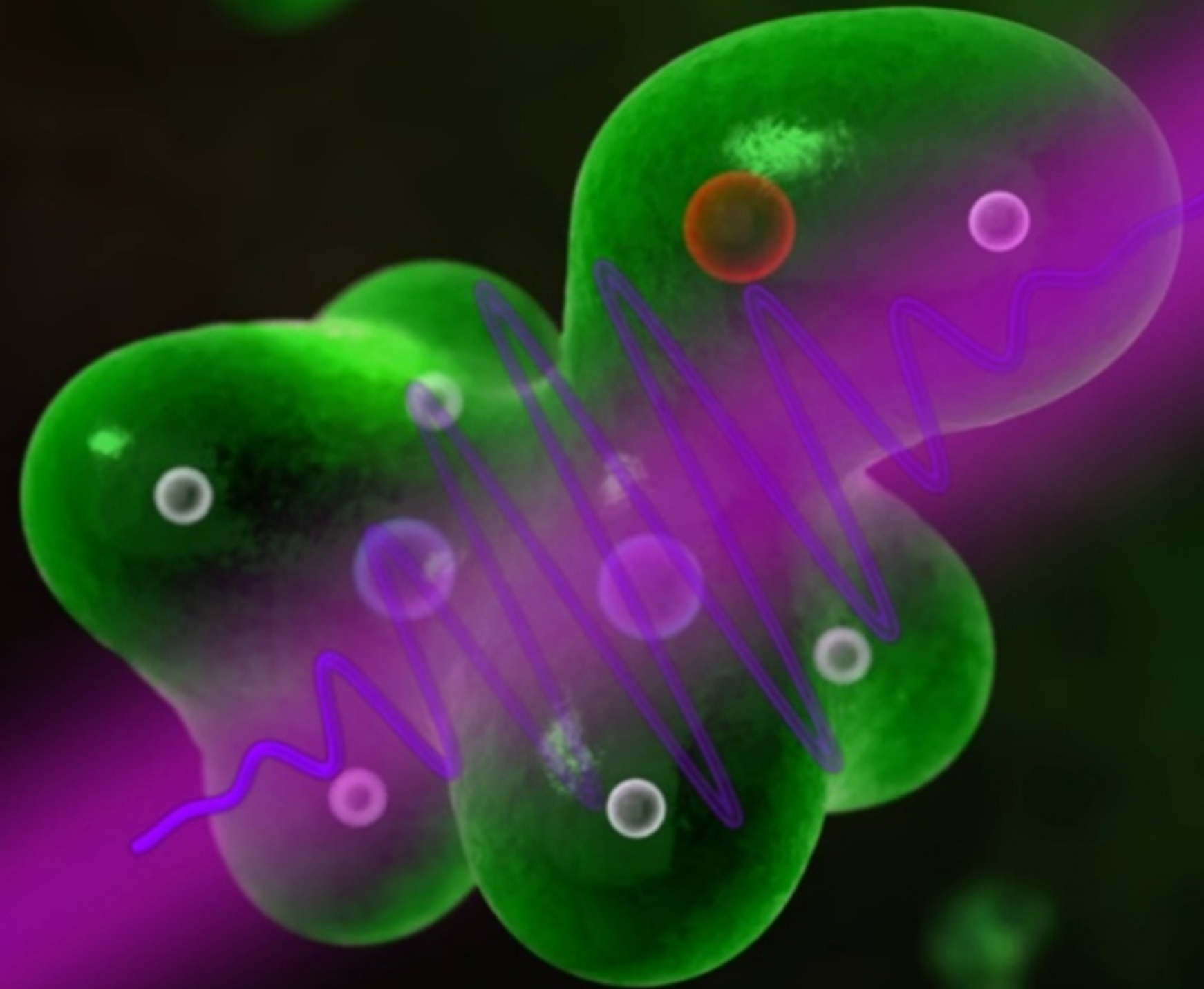


# apropiere în: spațiu și timp



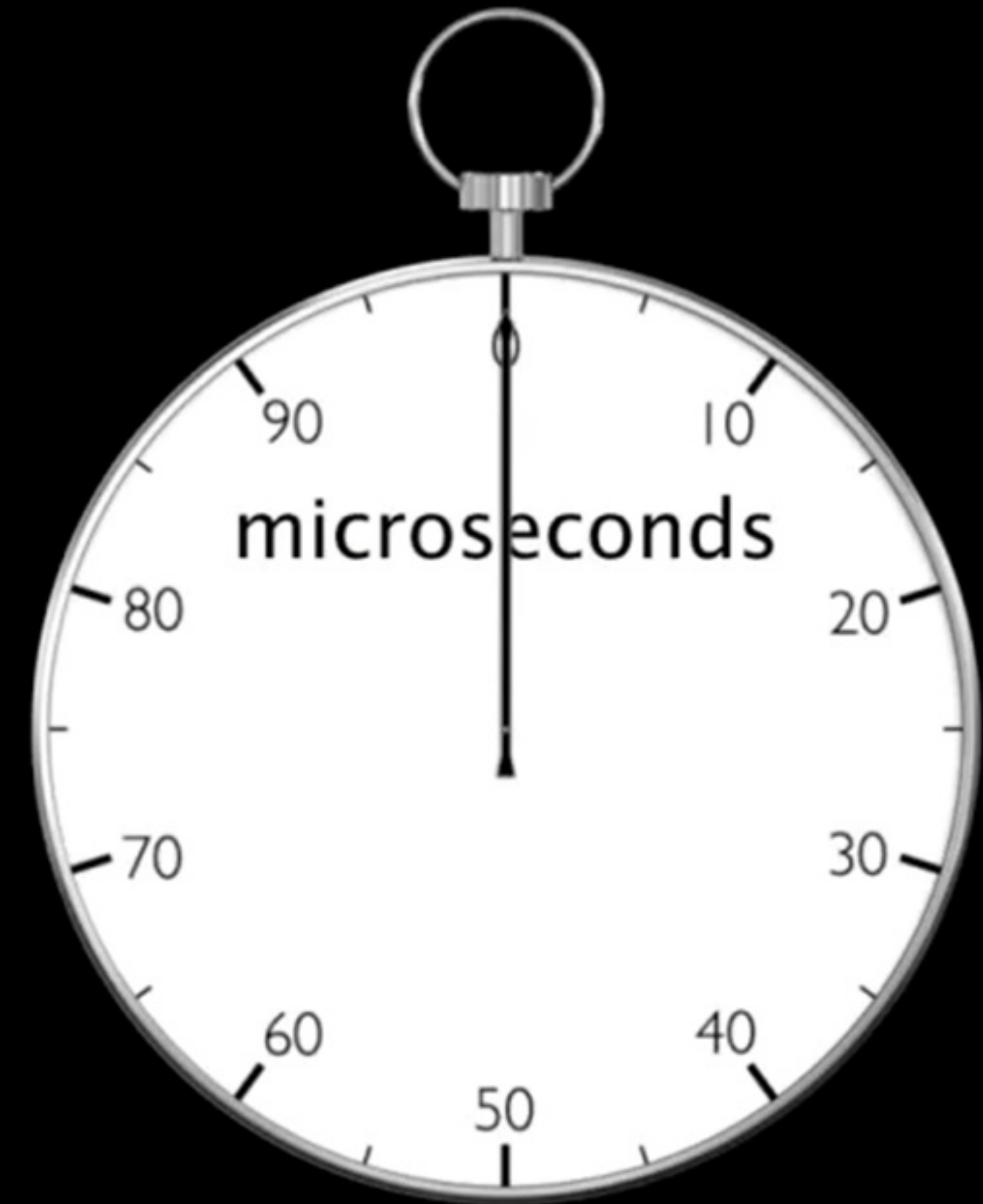
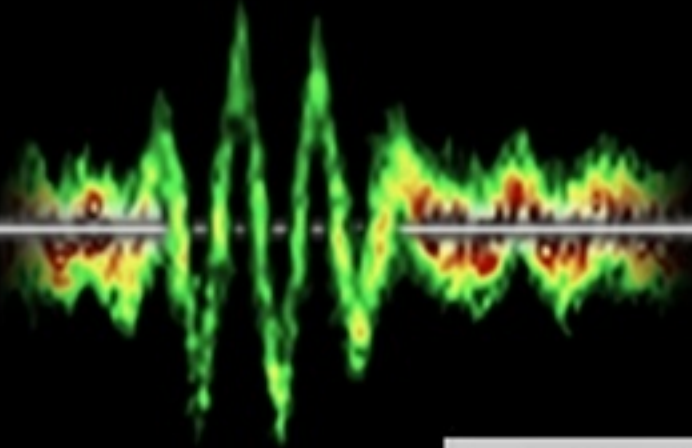
pentru a face observabilă de către om mișcările electronilor la nivel atomic este necesară o mărire de timp de circa  $10^{16}$  ori

acest lucru o poate asigura pentru noi tehnologia attosecundelor



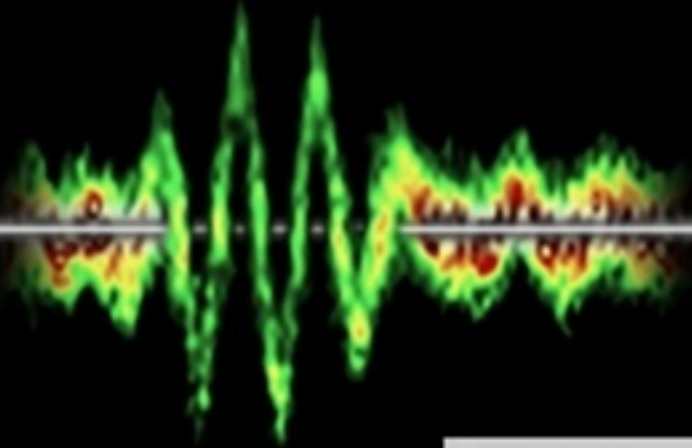


Mișcările rapide le putem immortaliza cu ajutorul fotografiilor făcute cu timpi de expunere foarte mici...





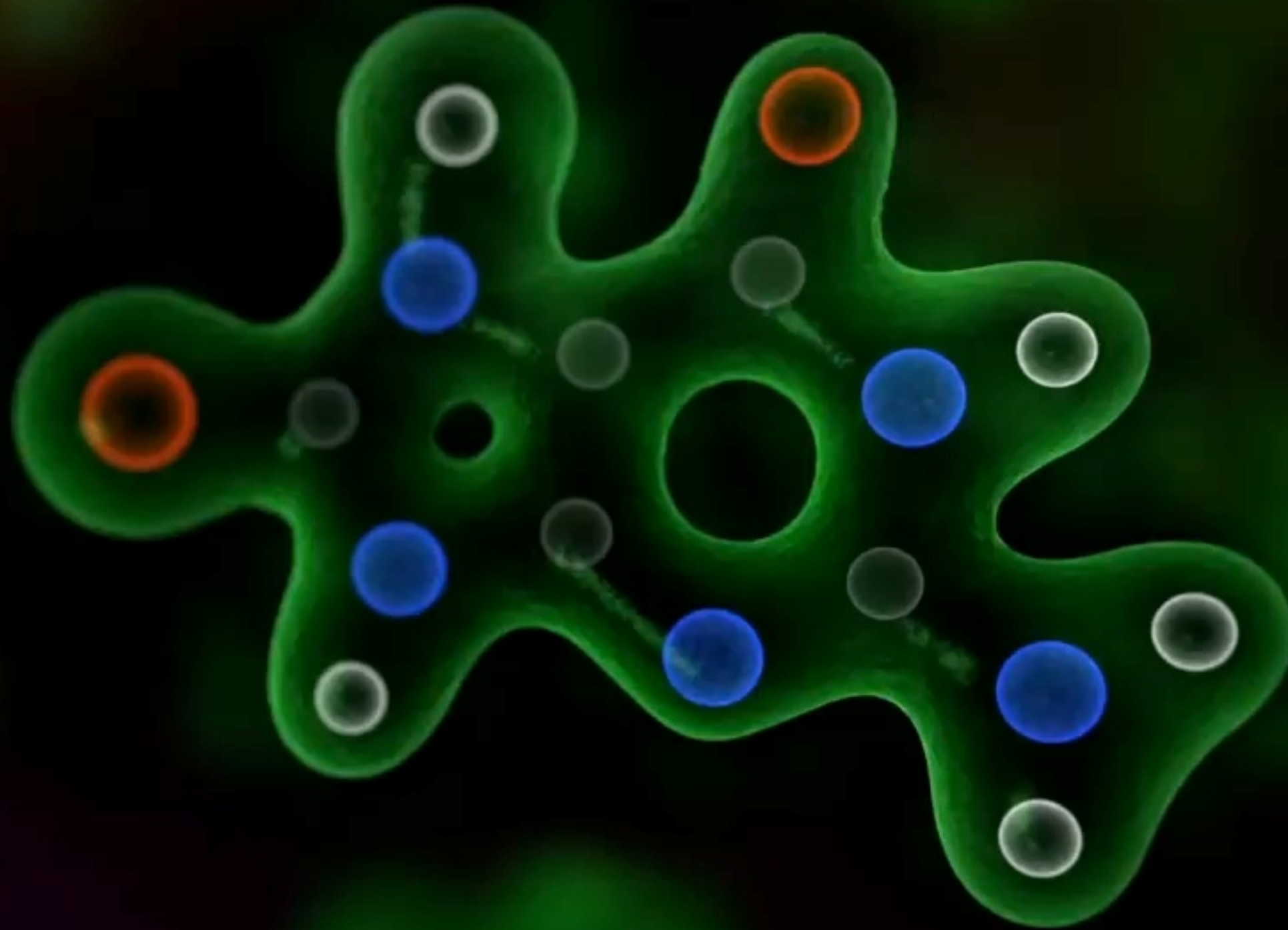
Mișcările rapide le putem immortaliza cu ajutorul fotografiilor făcute cu timpi de expunere foarte mici...



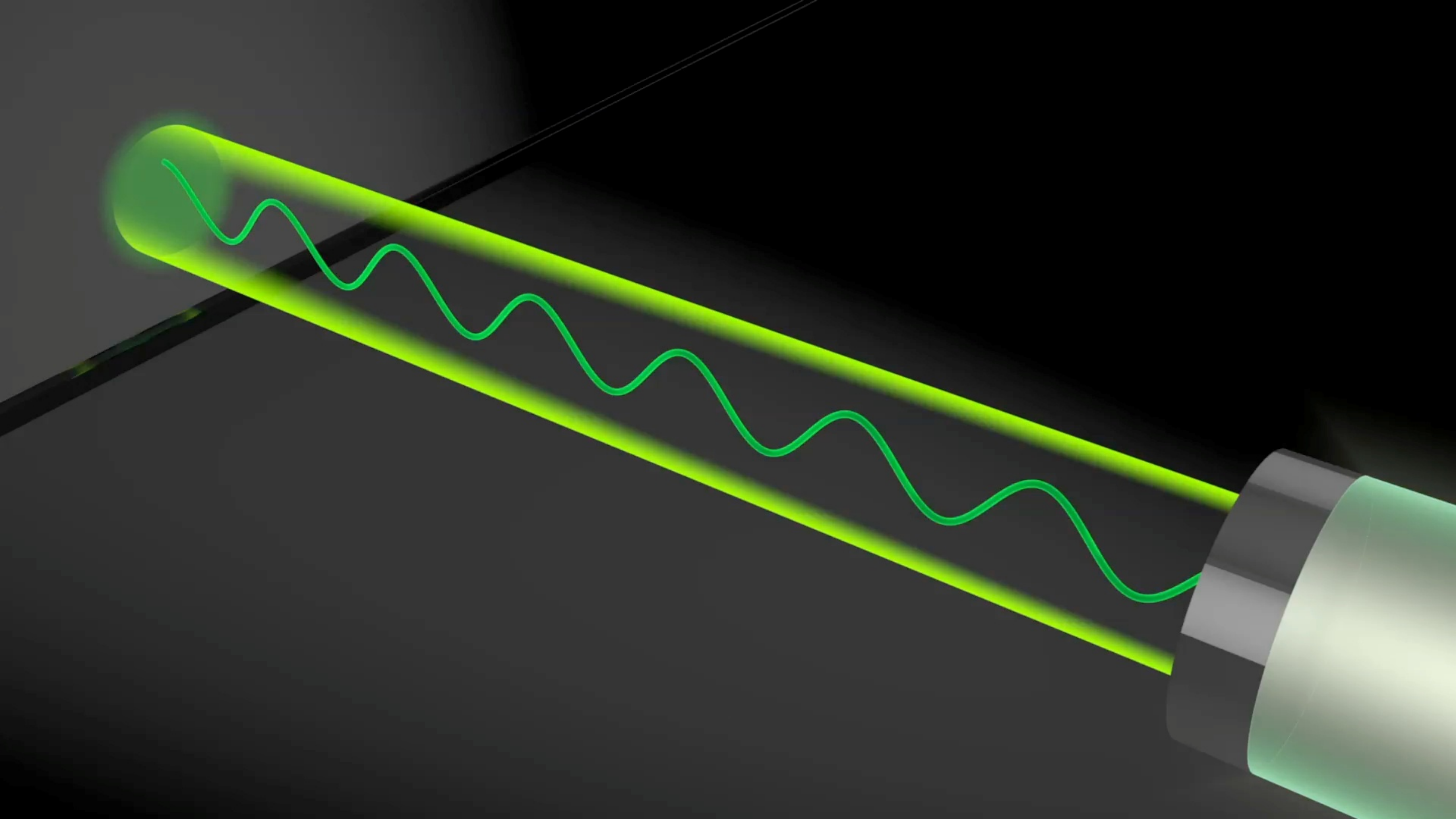
și redarea înregistrării cu viteză mică



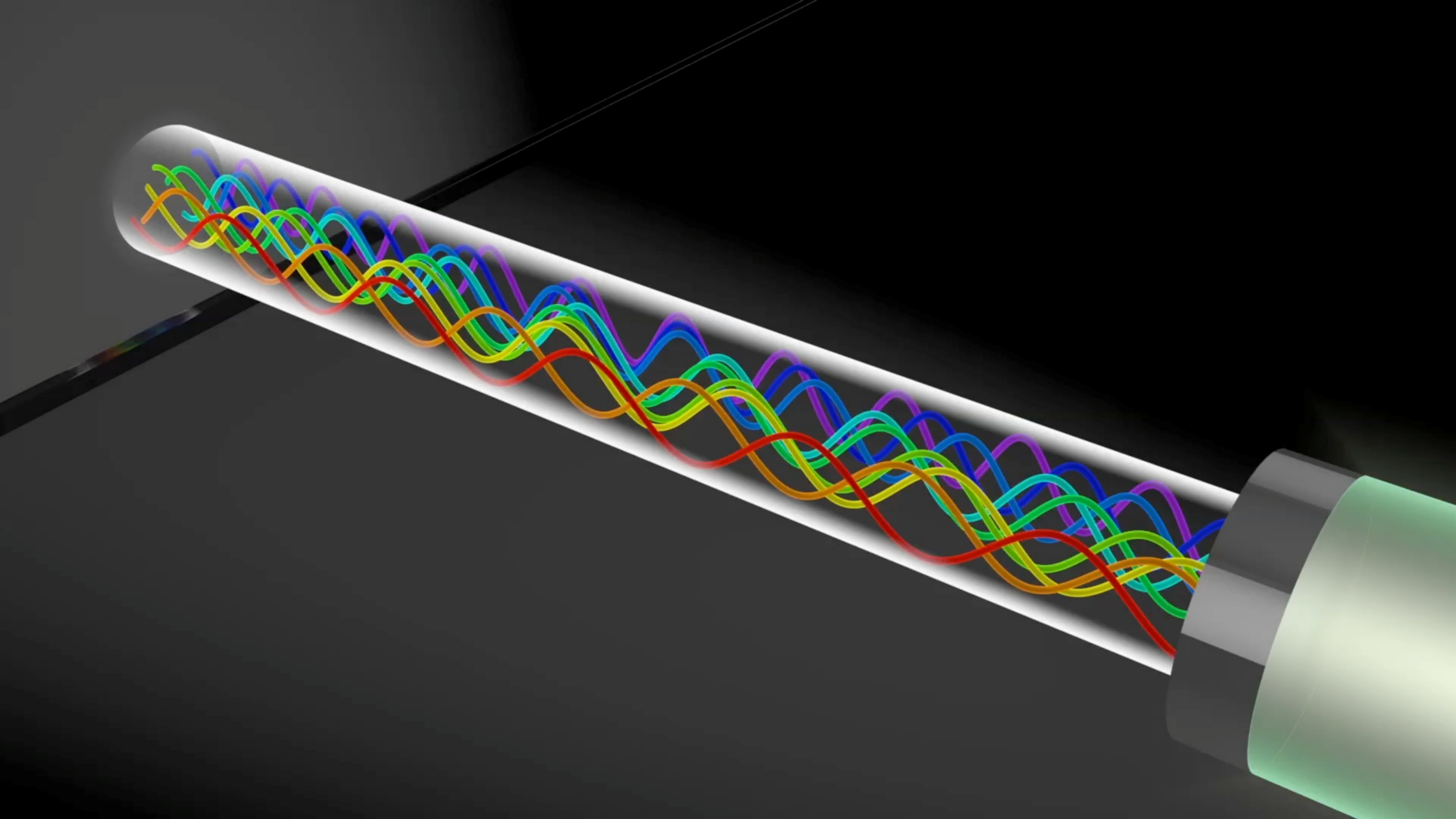
pentru realizarea fotografiilor statice care immortalizează mișcarea electronilor  
este nevoie de **timpi de expunere de ordinul attosecundelor**



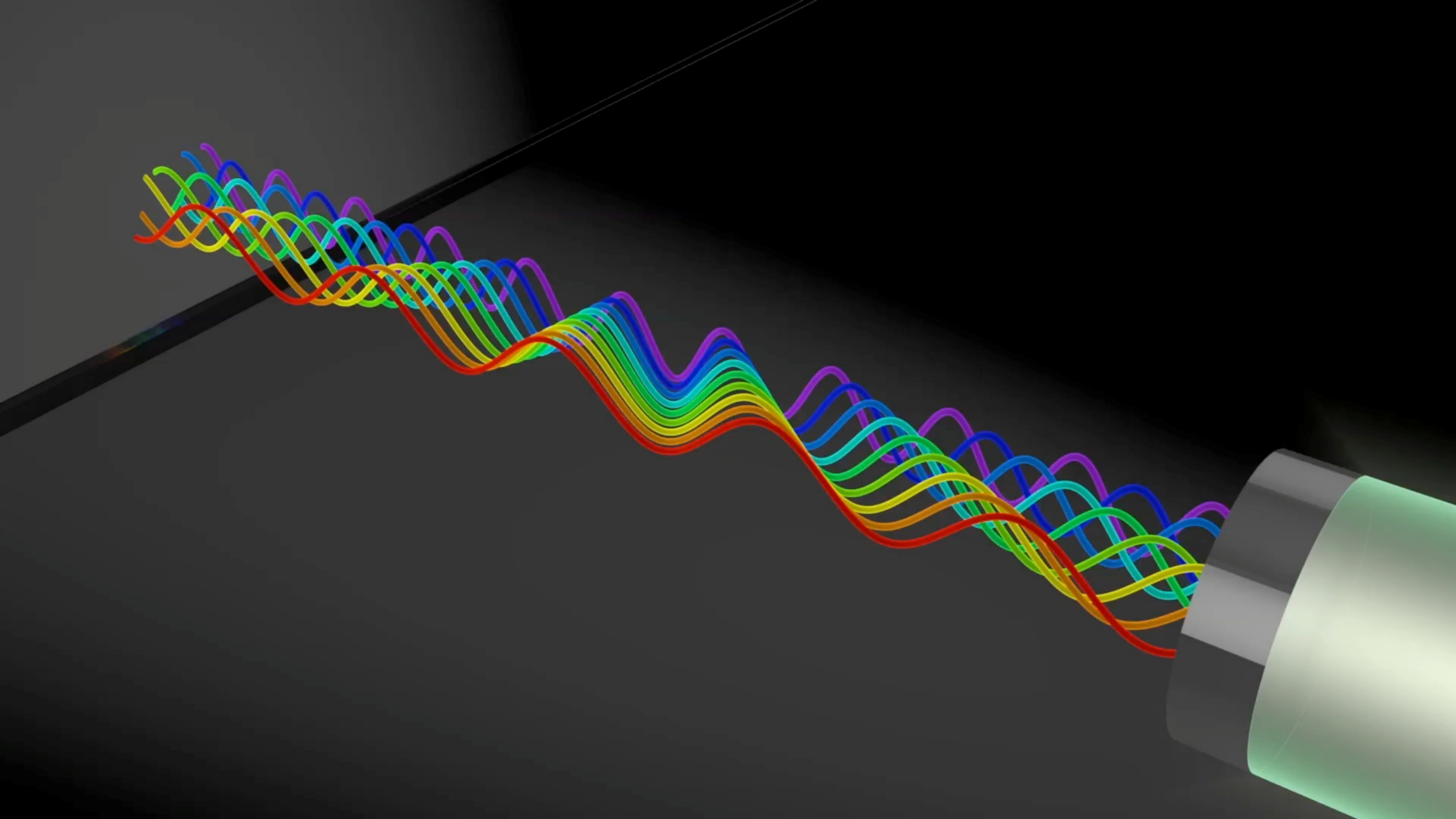




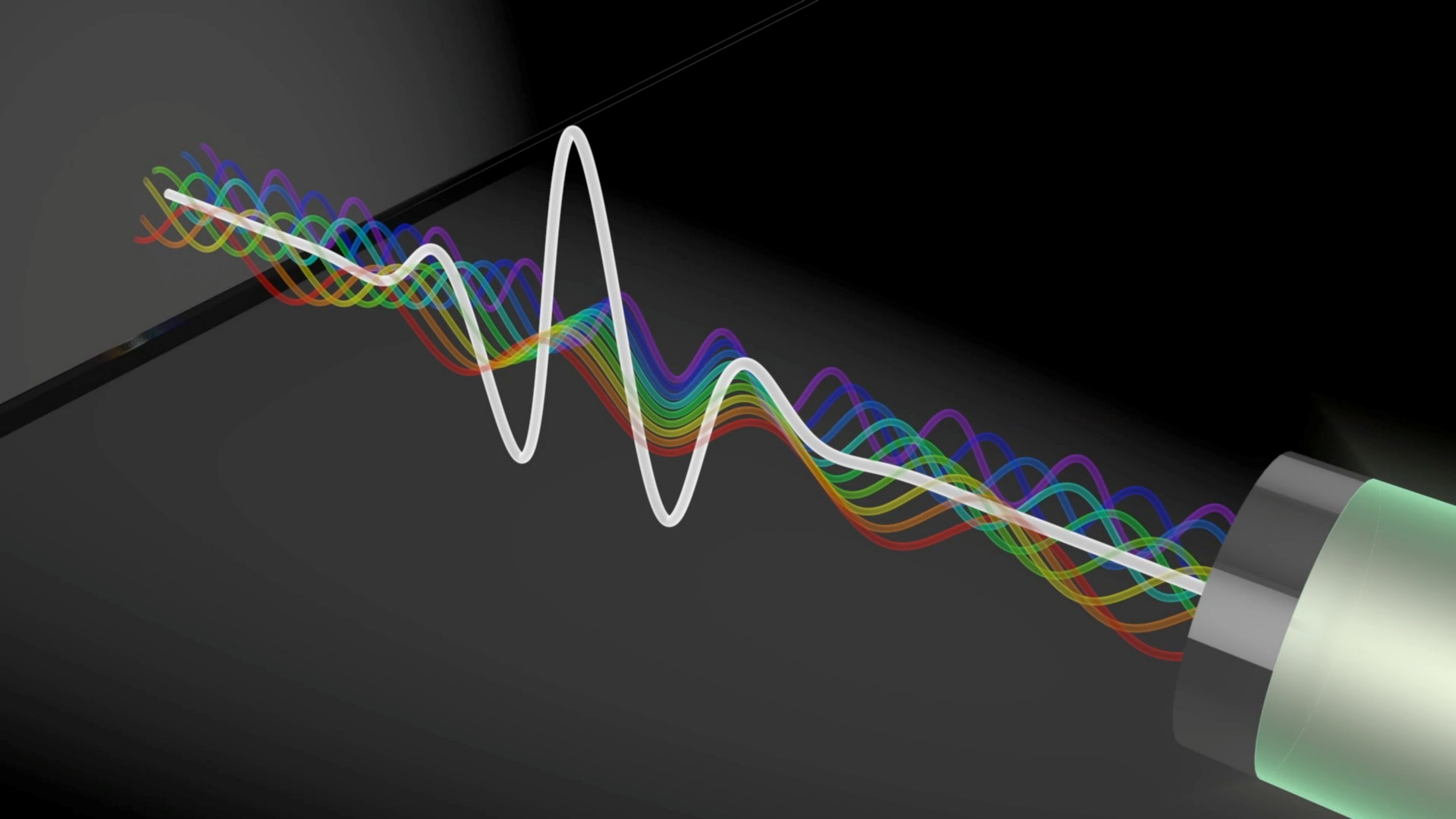




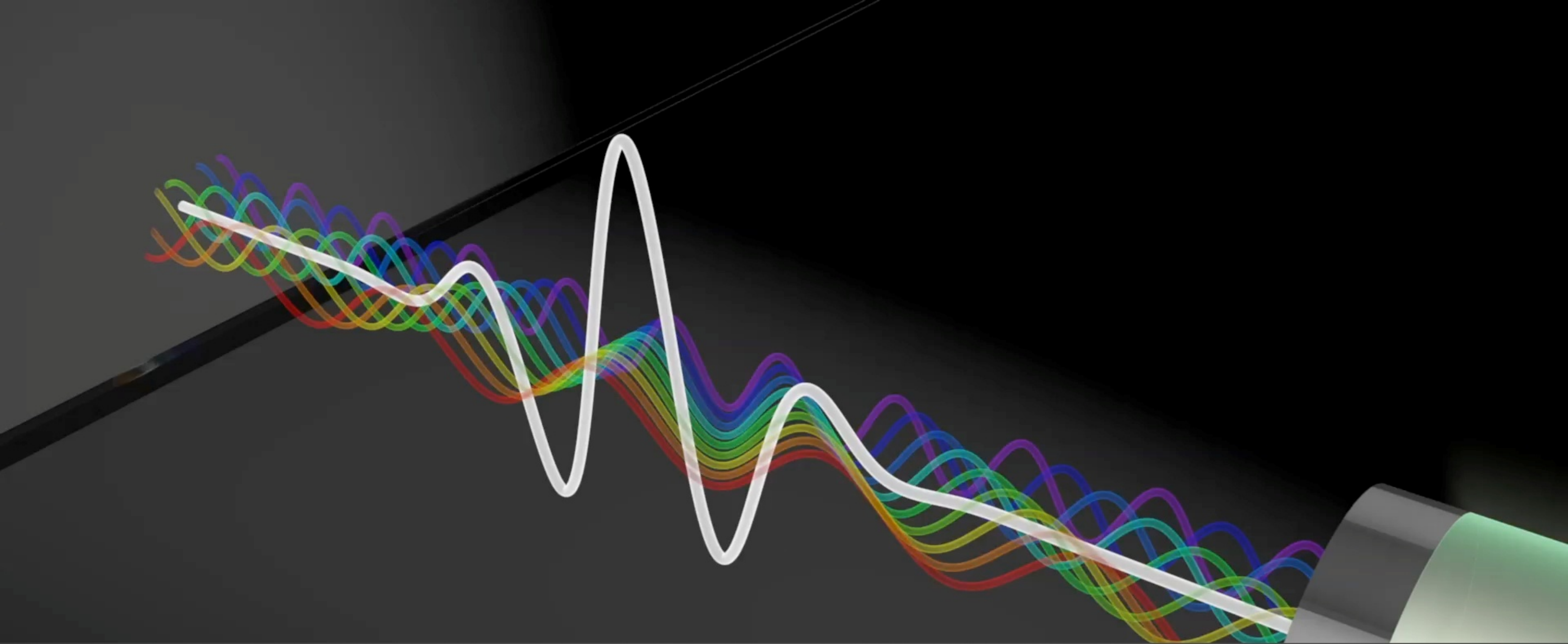






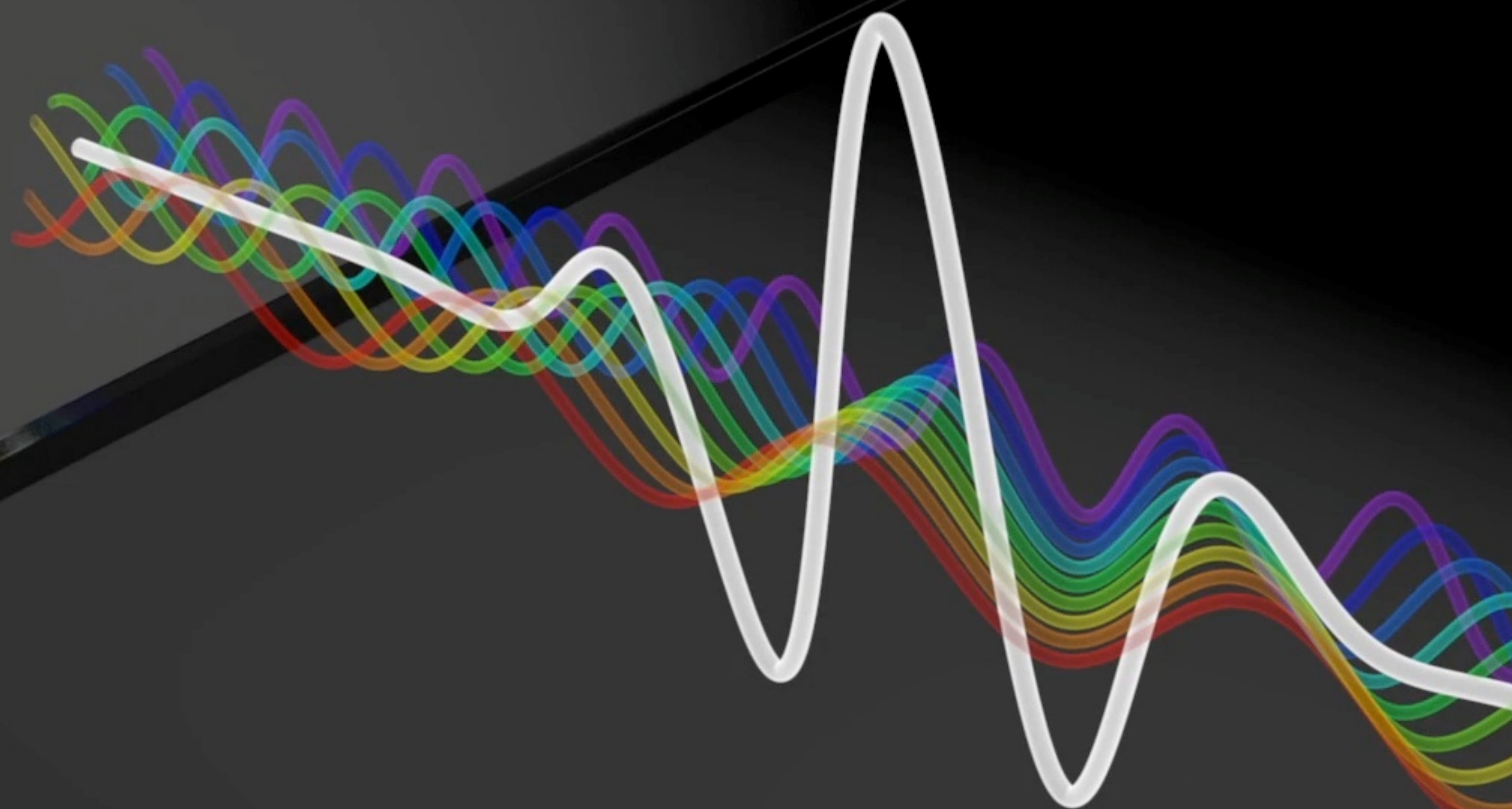






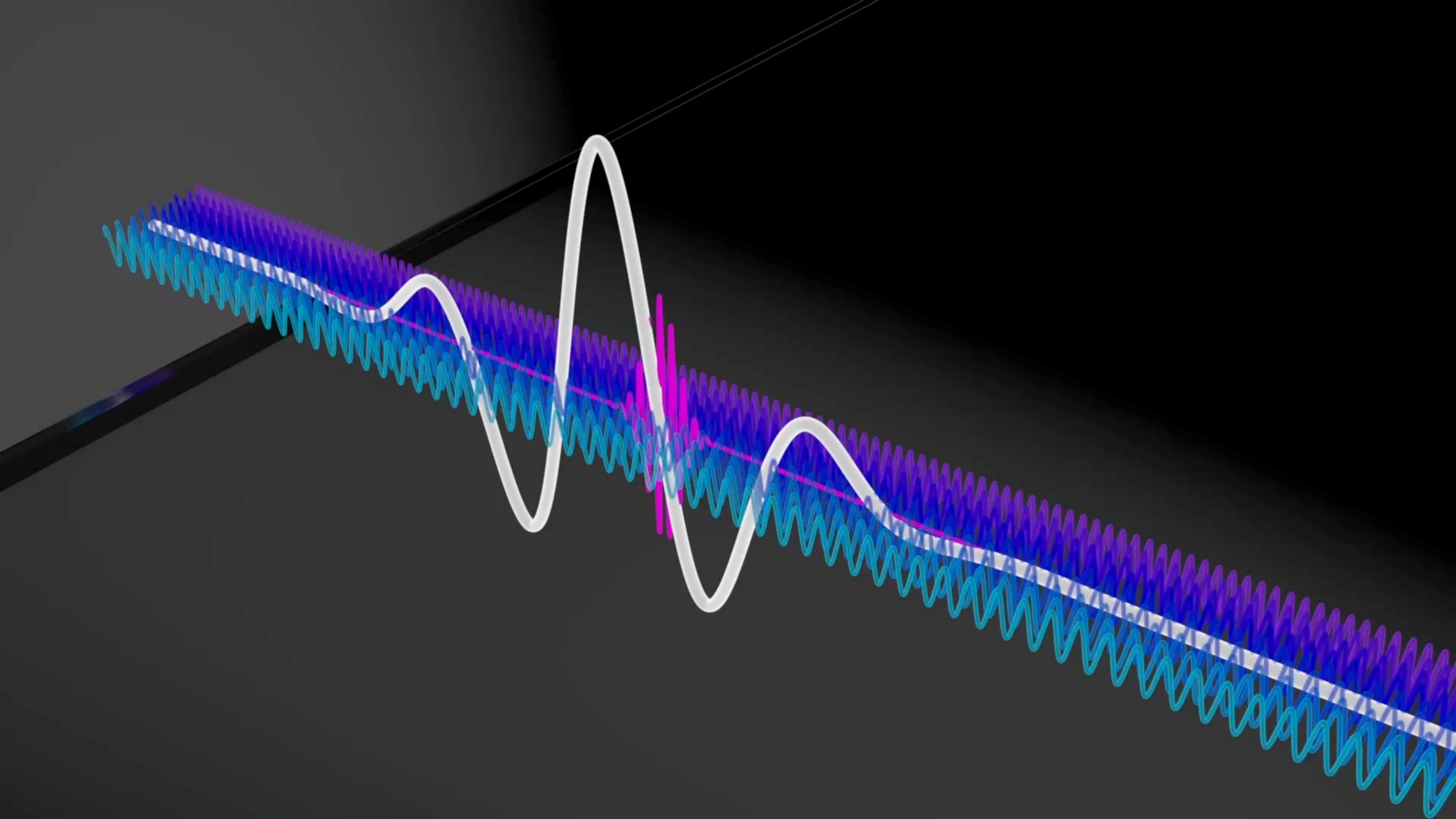
prin suprapunerea vârfurilor de undă ale fasciculelor laser de diferite culori ia naștere **un impuls luminos foarte scurt**



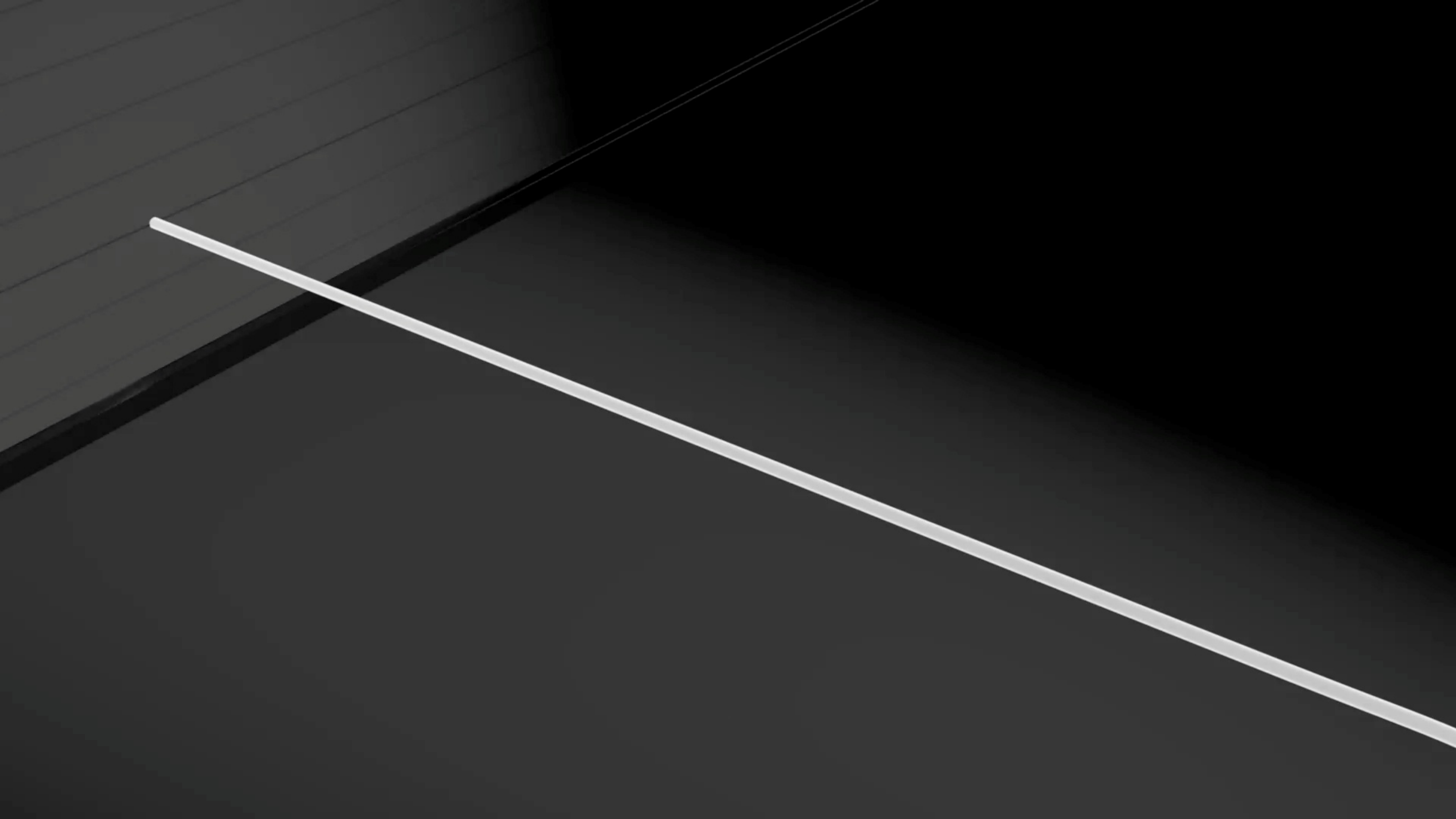


Compunerea undelor ultraviolete dă naștere la impulsuri luminoase de ordinul attosecundei









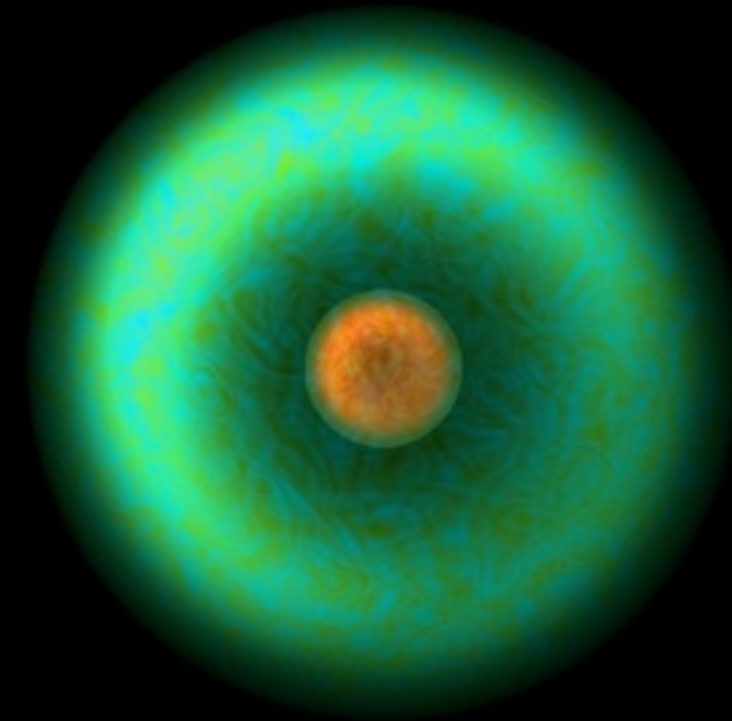
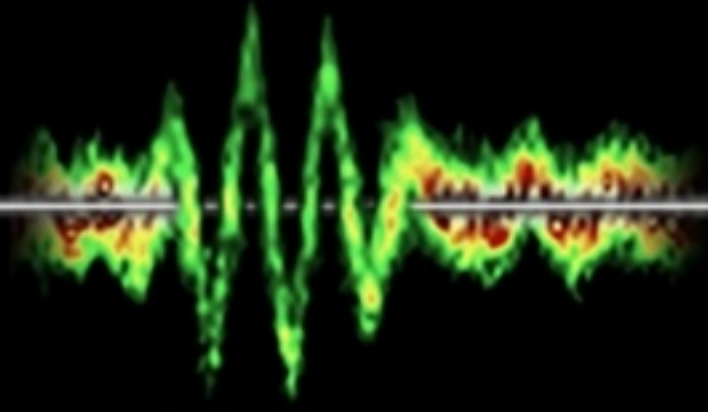


The image features a dark grey background with a white line that starts in the upper left and extends diagonally towards the lower right. A dark grey horizontal band is positioned at the bottom of the frame, containing text. The text is split into two colors: the first part is light blue and the second part is white.

impulsul laser prin forța electrică exercitată asupra electronilor le pune în mișcare

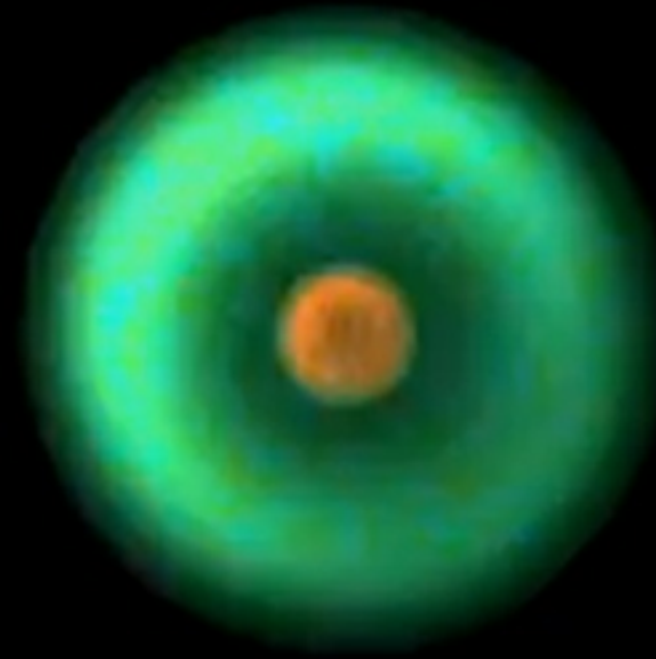
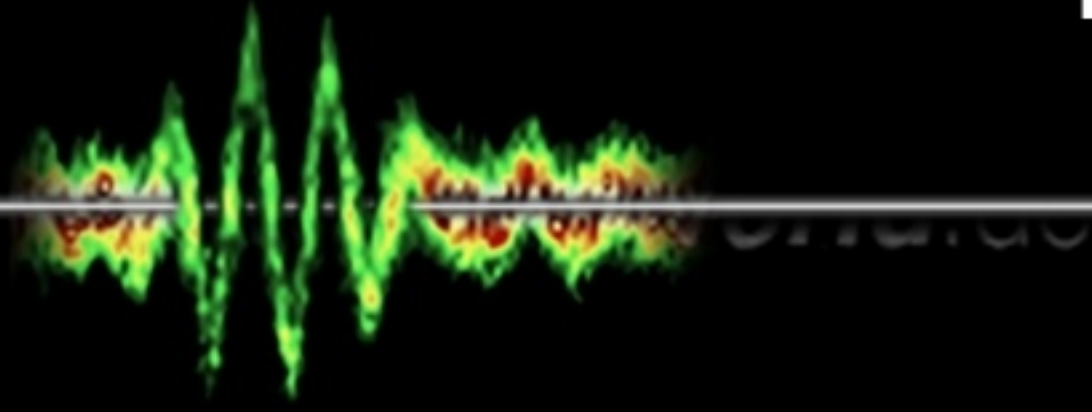


# mișcarea electronilor în timpul ionizației și după



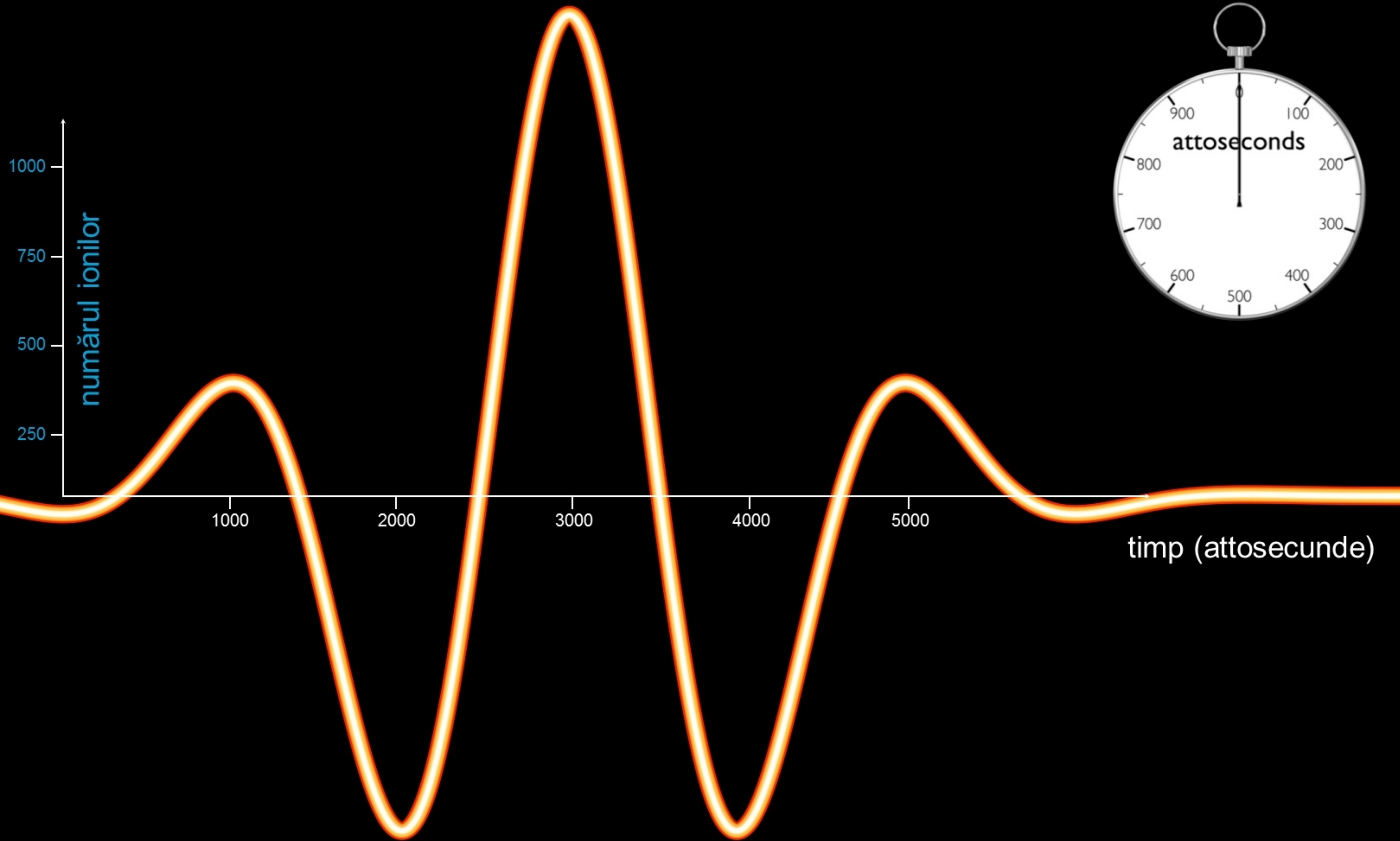


# mișcarea electronilor în timpul ionizației și după



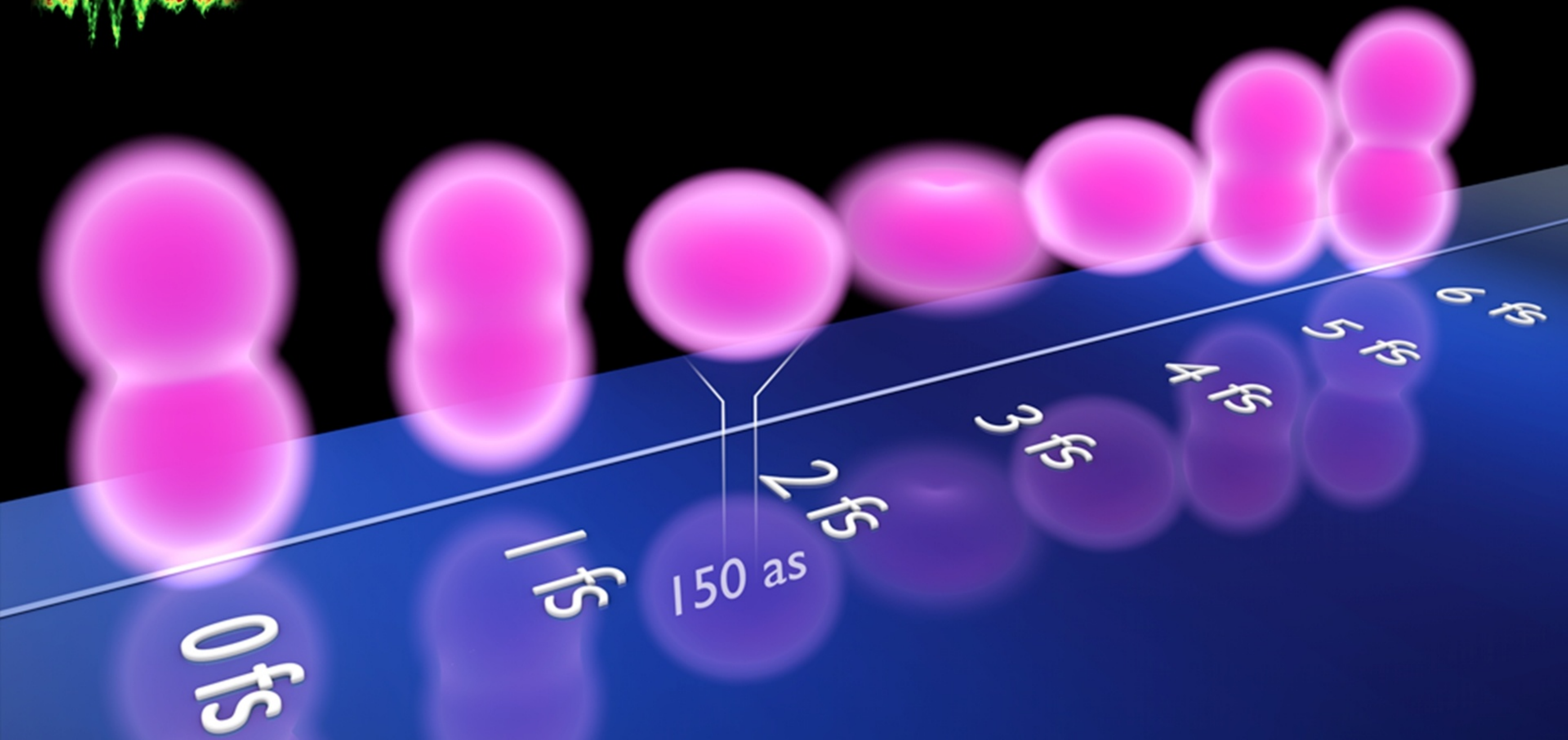
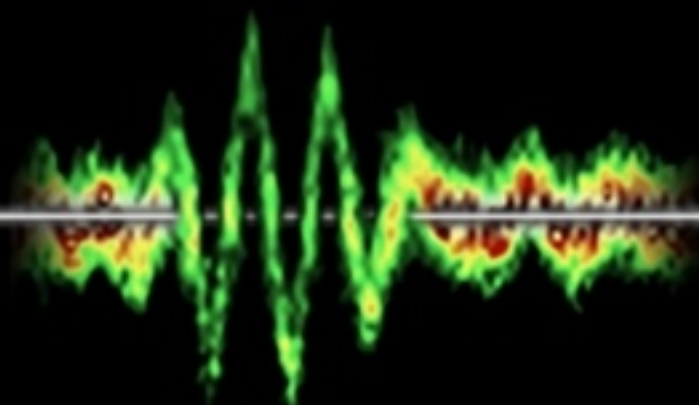


# puterea luminii



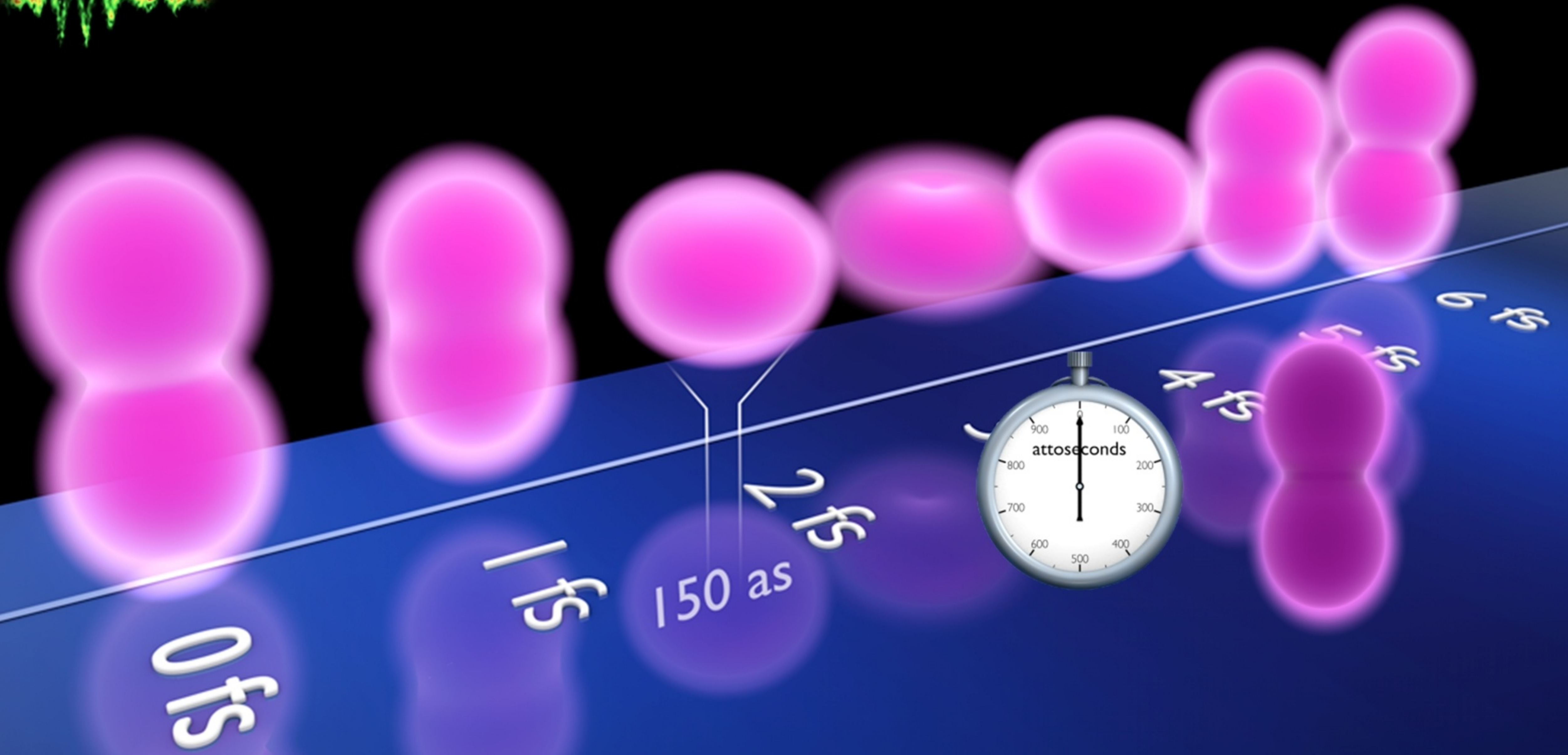
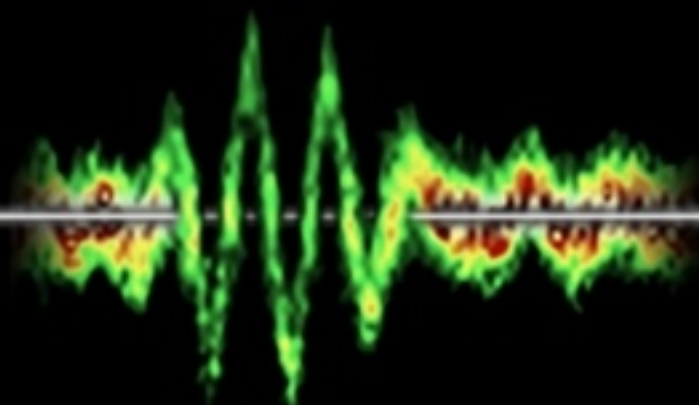


electroni, redare cu încetiniorul



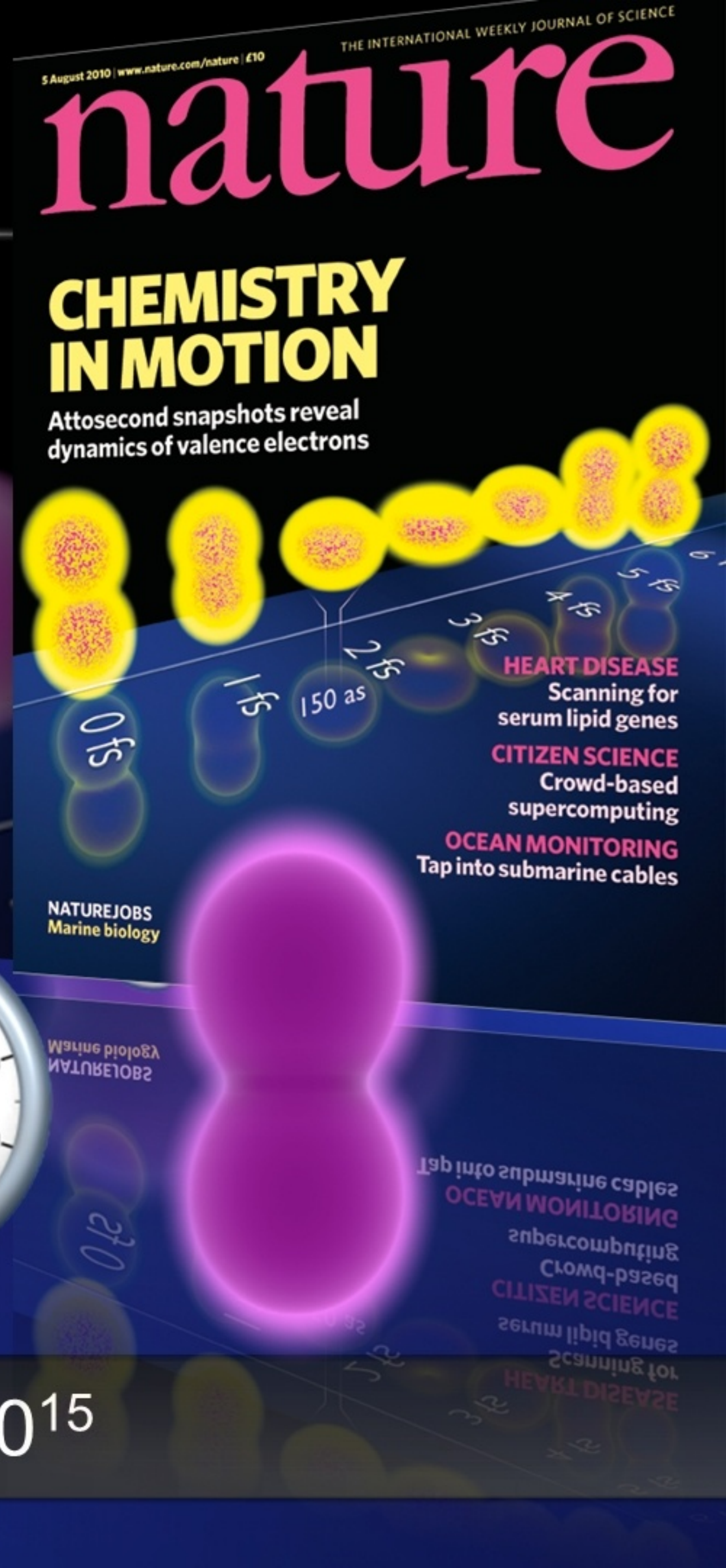
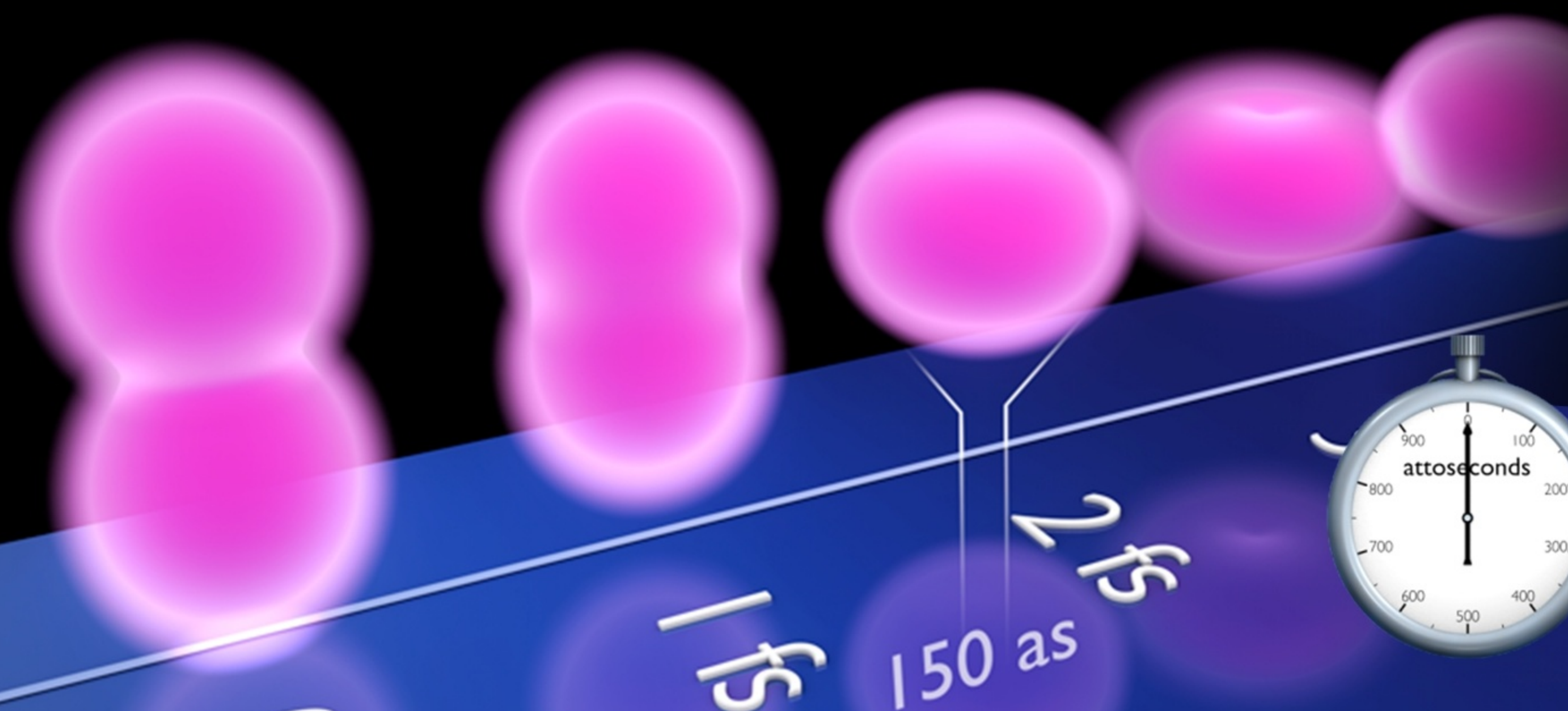
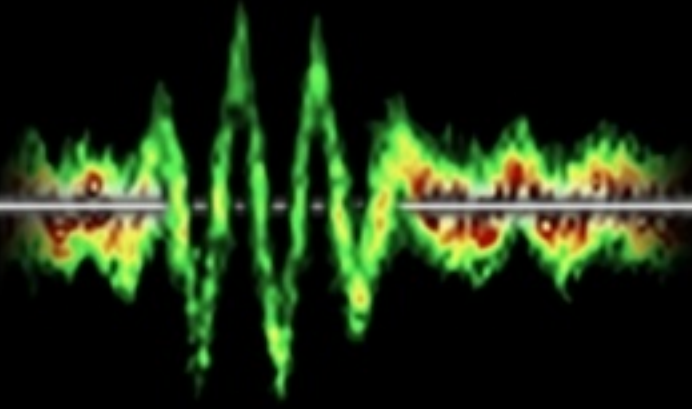


# electroni, redare cu încetinitorul





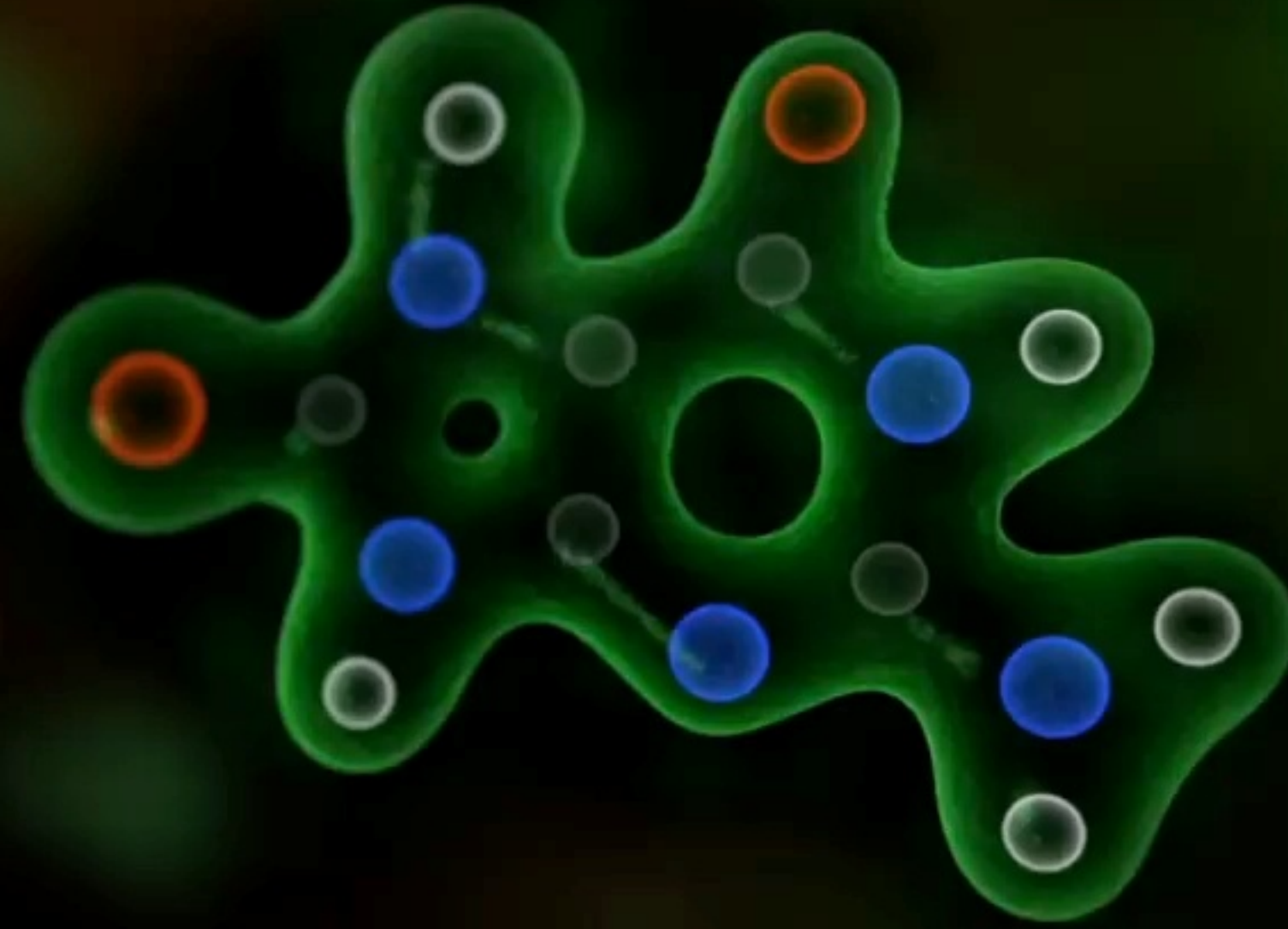
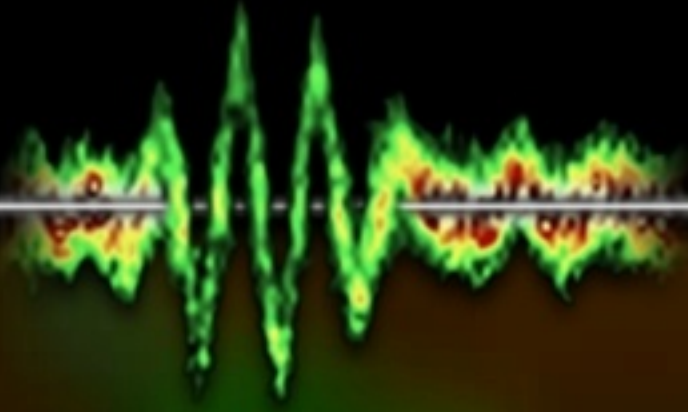
electroni, redare cu încetinitorul



mărire în timp: 1 000 000 000 000 000 000 =  $10^{15}$

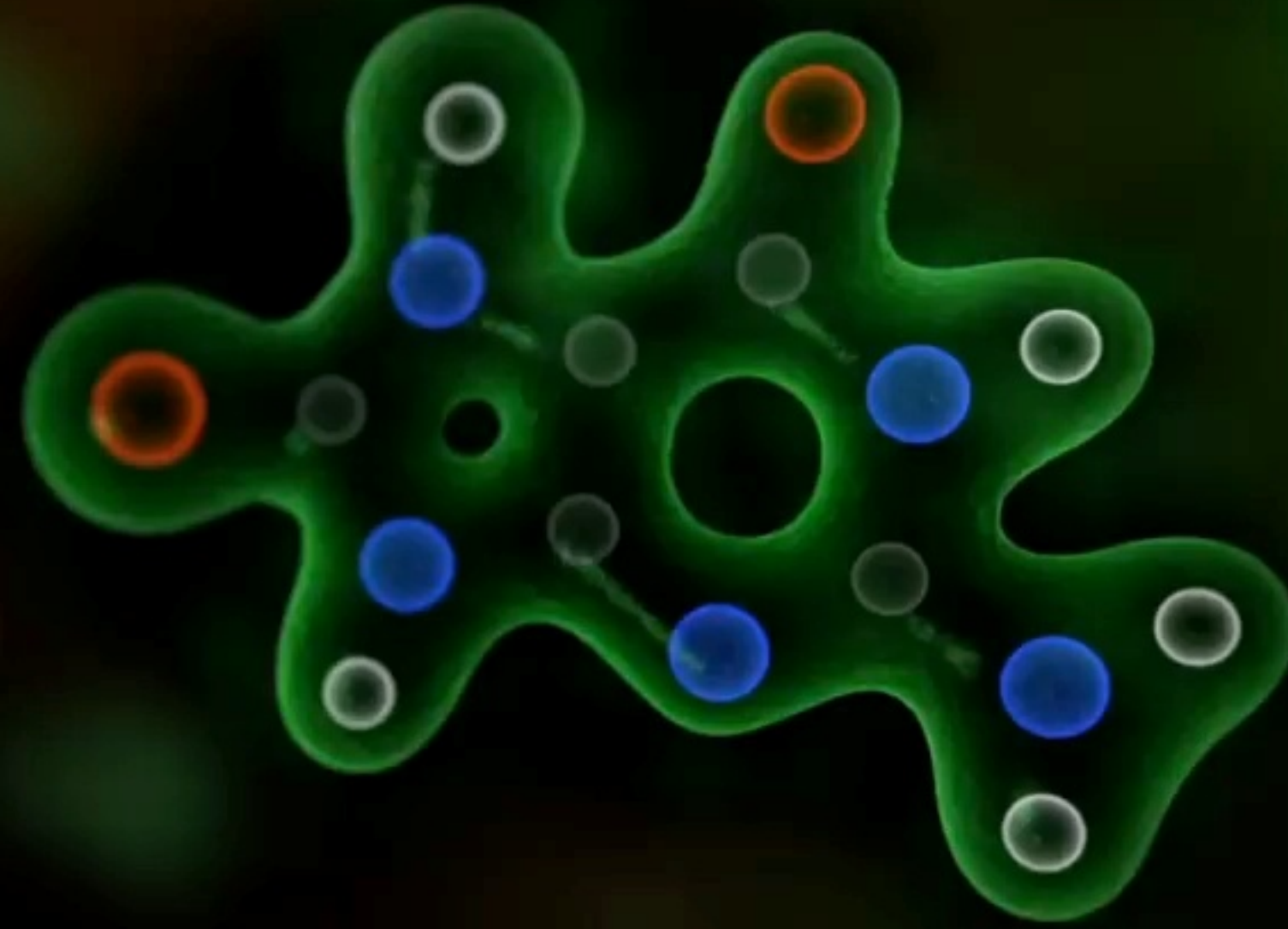
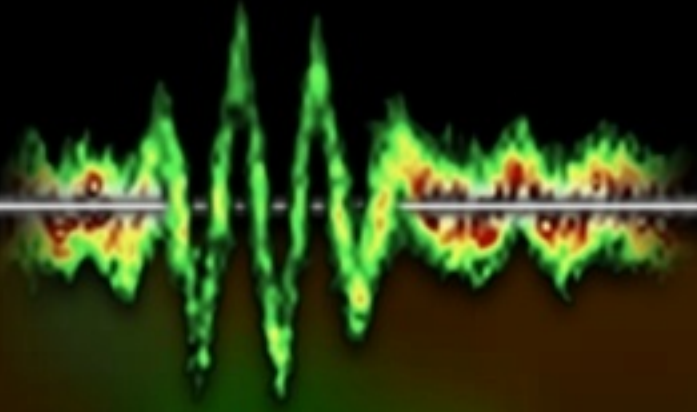


# impulsuri cu raze X de attosecunde: imagini instant cu mișcarea electronilor în sisteme complexe





# impulsuri cu raze X de attosecunde: imagini instant cu mișcarea electronilor în sisteme complexe



microscopie 4D cu  
rezoluție atomică







Aquilion

În lumea occidentală...

fiecare al doilea om

va suferi de cancer și aproximativ jumătate din ei cam fiecare al patrulea va deceda





The image shows a patient lying on a table inside a CT scanner. The patient is wearing a light blue hospital gown and has their arms crossed over their chest. A medical professional in a white lab coat is standing next to the patient, looking down at them. The scanner is a large, white, cylindrical machine with the brand name 'Aquilion' visible on the side. The scene is set in a clinical environment with a white wall in the background.

Aquilion

În lumea occidentală...

fiecare al doilea om

va suferi de cancer și aproximativ jumătate din ei cam fiecare al patrulea va deceda

În Germania...

În fiecare minut

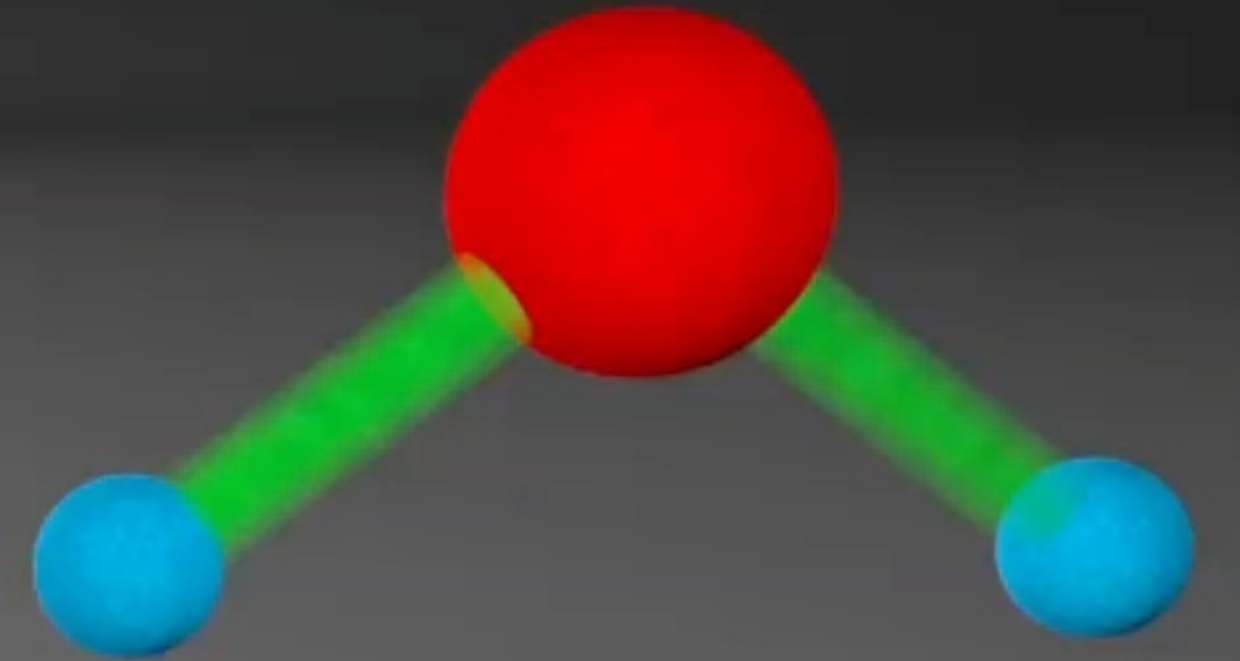
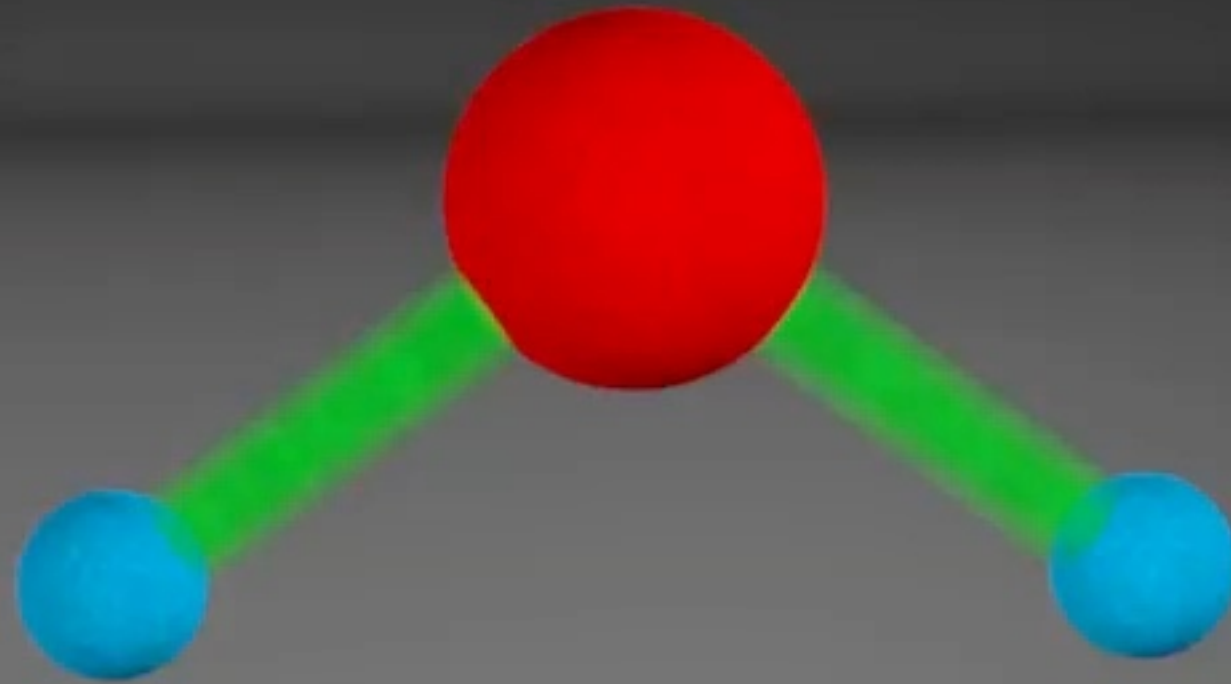
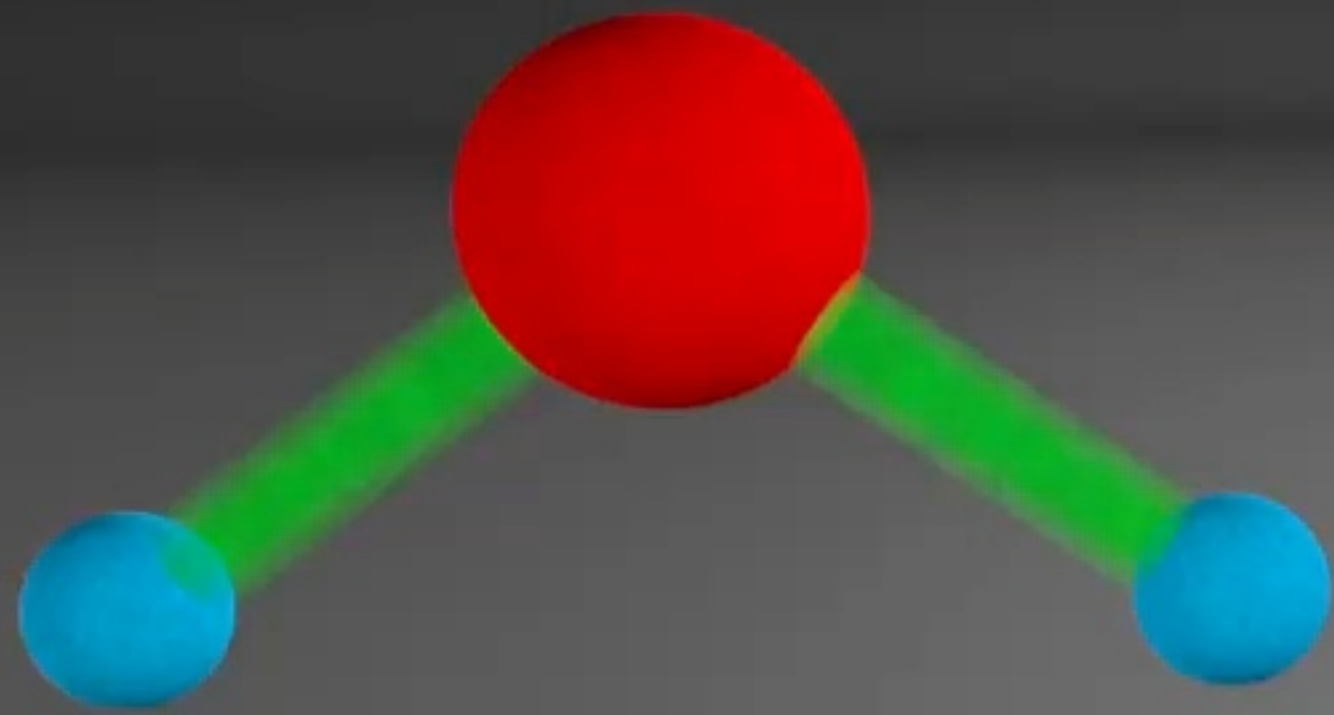
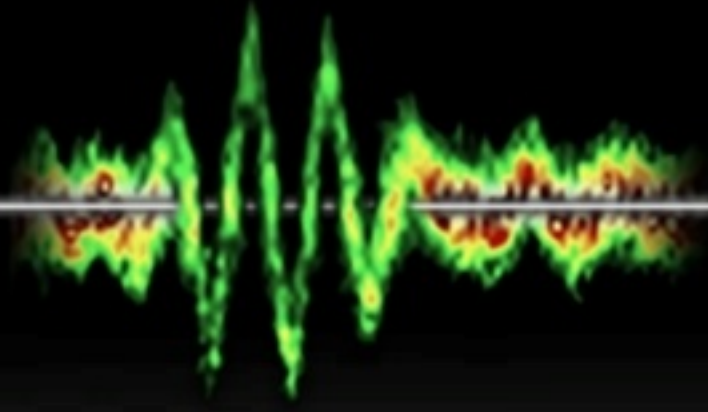
cineva este pus în fața unui diagnostic de cancer



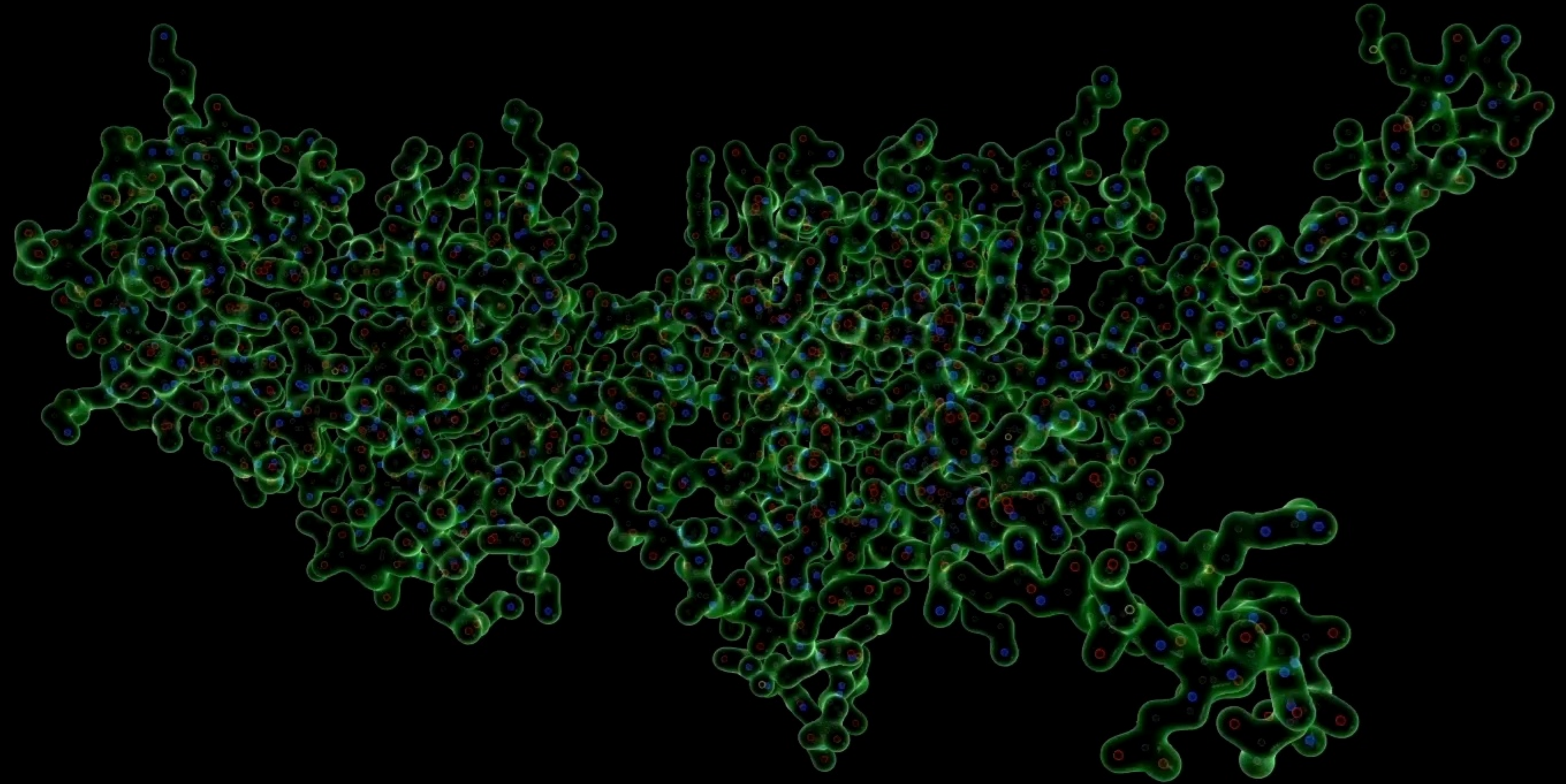
tehnologia laser ultrarapidă poate ajuta (mai direct)  
în lupta împotriva cancerului?



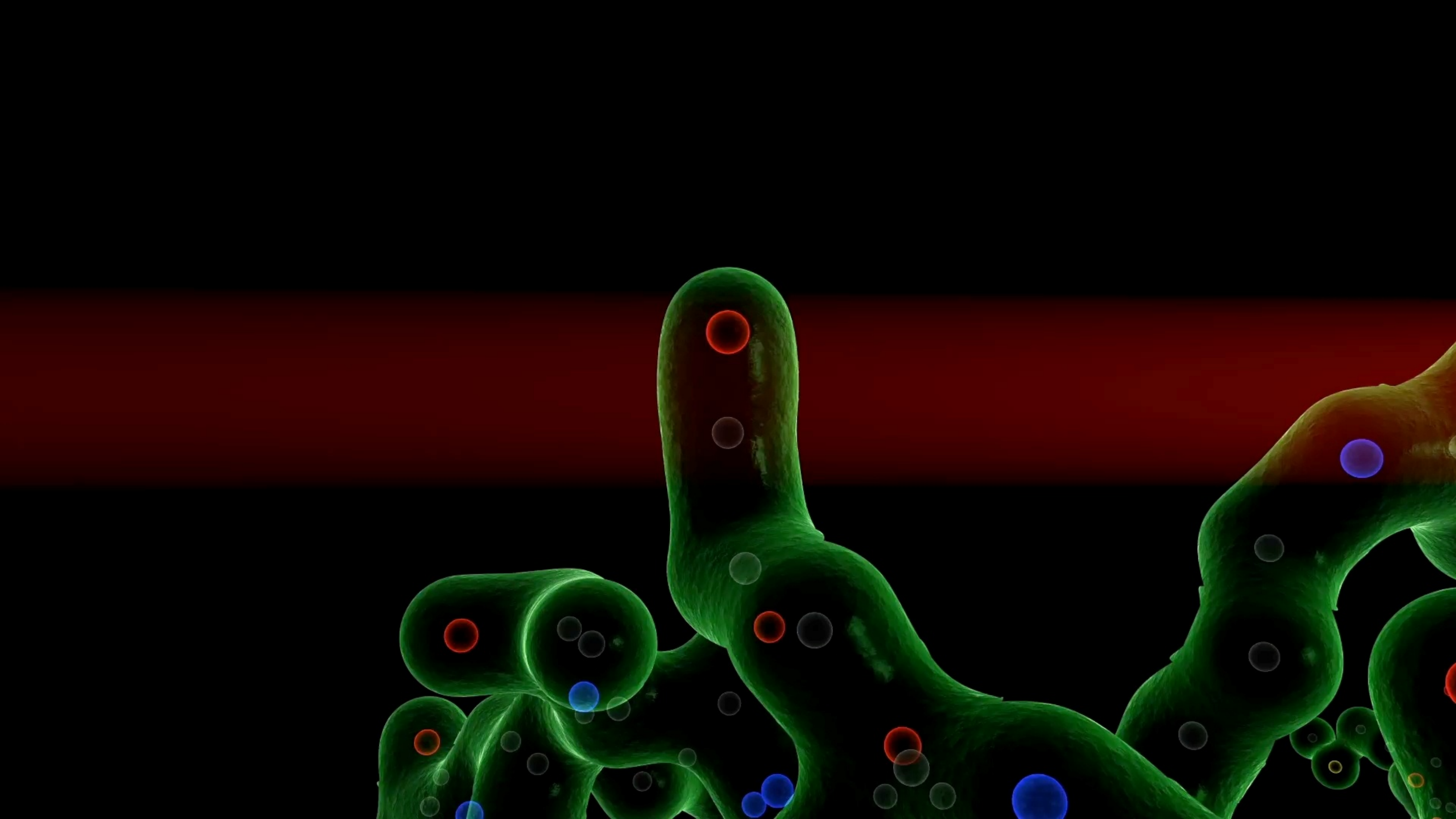
# oscilațiile moleculelor de apă (H<sub>2</sub>O)



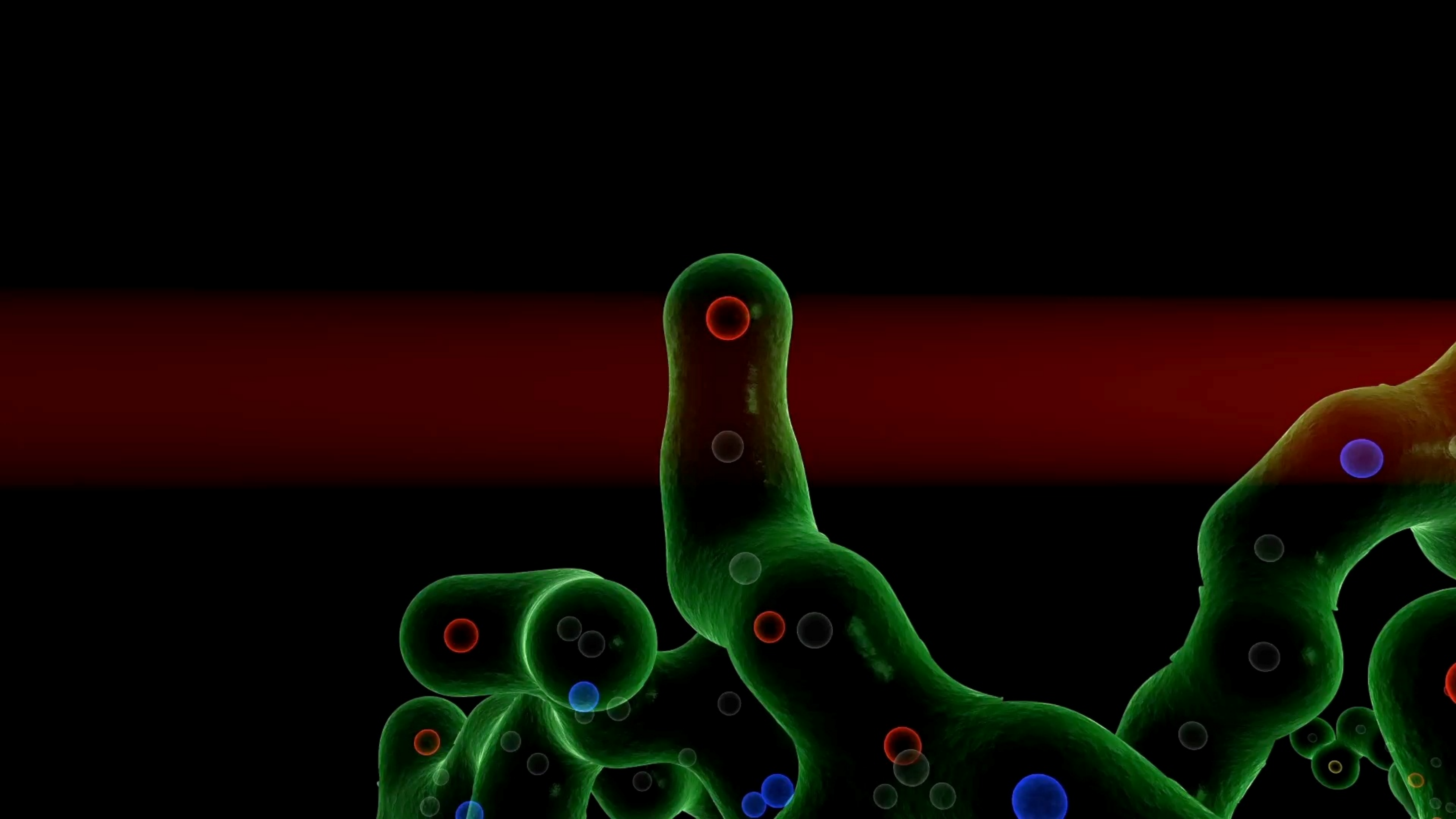




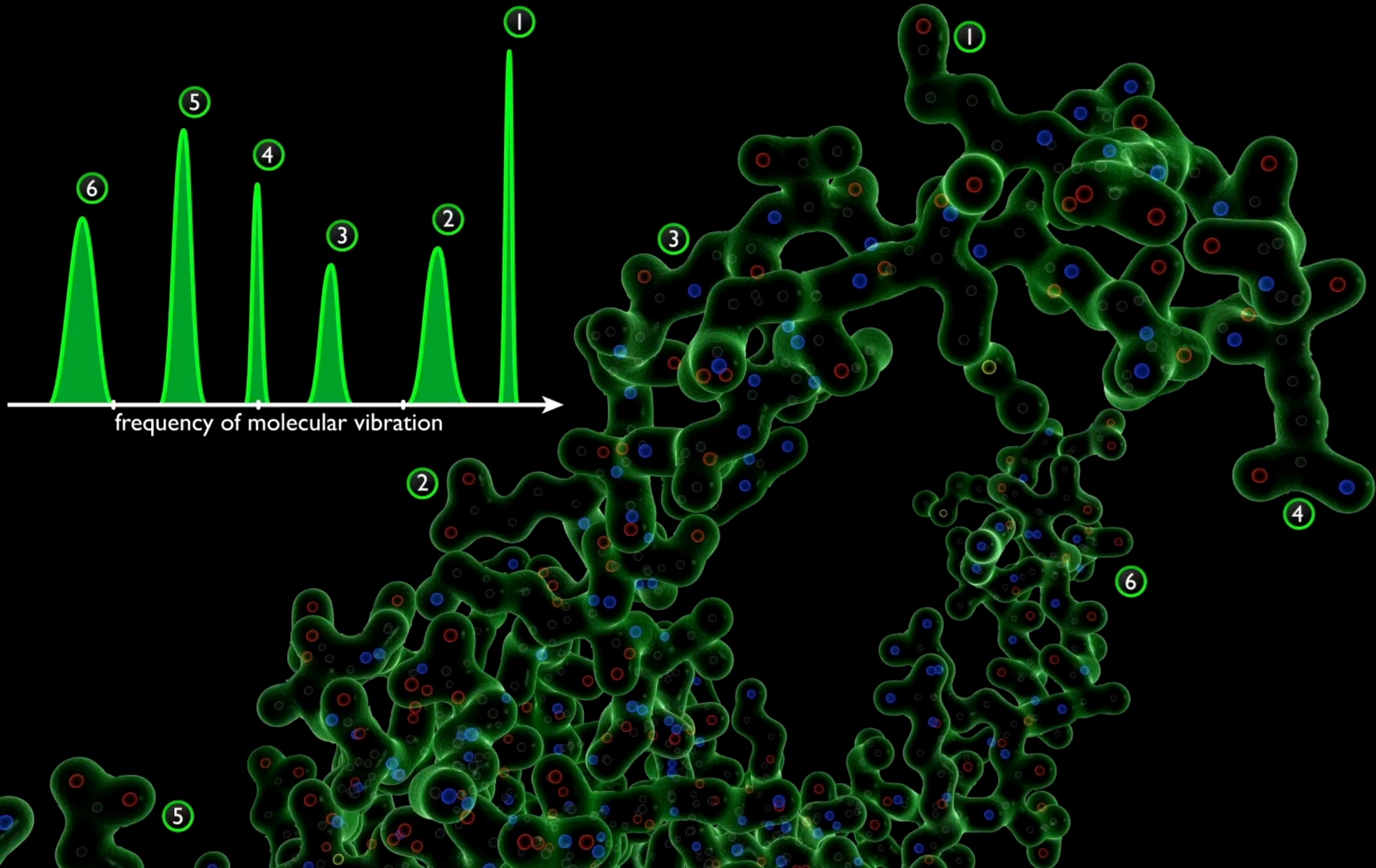
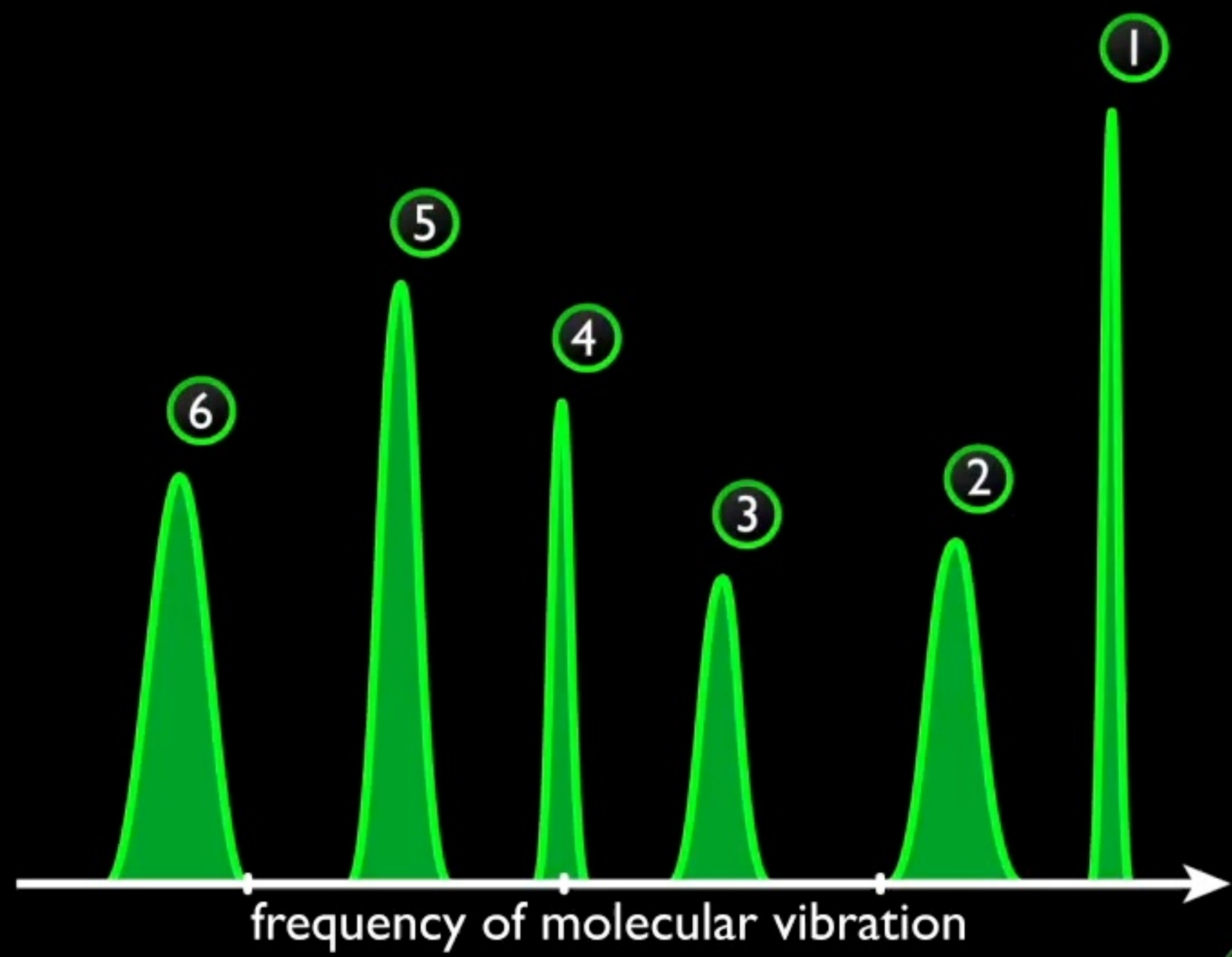












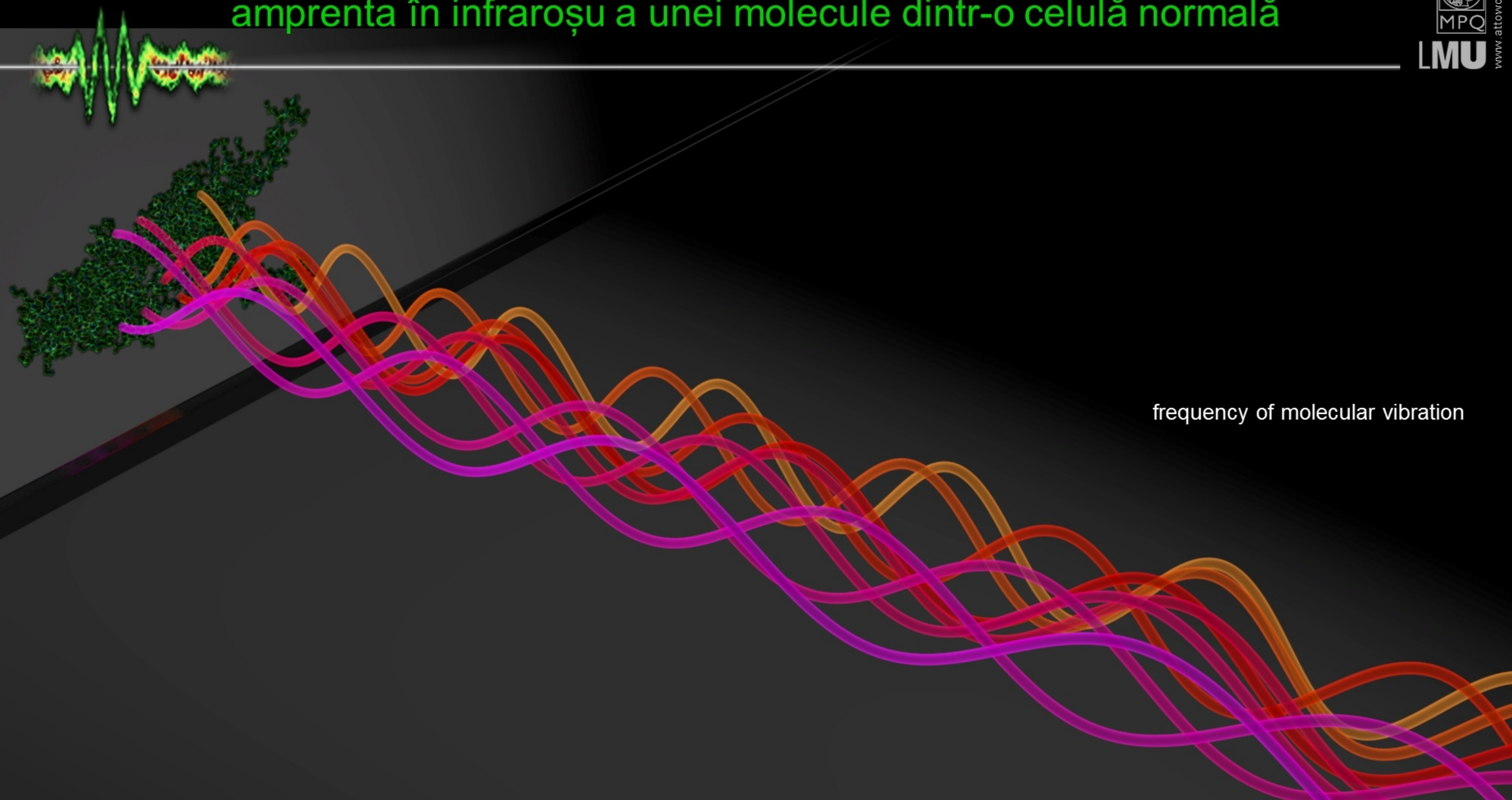


# amprenta în infraroșu a unei molecule dintr-o celulă normală



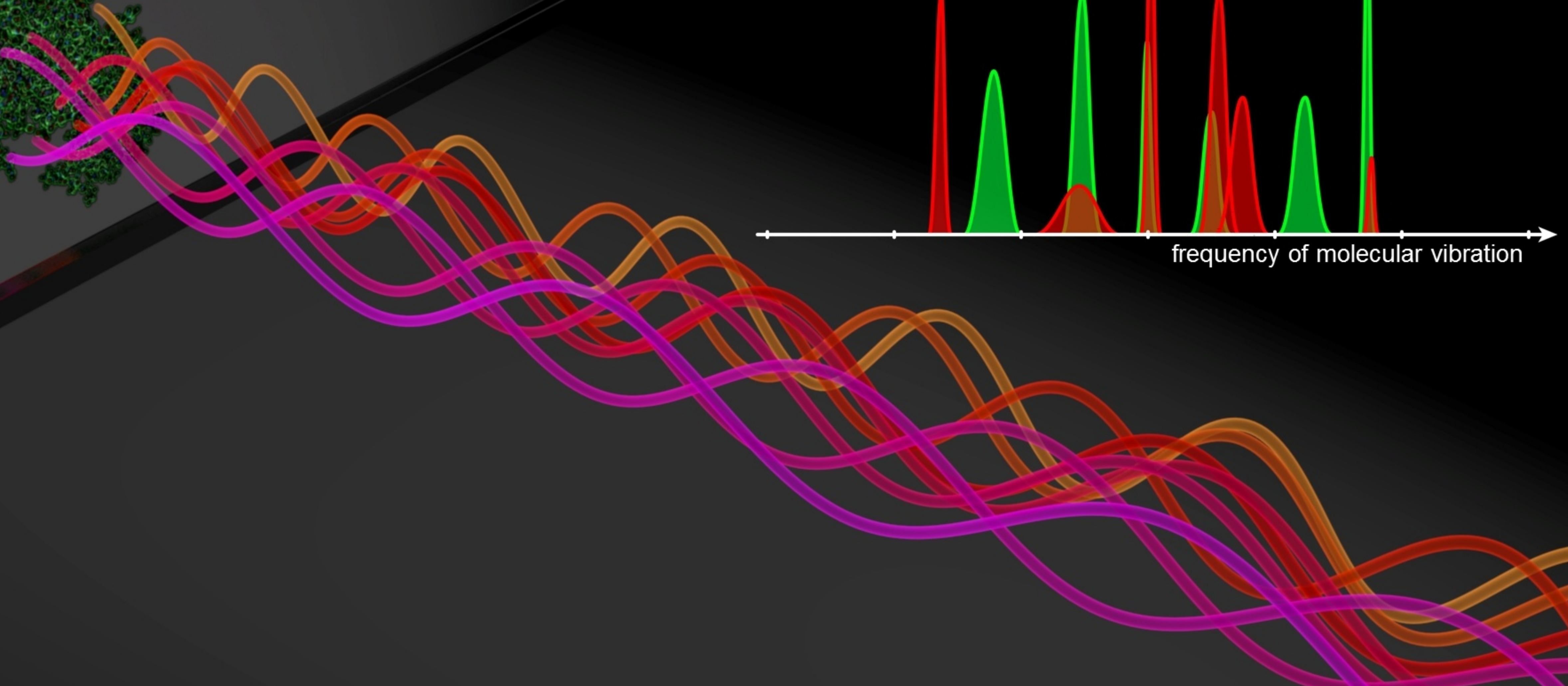
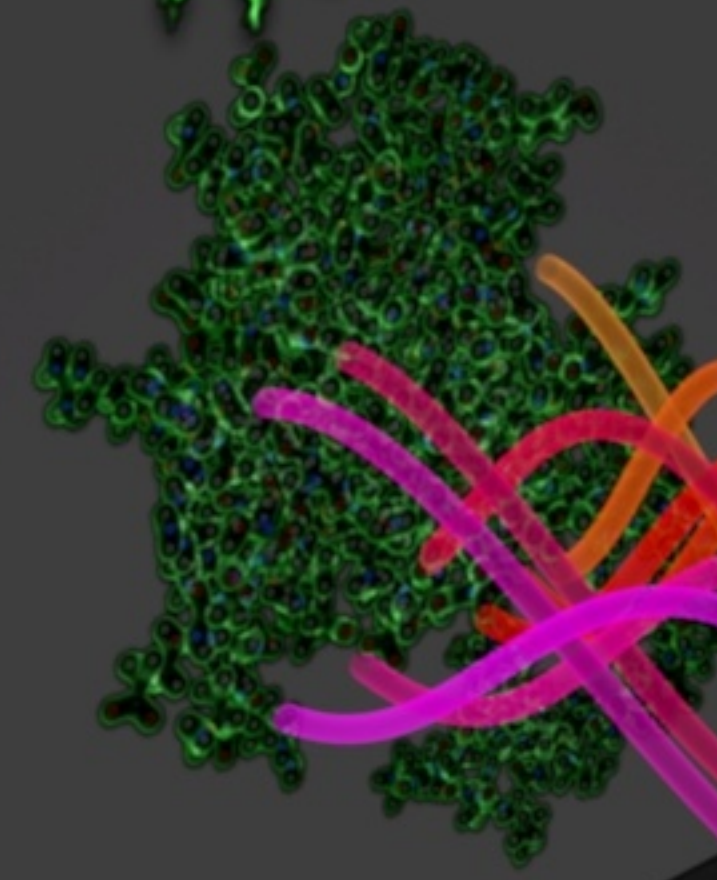
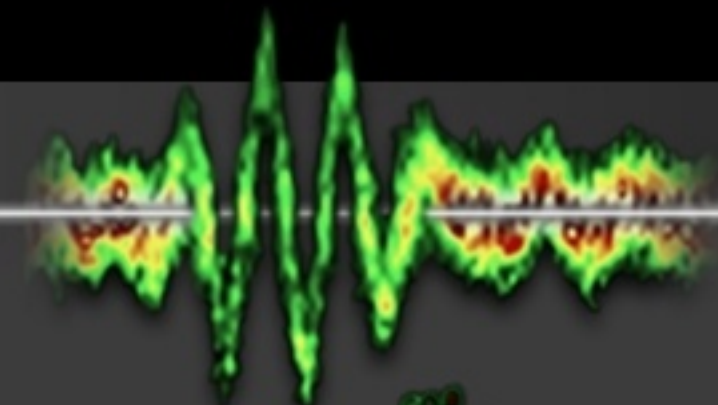
LMU

www.attoworld.de

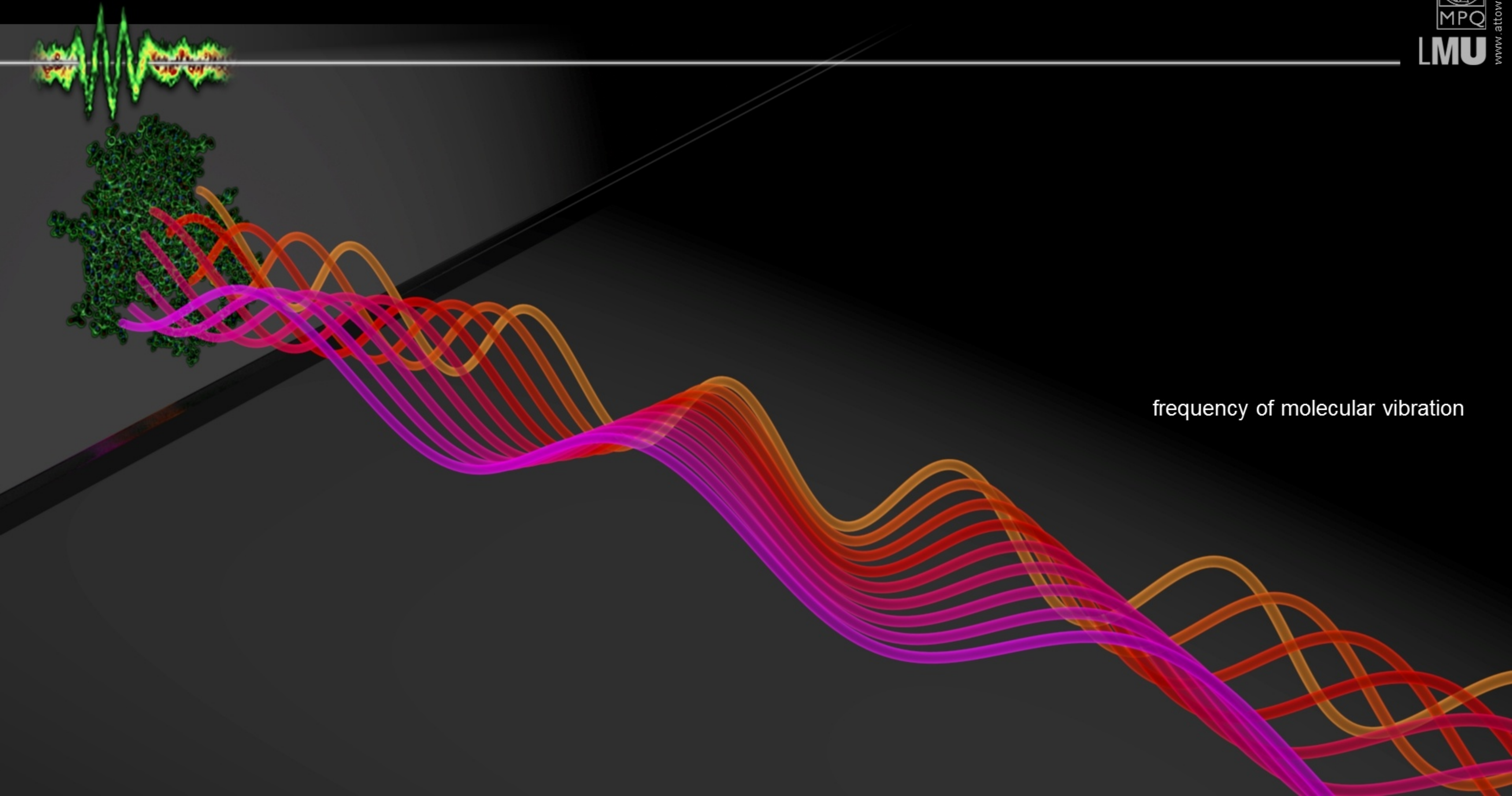


frequency of molecular vibration



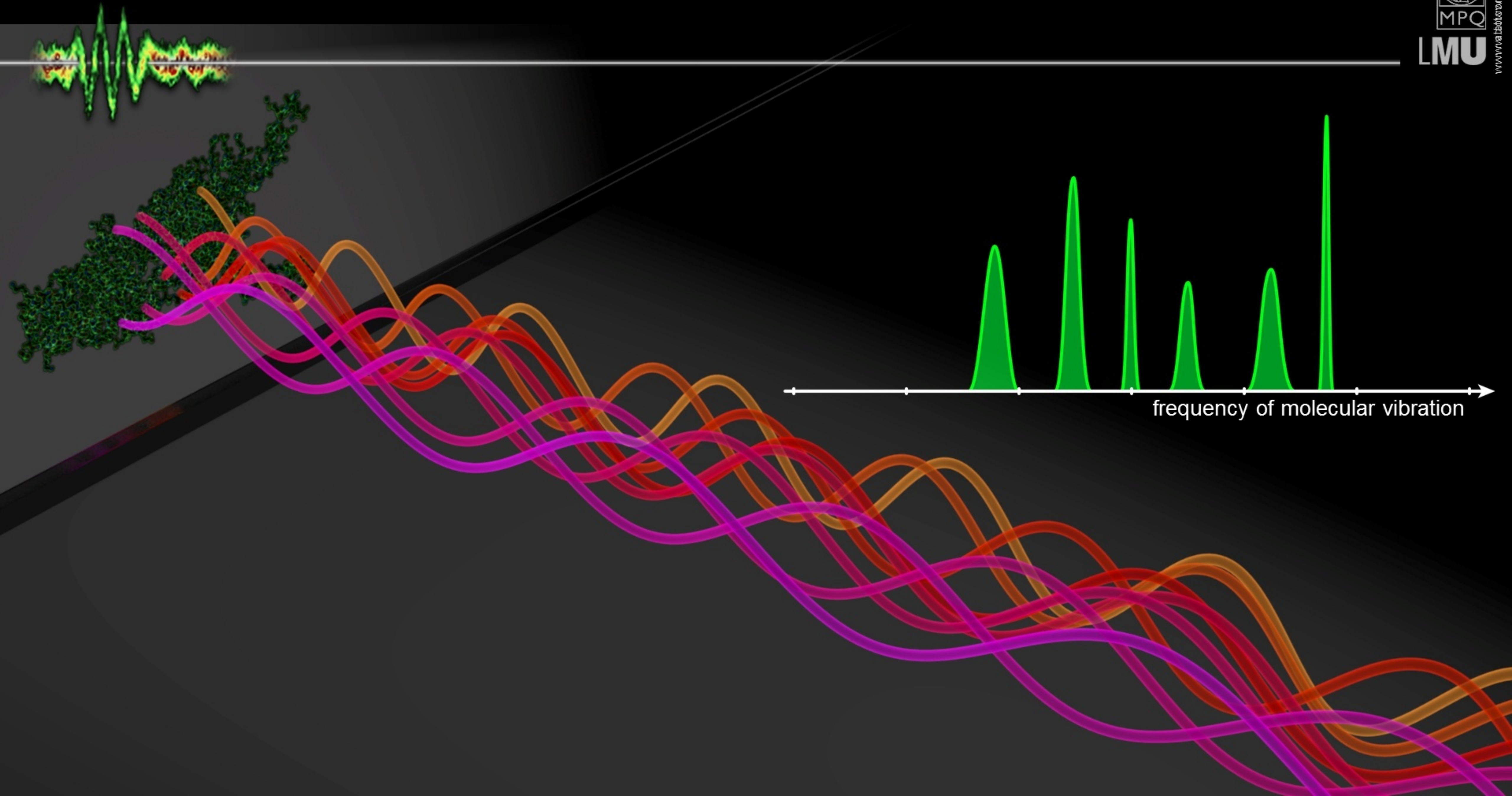






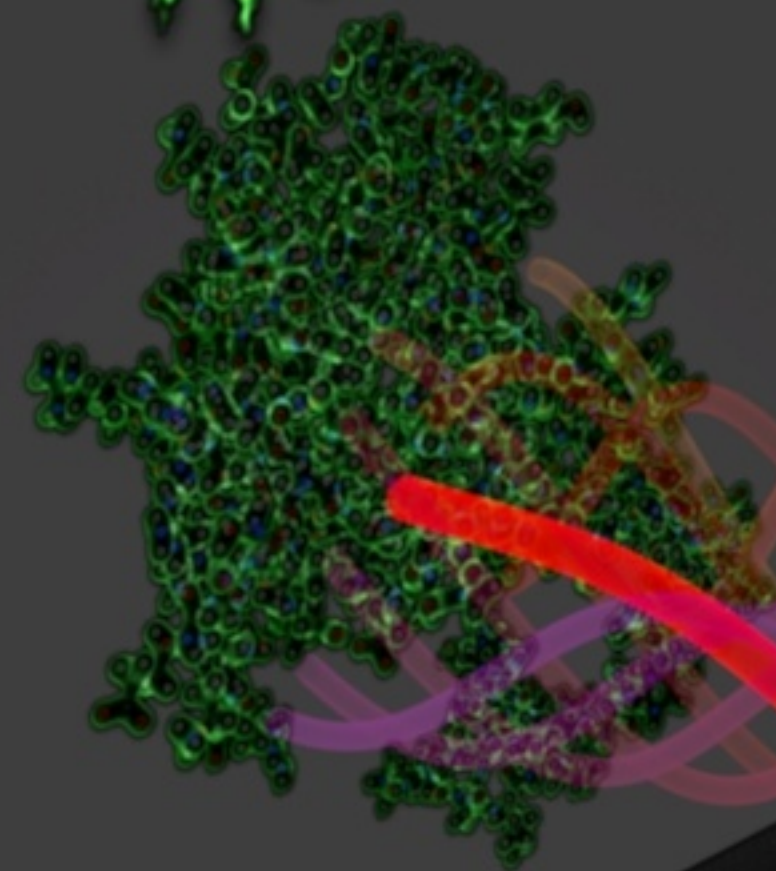
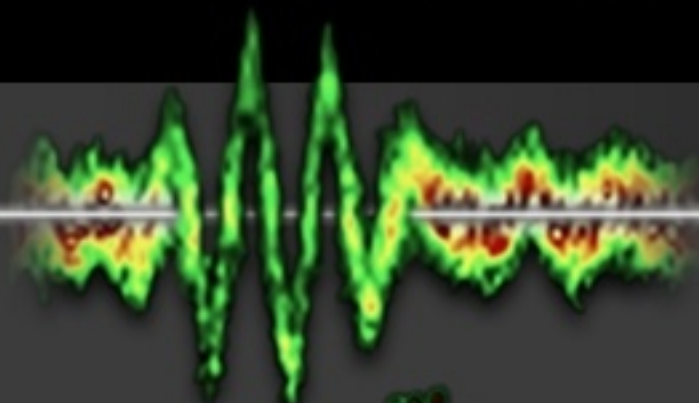
frequency of molecular vibration







În stadiul incipient al bolii doar câțiva markeri apar în umorile corpului (de ex. în sânge) și în aerul expirat pe lângă numeroasele tipuri normale



Îmbunătățirea de mai multe mii de ori a sensibilității  
detectionii amprentei moleculare



noua **metrologie laser cu femtosecunde în infraroșu (sub brevetare)** asigură  
posibilitatea descoperirii urmelor moleculare ale cancerului, neinvaziv  
(fără deschidere) în sânge și în aerul expirat în stadiul incipient al bolii,  
**când încă nu au apărut metastaze**



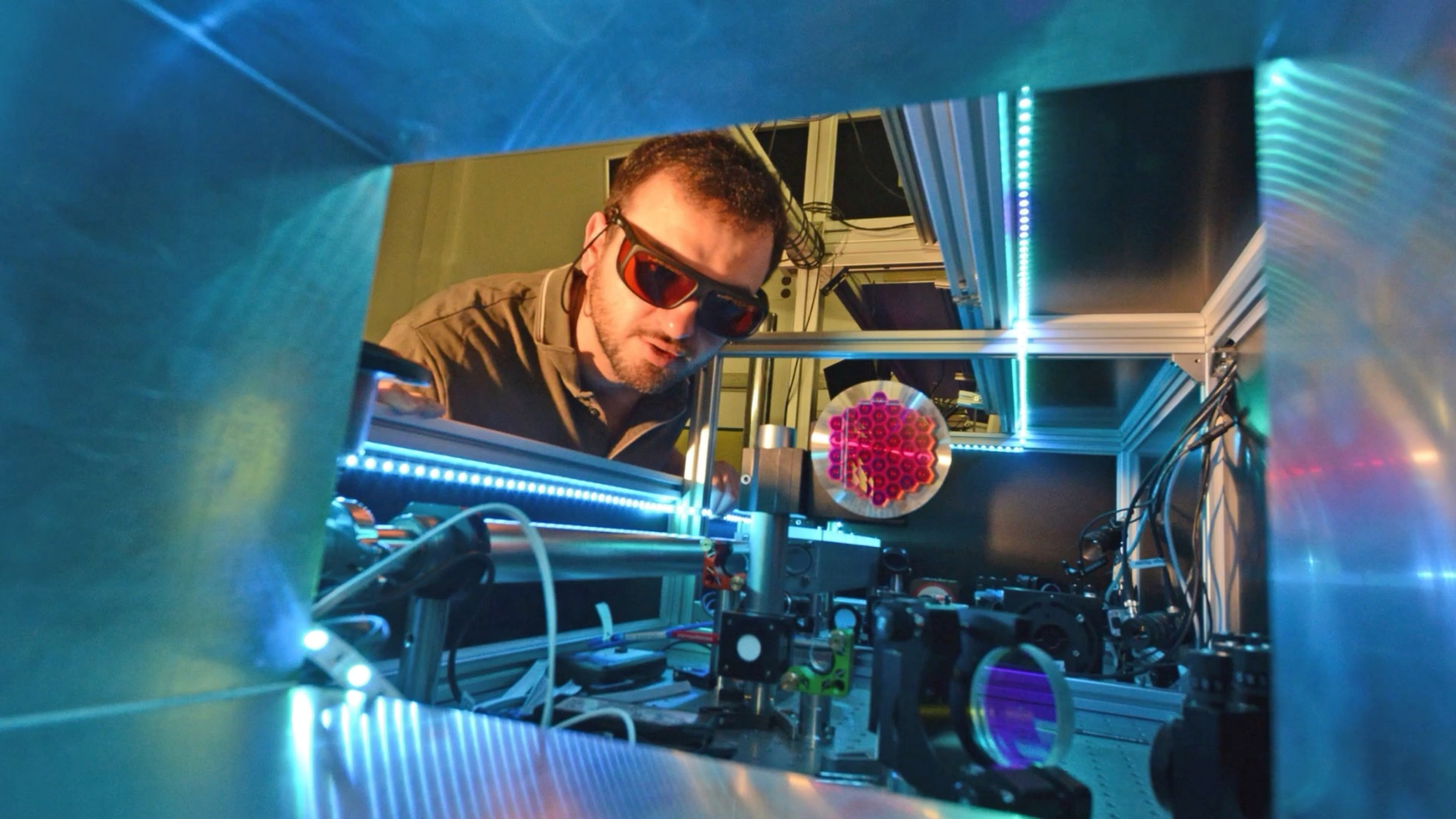


noua **metrologie laser cu femtosecunde în infraroșu (sub brevetare)** asigură  
posibilitatea descoperirii urmelor moleculare ale cancerului, neinvaziv  
(fără deschidere) în sânge și în aerul expirat în stadiul incipient al bolii,  
**când încă nu au apărut metastaze**



**amprentare moleculară în infraroșu: atât pentru filtrarea incipientă  
a cancerului cât și pentru observarea continuă a tratamentului**  
metodă aplicabilă fără riscuri și eficient financiar







A man with a beard, wearing safety glasses and a dark jacket, is focused on a complex optical setup in a laboratory. The setup includes various lenses, mirrors, and fiber optic cables, illuminated by blue and purple lights. A circular component with a grid of red and purple elements is visible in the foreground. The background shows a window and more laboratory equipment.

Mulțumesc pentru  
atenție!