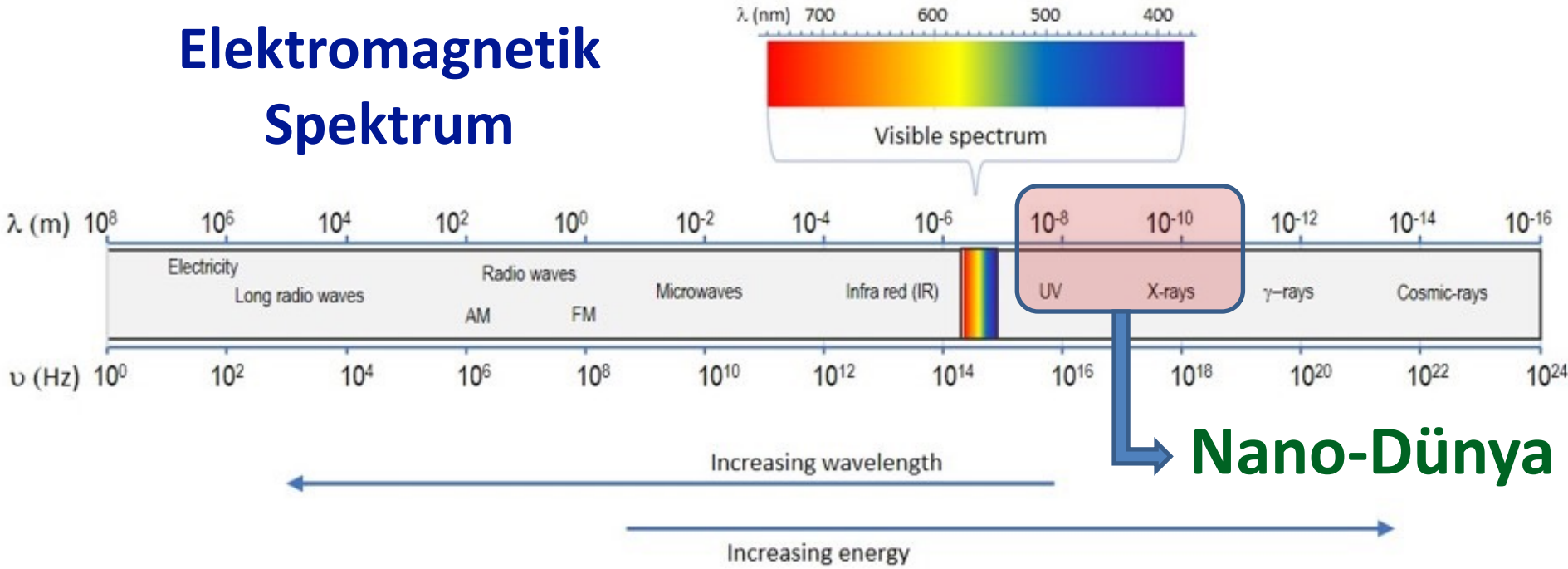


Hızlandırıcıya Dayalı Işınım Kaynakları-2 (Serbest Elektron Lazeri)

Doç. Dr. Bora KETENOĞLU

*Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü
bketen@eng.ankara.edu.tr*

Elektromagnetik Spektrum



Nano-Dünya

Virus

100 nm

Protein

50 nm

DNA

5 nm

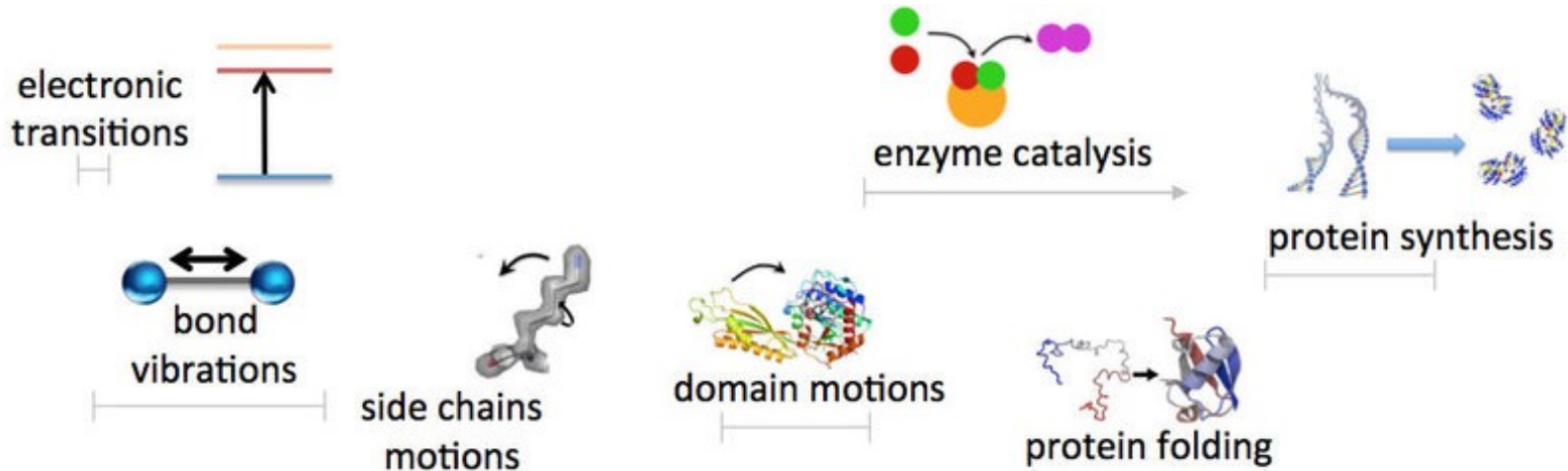
Atom

1 nm

Atomic Nucleus

0.01 nm = 0.1 Å

PROCESSES

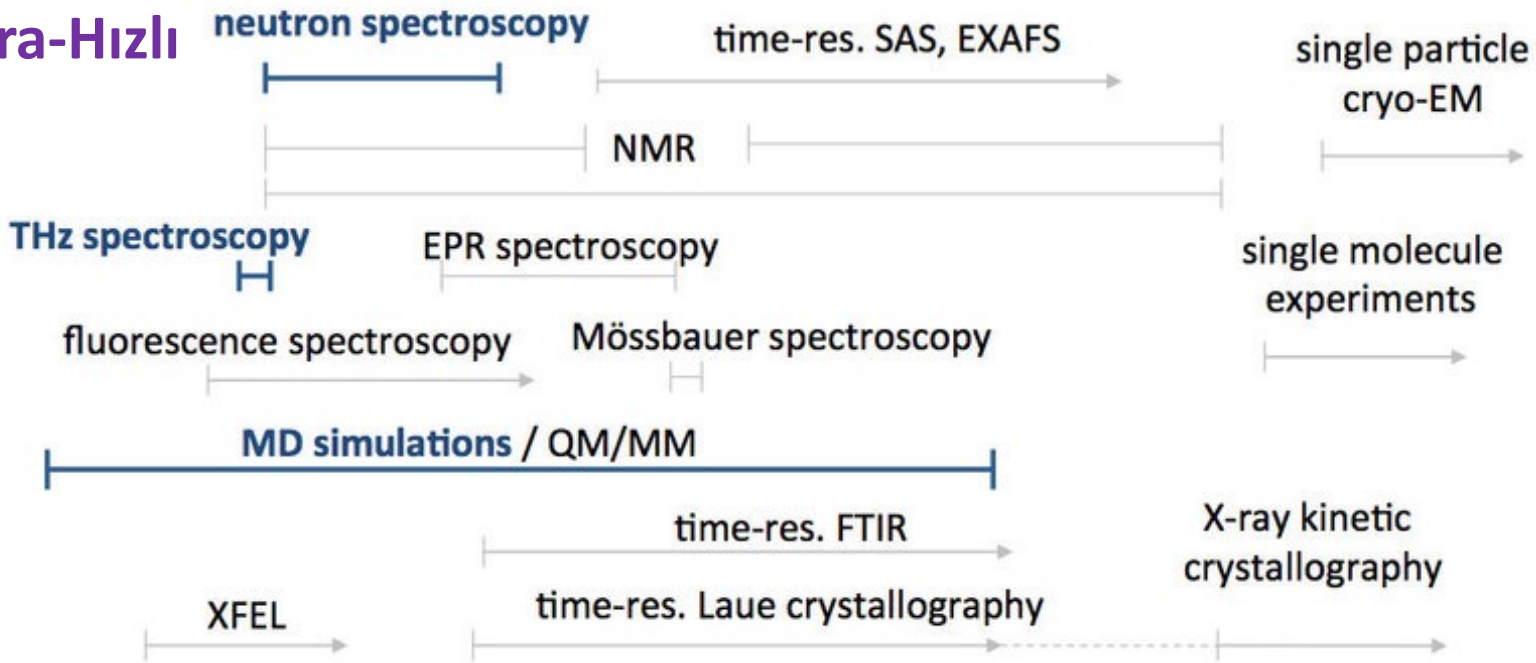


10⁻¹⁵
fs

10⁻¹² ps 10⁻⁹ ns 10⁻⁶ μs 10⁻³ ms 10⁰ s

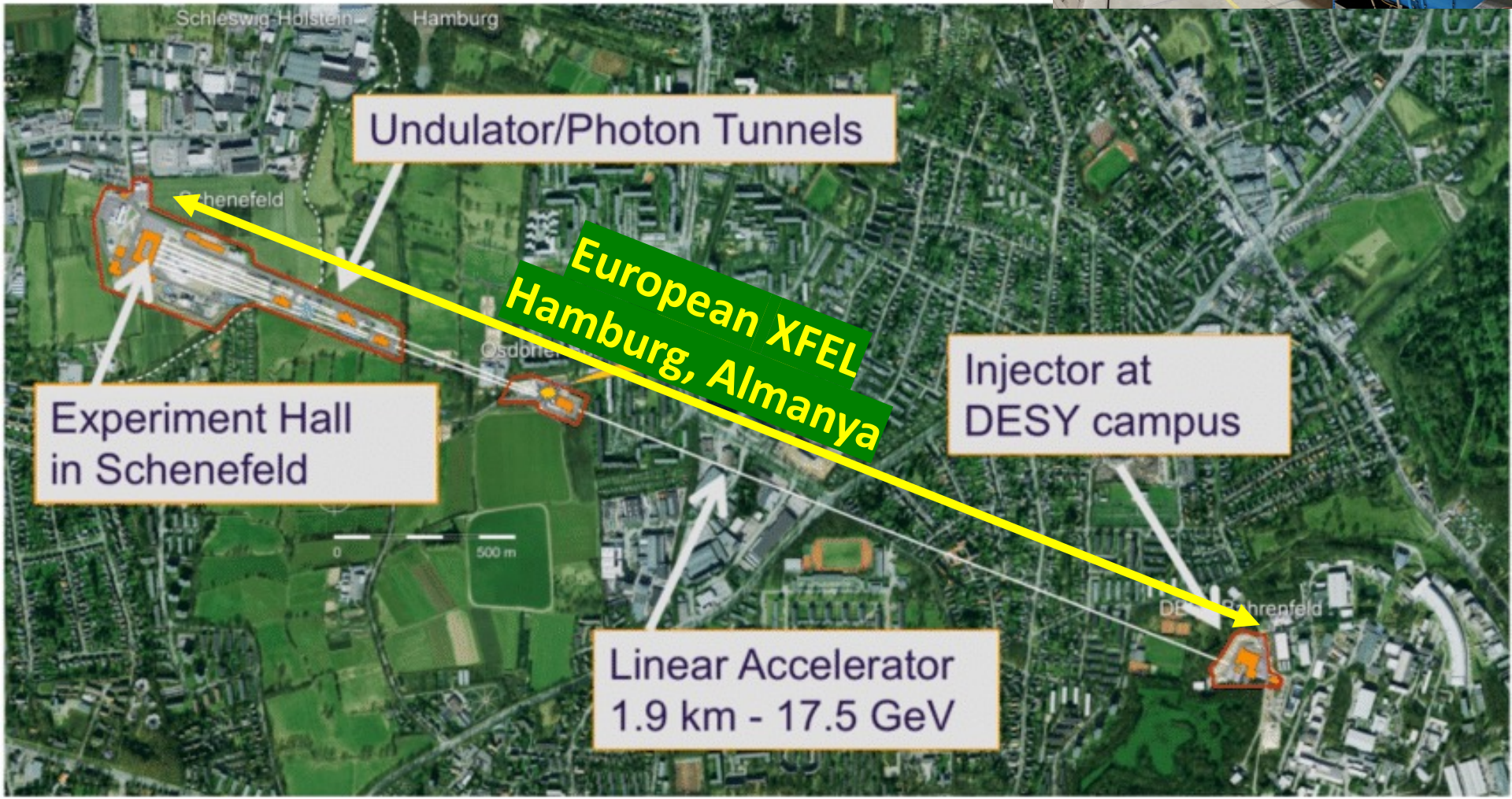
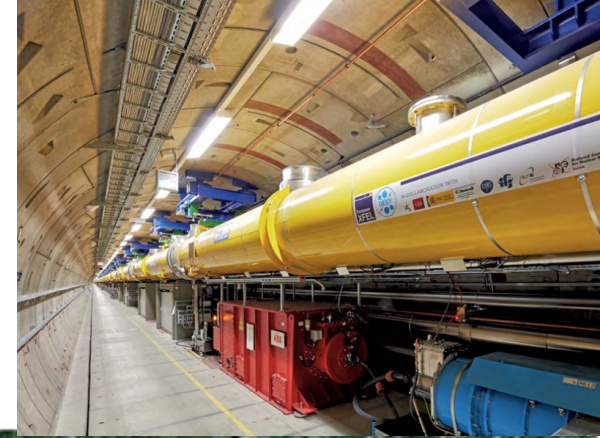
TECHNIQUES

Ultra-Hızlı



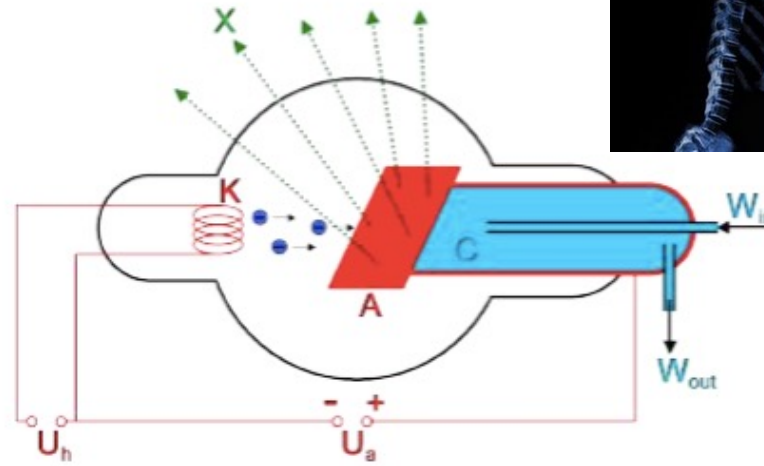
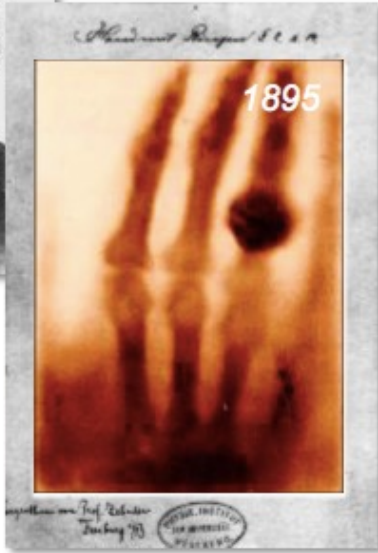
Mega-Mikroskop

Bir uçtan bir uca **3.5 km** uzunluğunda

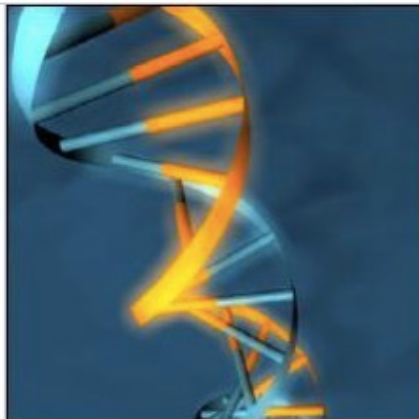


X-Işınları

Wilhelm Roentgen

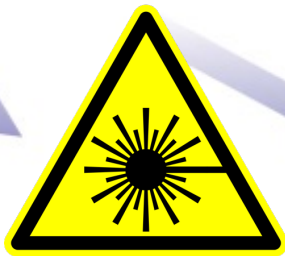
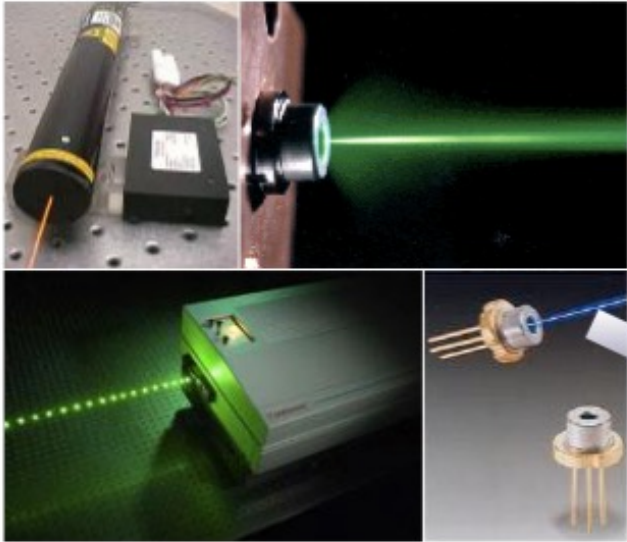


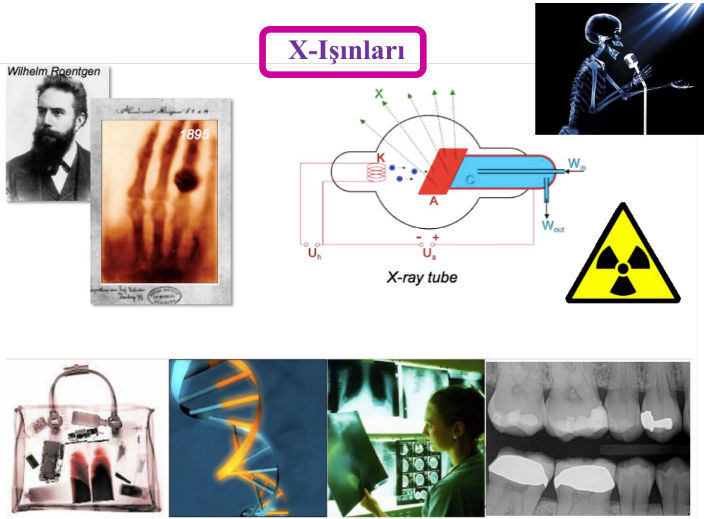
X-ray tube



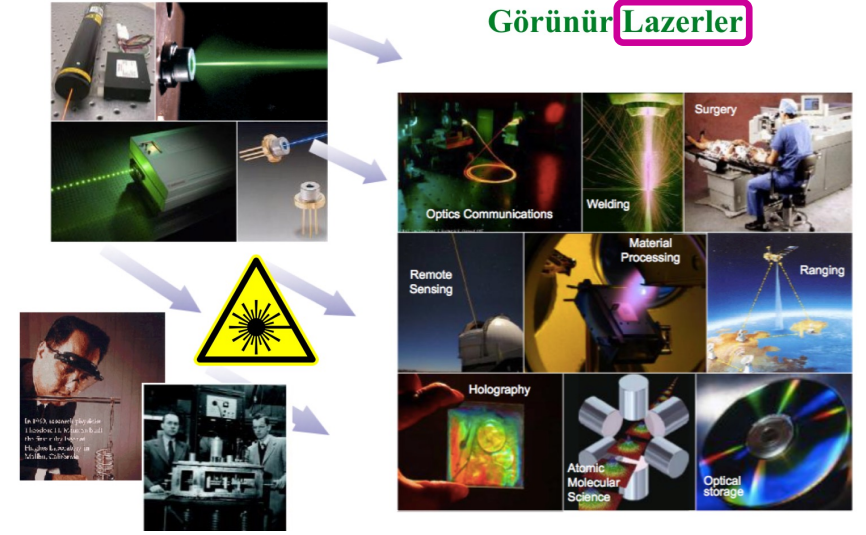
Görünür Lazerler

örneğin yeşil: dalgaboyu ~ 550 nm





+



X-Işını Dalgaboyu
(nm \leftrightarrow Å)

+

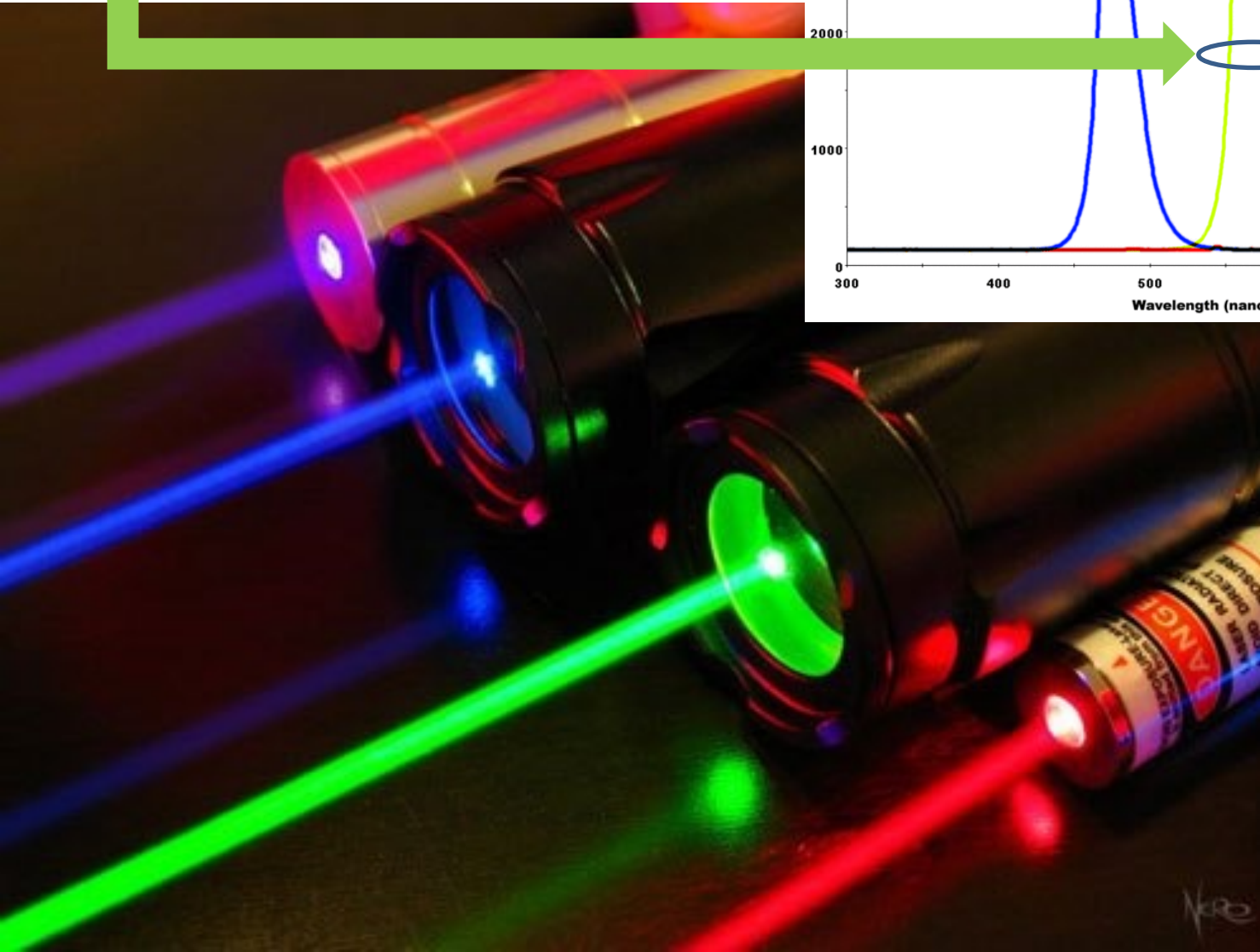
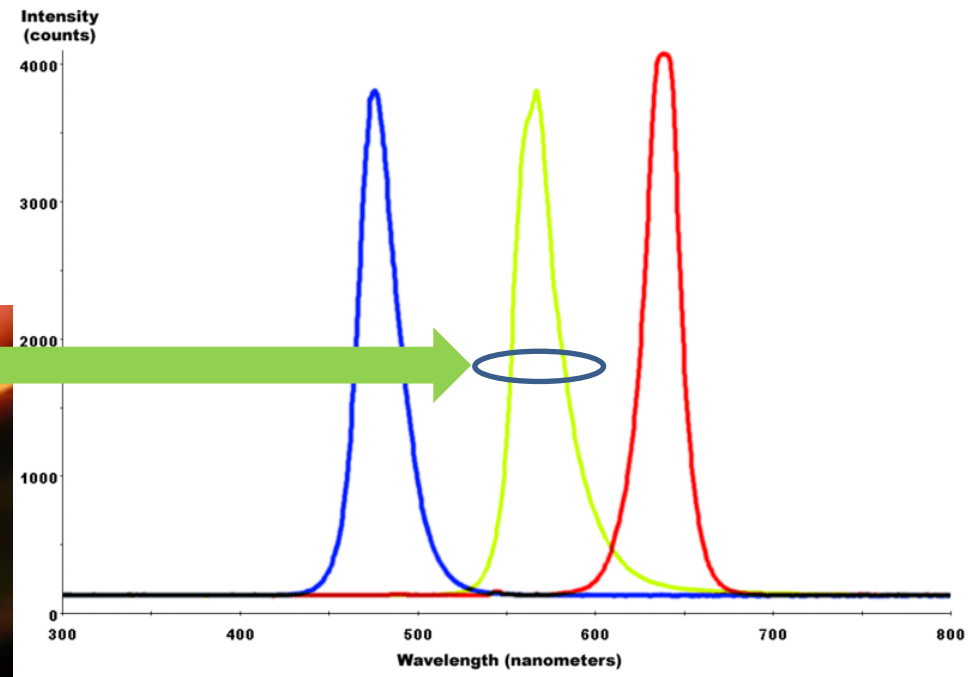
Monokromatiklik
&
Koherentlik

X-Işını Serbest Elektron Lazerleri

Hızlandırıcılara Dayalı
olmasını gerektirir!

Mono-kromatiklik (Tek-renklilik)

FWHM as minimum as possible!



Koherentlik (Eş-Fazlılık)

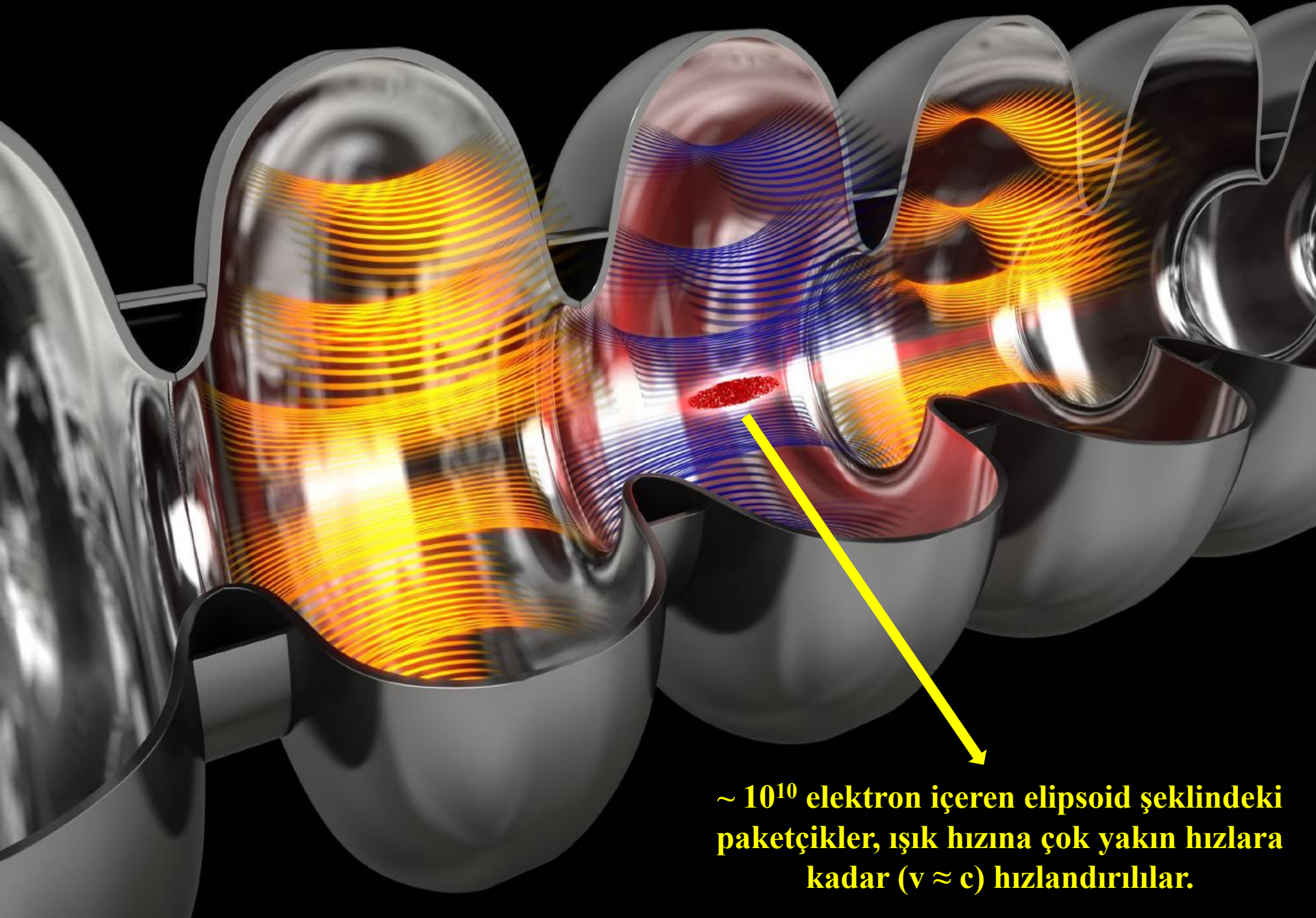
Coherent Laser Light



Incoherent LED Light

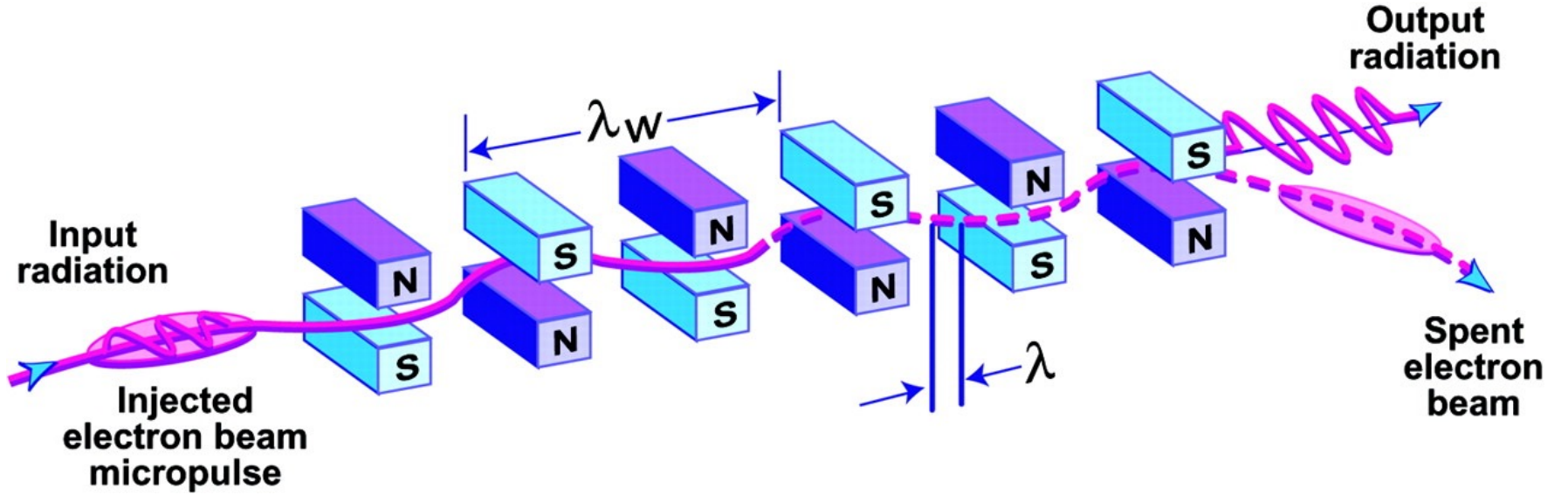
Doğrusal Hızlandırıcı





$\sim 10^{10}$ elektron içeren elipsoid şeklindeki paketçikler, ışık hızına çok yakın hızlara kadar ($v \approx c$) hızlandırılırlar.

Işık hızına çok yakın hızlara ($v \approx c$) hızlandırılan elektron paketçikleri periyodik manyetik alandan geçirildiğinde, yüksek güçlü, monokromatik, koherent foton atmaları salarlar.





- bir buçuk dakikalık kısa bir video -

5m-long U40 Undulator (Girders Controlled by 4 Independent Motors)



1

KINKELE

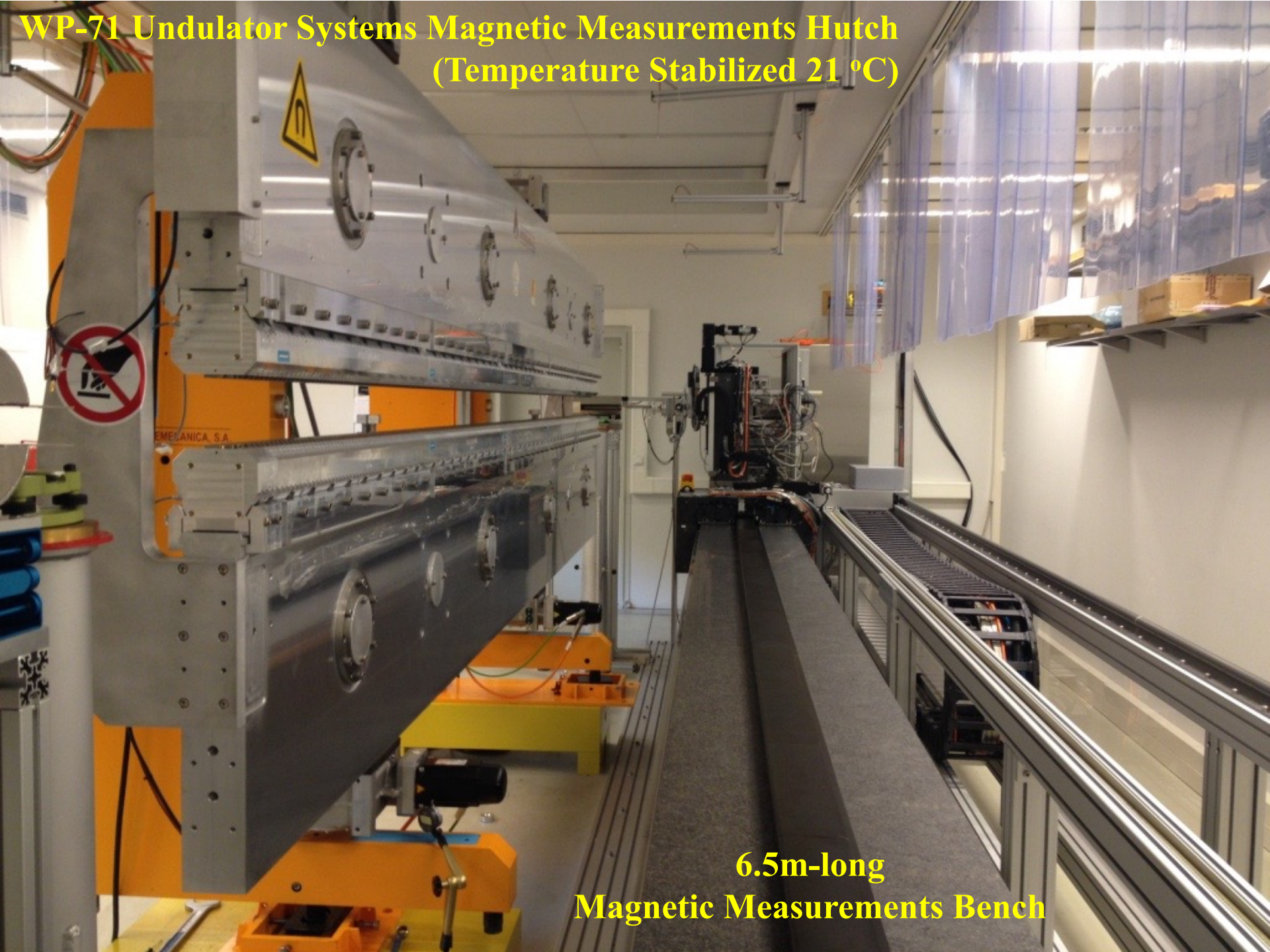
X057 - K017

Gewicht 80t
Wegh 80t

4



**WP-71 Undulator Systems Magnetic Measurements Hutch
(Temperature Stabilized 21 °C)**



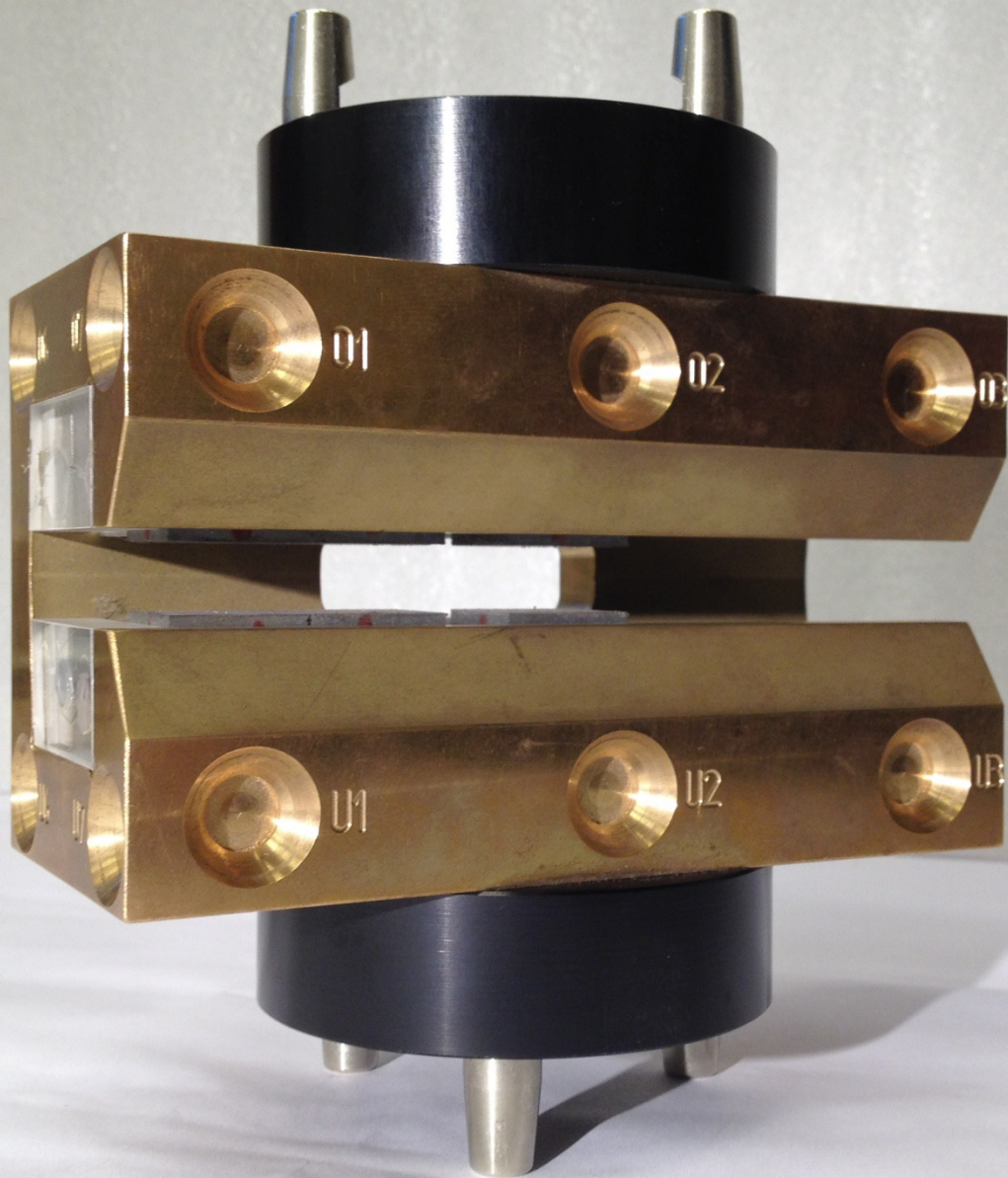
**6.5m-long
Magnetic Measurements Bench**

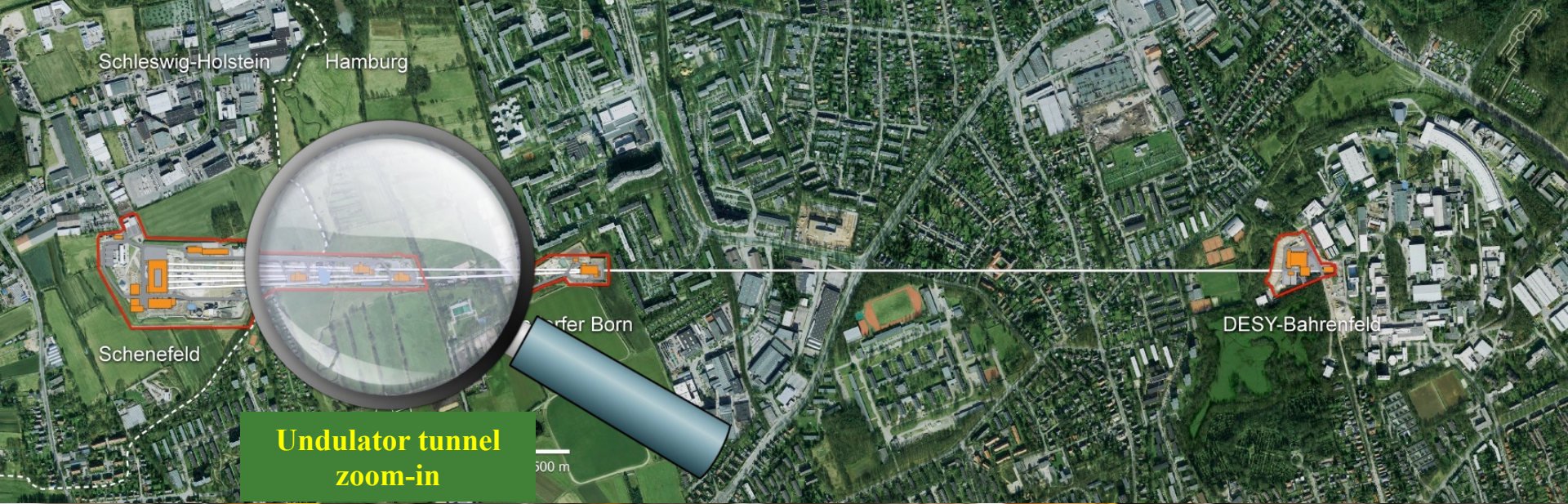


UPHDYO-XV, 5-10 Eylül 2023,
Bodrum



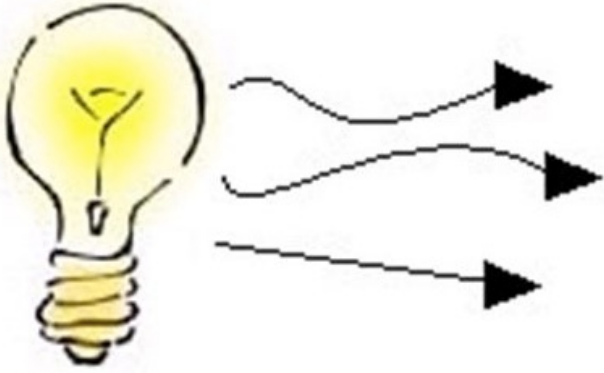
As soon as the undulator is successfully “tuned and landmark measured” in the Magnetic Lab, then it is ready to be transported into the tunnel.





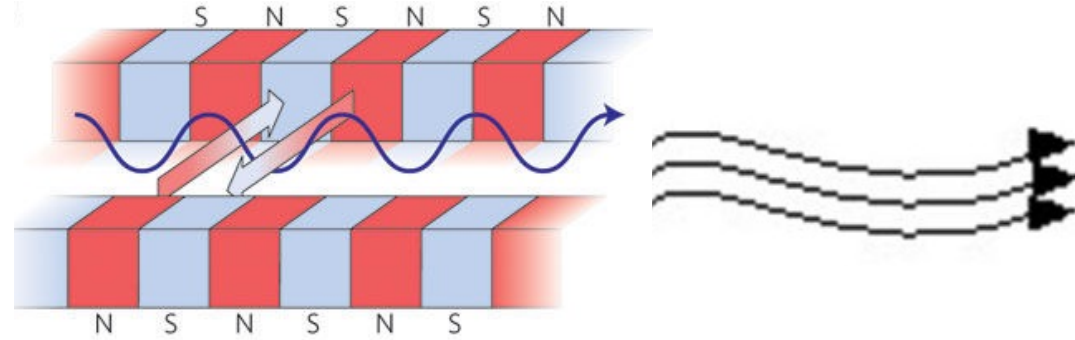
Günümüz Modern Bilim Araştırmalarında “Hızlandırıcılara Dayalı 4. Nesil Işınım Kaynakları”na Neden İhtiyaç Duyulmaktadır?

Geleneksel Işık Kaynakları



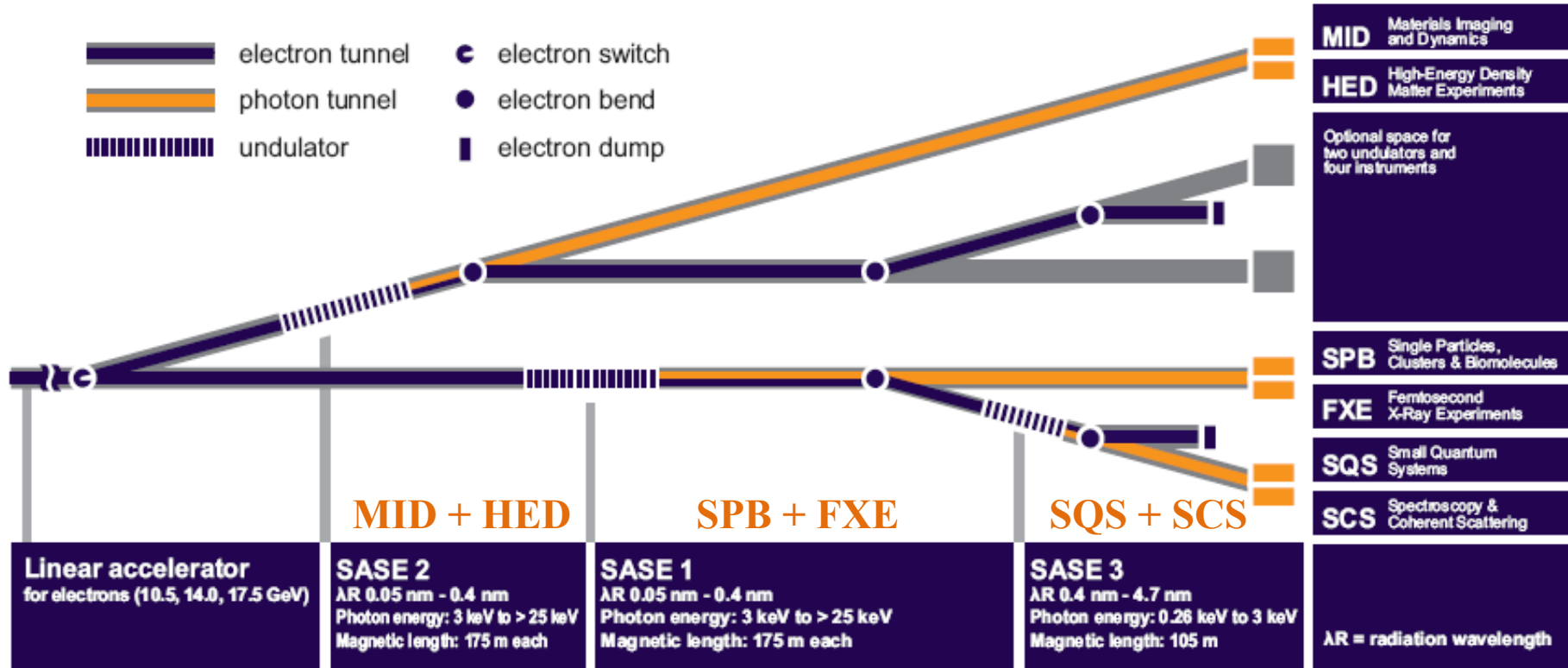
- Pekçok Dalgaboyu Birarada
- Rastgele Yönlü Fotonlar
- Eşfazlı Olmayan Dalgalar
- Düşük Güçlü Işık Kaynakları
- Belirli Bir Zaman Yapısı Olmayan Işınımlar

Hızlandırıcılara Dayalı 4. Nesil Işınım Kaynakları (Serbest Elektron Lazerleri)



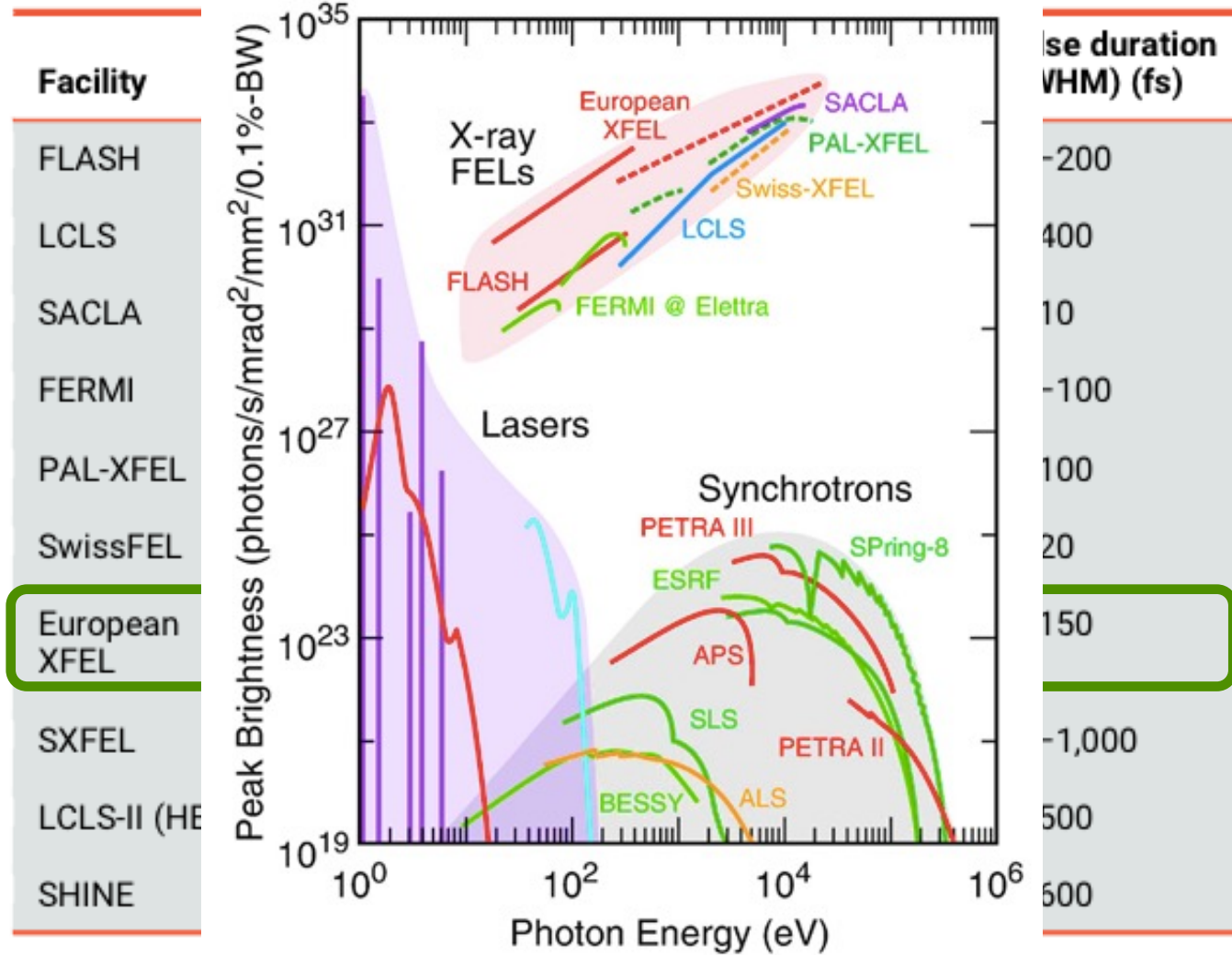
- Tek Dalgaboylu (**Monokromatik**)
- Belirli Bir Yönü Olan Fotonlar
- Eşfazlı (**Koherent**) Dalgalar
- Yüksek Güçlü Işık Kaynakları
- Belirli Bir Zaman Yapısı Olan Işınımlar (cw yada atmalı)

Almanya'nın Hamburg Şehrinde Çalışmakta Olan 3.4 km Uzunluklu X-Işını Serbest Elektron Lazeri Tesisi



Planlanan Bilimsel Deneyler	nm Ölçekli Yapılar	Ultrahızlı Süreçler	Sıradışı Durumlar	Demet Hattı
SPB (Tek Parçacıklar, Yığınlar & Biyomoleküller) Ultrahızlı koherent kırınım görüntüleme, Tek parçacıkların yapı belirlenmesi: atomik yığınlar, biyomoleküller, virüs parçacıkları ve hücreler	■	■		SASE1
FXE (Femtosaniye X-ışını Deneyleri) Katıların, sıvıların ve gazların dinamiklerinin zaman çözünürlüklü incelemeleri		■		SASE1
MID (Malzeme Görüntüleme ve Dinamikleri) Nano aygıtların yapı belirlenmesi ve nano boyutta dinamikler	■	■		SASE2
HED (Yüksek Enerji Yoğunluklu Madde Deneyleri) Sert X-ışını dalgaboylu SEL ile maddenin sıra dışı durumlarda incelenmesi, örneğin: yoğun plazmanın algılanması		■	■	SASE2
SQS (Küçük Kuantum Sistemleri) Şiddetli alanlarda atomların, iyonların, moleküllerin ve yığınların incelenmesi, Doğrusal olmayan fenomen	■	■	■	SASE3
SCS (Spektroskopi ve Koherent Saçılma) Elektronik ve atomik yapı ve yumuşak X-ışınları ile nanosistemlerin dinamiği ve tekrarlanamayan biyolojik nesnelere	■	■		SASE3

European XFEL'in Dünya'daki diğerk X-Işını Serbest Elektron Lazeri Tesisleri ile Karşılaştırması



Doęa Bilimleri ve Yüksek Teknoloji Uygulamaları

The X-ray flashes will allow scientists ...

... to decipher the **structure of many more biomolecules** and cellular components than is possible today.

... to study **fast biochemical processes**, an important basis for the development of new medications and therapies.

... to better understand many **chemical processes** such as catalysis, which plays an important role in nature and in the manufacturing of most chemical substances produced in industry.

... to study **new processes and materials** that are required for harnessing solar energy.

... to analyse the **properties of various materials** in order to develop completely new materials with revolutionary characteristics.

... to gain **new insights into the nanocosmos** in many other areas—for instance, to develop components with specific electronic, magnetic, and optical properties.



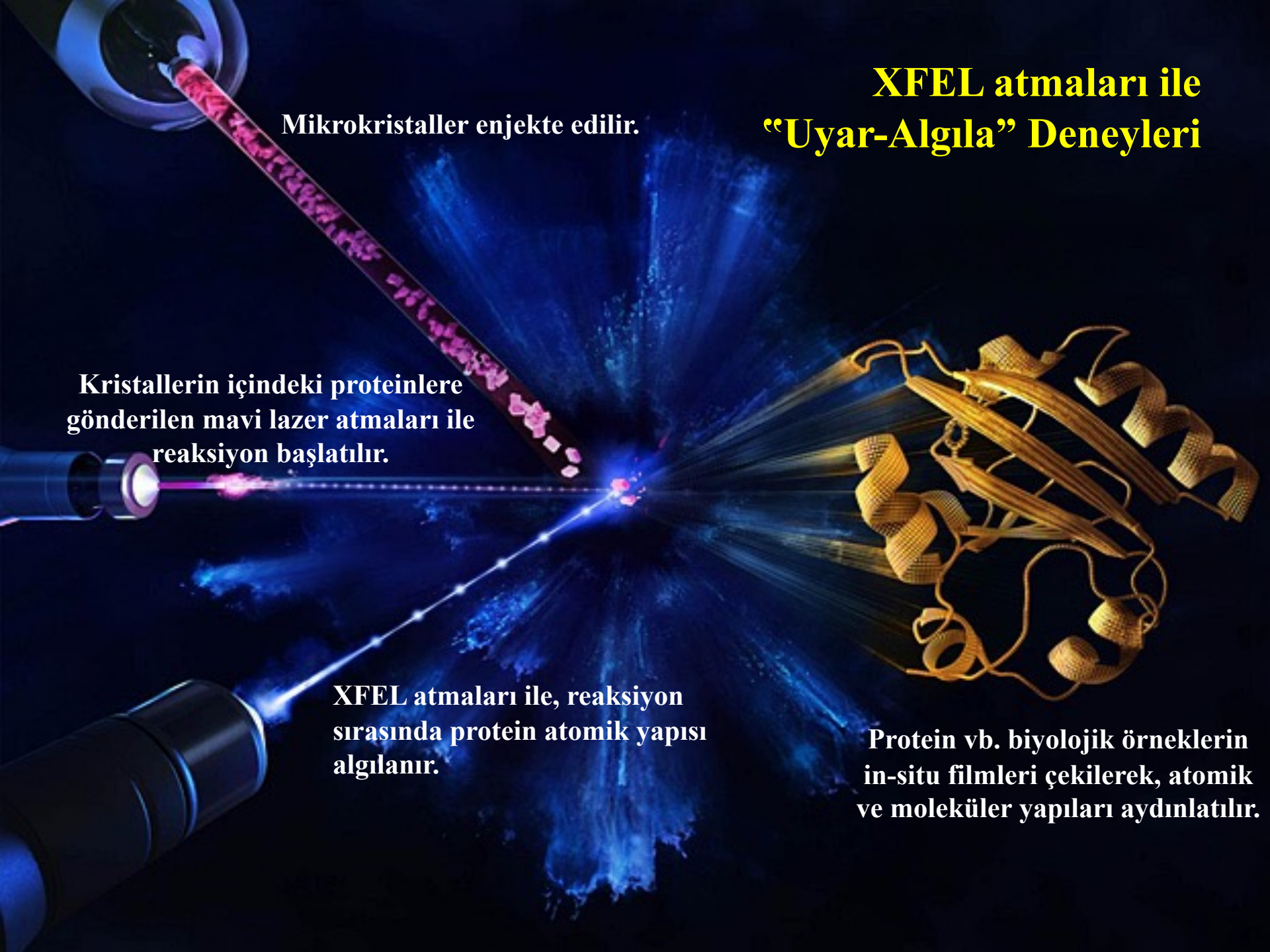
XFEL atmaları ile “Uyar-Algıla” Deneyleri

Mikrokristaller enjekte edilir.

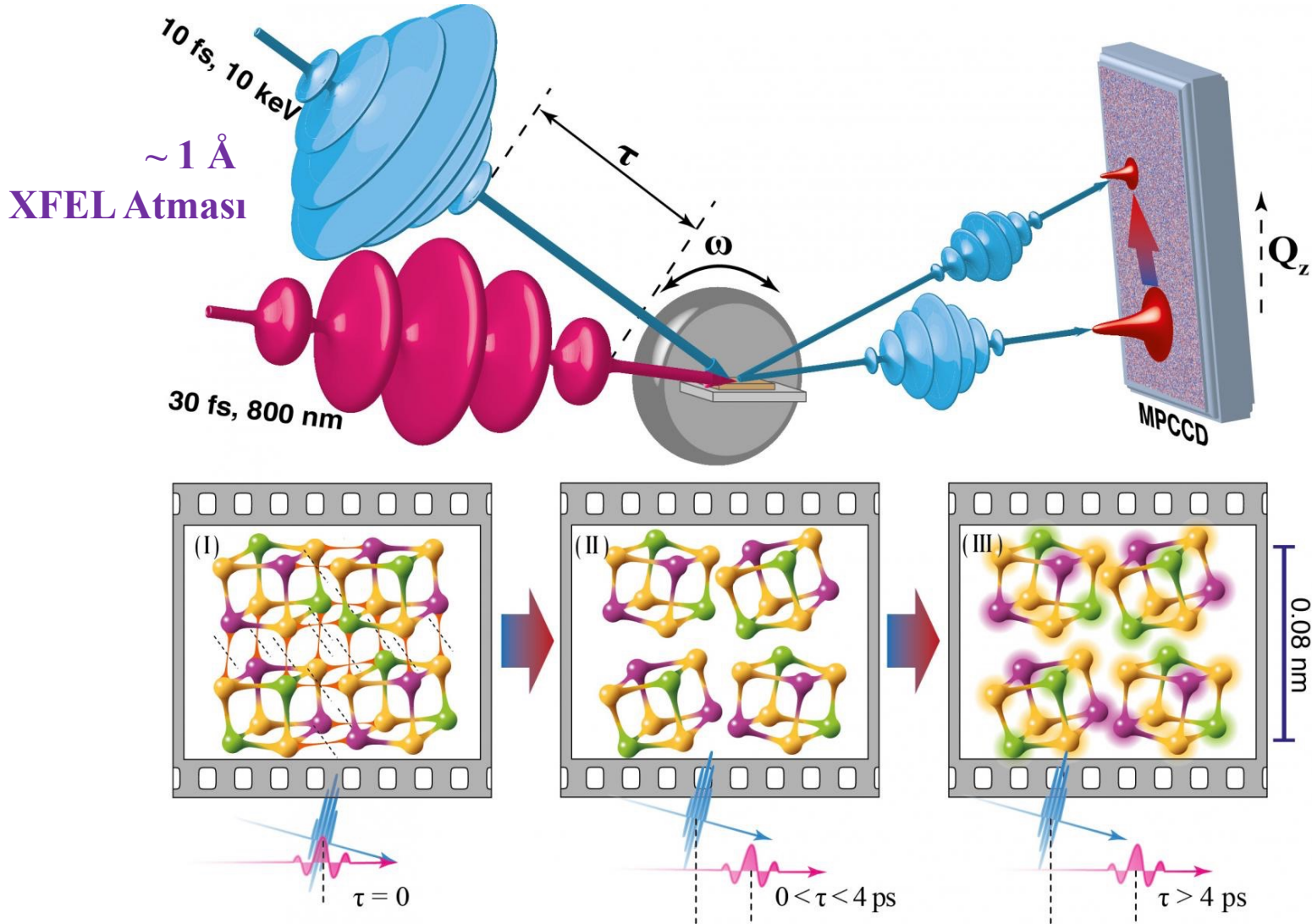
Kristallerin içindeki proteinlere
gönderilen mavi lazer atmaları ile
reaksiyon başlatılır.

XFEL atmaları ile, reaksiyon
sırasında protein atomik yapısı
algılanır.

Protein vb. biyolojik örneklerin
in-situ filmleri çekilerek, atomik
ve moleküler yapıları aydınlatılır.



XFEL atmaları ile “Uyar-Algıla” Deneyleri



ÖZET

21. Yüzyıl Bilim ve Teknolojisine Yön Veren “X-Işını Dalgaboylu FEL” Tesisleri

LCLS
The first hard X-ray FEL
in the world

Dünyadaki
dalgaboylu
(Amerika)

Sert X-ışını dalgaboylu
kompakt FEL kaynağı
(Japonya)

“Femtosaniye timing jitter”
sert X-ışını dalgaboylu FEL
kaynağı (Kore)

Düşük enerjili elektron
demeti ile ultra-kompakt
sert X-ışını dalgaboylu FEL
kaynağı (İsviçre)

Çin’in ilk “quasi-cw” yüksek
tekrarlama oranlı sert X-ışını
dalgaboylu FEL kaynağı (Çin)
dalgaboylu FEL kaynağı
(Amerika)

İlk MHz Tekrarlı
sert X-ışını dalgaboylu FEL kaynağı (Çin)

Yumuşak X-ışını
kaynağı (Almanya)
“seeded” FEL kaynağı (İtalya)

Dünyadaki ilk yumuşak X-ışını
dalgaboylu FEL kaynağı
(Almanya)

FLASH

FLASH

The first soft X-ray FEL in the world

SHINE
The first quasi-cw
high-repetition-rate XFEL in China

Switzerland
An ultra-compact hard X-ray FEL
driven by low-energy electron beams

Yumuşak X-ışını
kaynağı (Almanya)

“seeded” FEL kaynağı (İtalya)