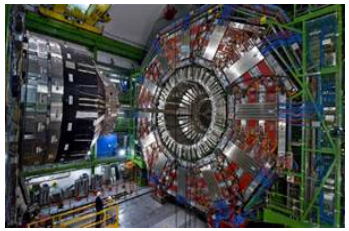
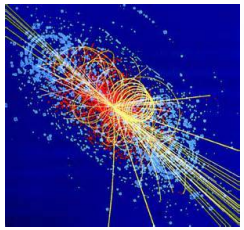
21. YÜZYIL İÇİN PLANLAMA
Bilim ve Aydınlanma

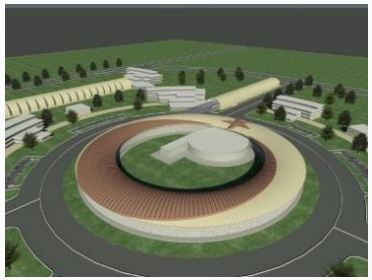
Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi

17 Kasım 2017

Hızlandırıcı Teknolojileri: Dünya, Ülkemiz ve Gelecek…

Prof. Dr. Ömer YAVAŞ
Ankara Üniversitesi
Müh. Fak. Fizik Müh. Böl. &
Hızlandırıcı Teknolojileri
Enstitüsü
yavas@ankara.edu.tr



İçerik

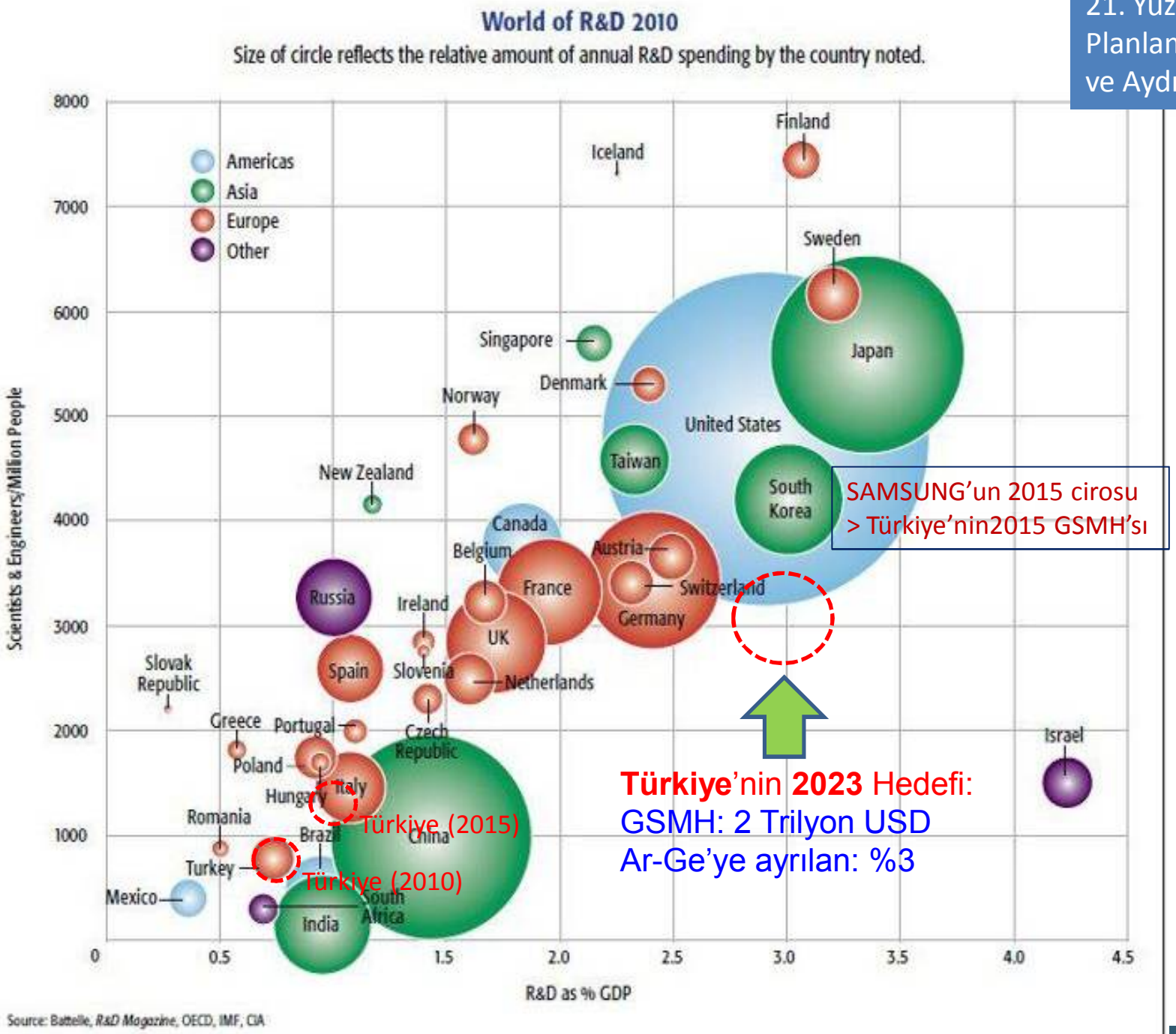
- Bilim ve Teknolojide Gelişmişlik Göstergeleri ve Türkiye
- 21. Yüzyılın Jenerik Teknolojileri
- Parçacık Hızlandırıcıları
- 20. Yüzyıl: Einstein ve Atom Çağı
- Hızlandırıcı Teknolojileri ve Uygulamaları
- Dünyada Durum ve CERN
- Türkiye'de Durum ve THM Projesi
- ICFA'dan Yansıyanlar
- 21. Yüzyıl ve TIME'ın 2099 Anketi
- Sonuç ve Gelecek Öngörüsü

▪ Bilim, Teknoloji ve Gelişmişlik Göstergeleri

Bilim ve Teknolojide Bazı Gelişmişlik Göstergeleri:

	TÜRKİYE
• GSMH'dan Ar-Ge'ye ayrılan pay	~ %1
• Milyon kişi başına tam zamanlı Ar-Ge personeli sayısı	~ 120.000
• Kişi başına düşen milli gelir	~ 10.000 USD
• SCI yayın sayısı	~ 30.000
• Üretimde yüksek teknolojinin kullanım oranı	~ %5

Türkiye, göstergeler açısından gelişmiş dünyanın 1/3'ü düzeyindedir.



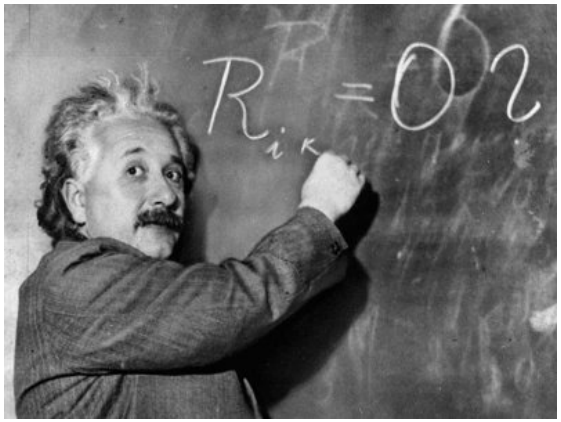
SAMSUNG'un 2015 cirosu > Türkiye'nin2015 GSMH'sı

Türkiye'nin **2023** Hedefi:
GSMH: 2 Trilyon USD
Ar-Ge'ye ayrılan: %3

▪ 21. Yüzyılın Jenerik Teknolojileri

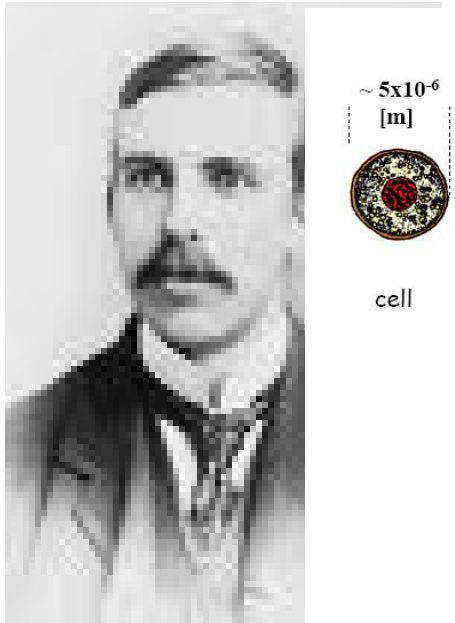
- Hızlandırıcı, Dedektör ve Işınım Teknolojileri
- Nükleer Teknoloji
- Uzay Teknolojileri
- Savunma Teknolojileri
- Enerji Teknolojileri
- Biyoteknoloji
- Nanoteknoloji
- Bilişim ve İletişim Teknolojileri
- Ulaşım Teknolojileri
- Tıp Teknolojileri

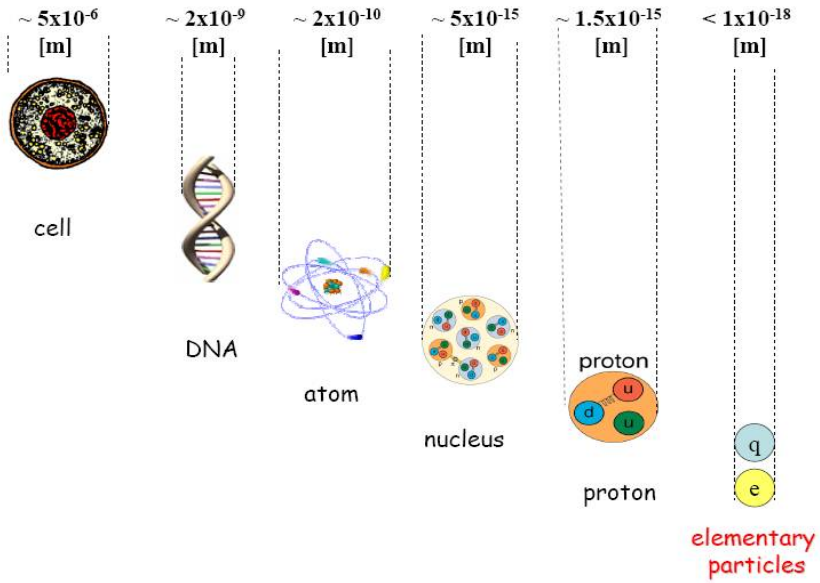
20. Yüzyıl…



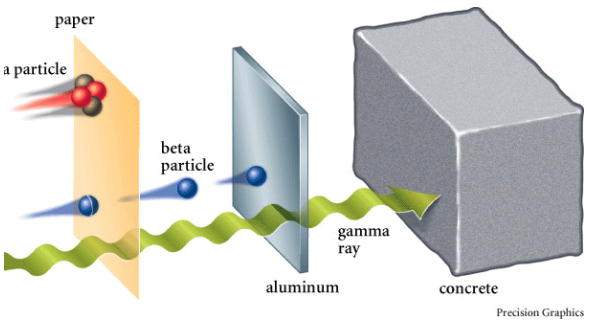
- **Albert Einstein (1905)**

- Rölativite: Rölativistik parçacıklar ve demetler...
- Fotoelektrik Olay: Parçacık kaynakları...
- Brown hareketi: Demetlerin yayınımı…
- Kütle-Enerji Eşdeğeri: Yeni parçacıkların kütle limitleri...





/ayınladıkları alfa ışınlarıyla
: **Rutherford** gözlemlerine ve
TOMUN YAPISINI elektronların
ektriksel çekim kuvvetinin etkisi
el olarak açıkladı.

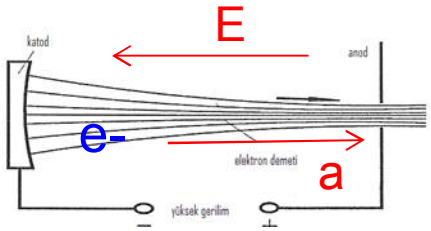


▪ Parçacık Hızlandırıcıları

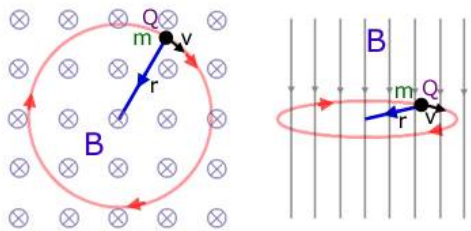
Parçacık Hızlandırıcıları:

Yüklü parçacık demetlerinin (elektron, pozitron, proton…) oluşturulmasını ve belirli bir demet yapısı içinde **elektrik alan (E)** kuvveti ile hızlandırılmasını ve **magnetik alan (B)** kuvveti ile ise yönlendirilmesini ve odaklanmasını sağlayan cihazlardır.

- Doğrusal Hızlandırıcılar: İvme= **a** = q**E**/m



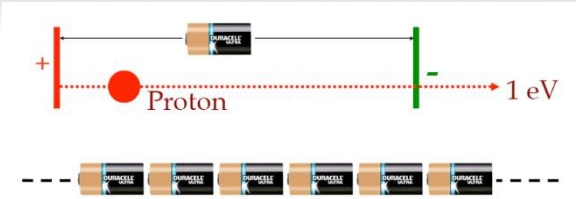
- Dairesel Hızlandırıcılar: Yarıçap = r = m**v**/q**B**



Parçacık hızlandırıcıları temelde 3 ana amaç için kullanılır;

- Parçacık demeti elde etmek (elektron, proton, pozitron, iyon vb yüklü parçacık)
- Çarpıştırıcı (iki demet, sabit hedef)
- Işınım kaynağı (sinkrotron ışınımı, serbest elektron lazeri, bremsstrahlung)

▪ Parçacık Hızlandırıcıları



1 elektron volt (eV) = Bir elektronun 1 Voltluk gerilim altında kazandığı enerji
1 Joule: 100 g'lık bir cismi yer çekimi altında yerden 1 m yukarı kaldırmak için harcanan enerji (U=mgh)
1 eV = 1,6.10^-19 Joule
Hızlandırıcılarda enerjiler: keV, MeV (10^6 eV), GeV (10^9 eV), TeV (10^12 eV)

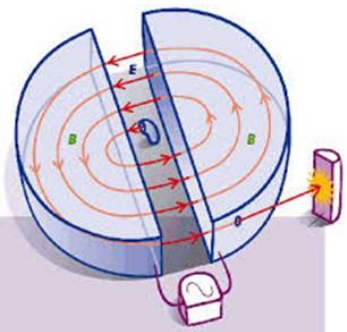
Doğrusal Hızlandırıcı (Linear Accelerator)

Sc RF kavite: 20 MeV

Euro XFEL, Almanya

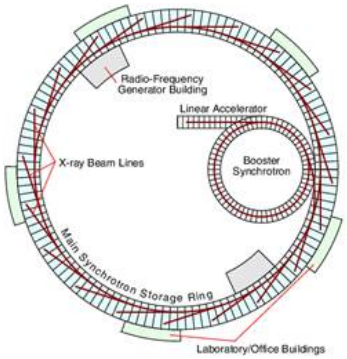
Dairesel Hızlandırıcı (Circular Accelerator)

Siklotron



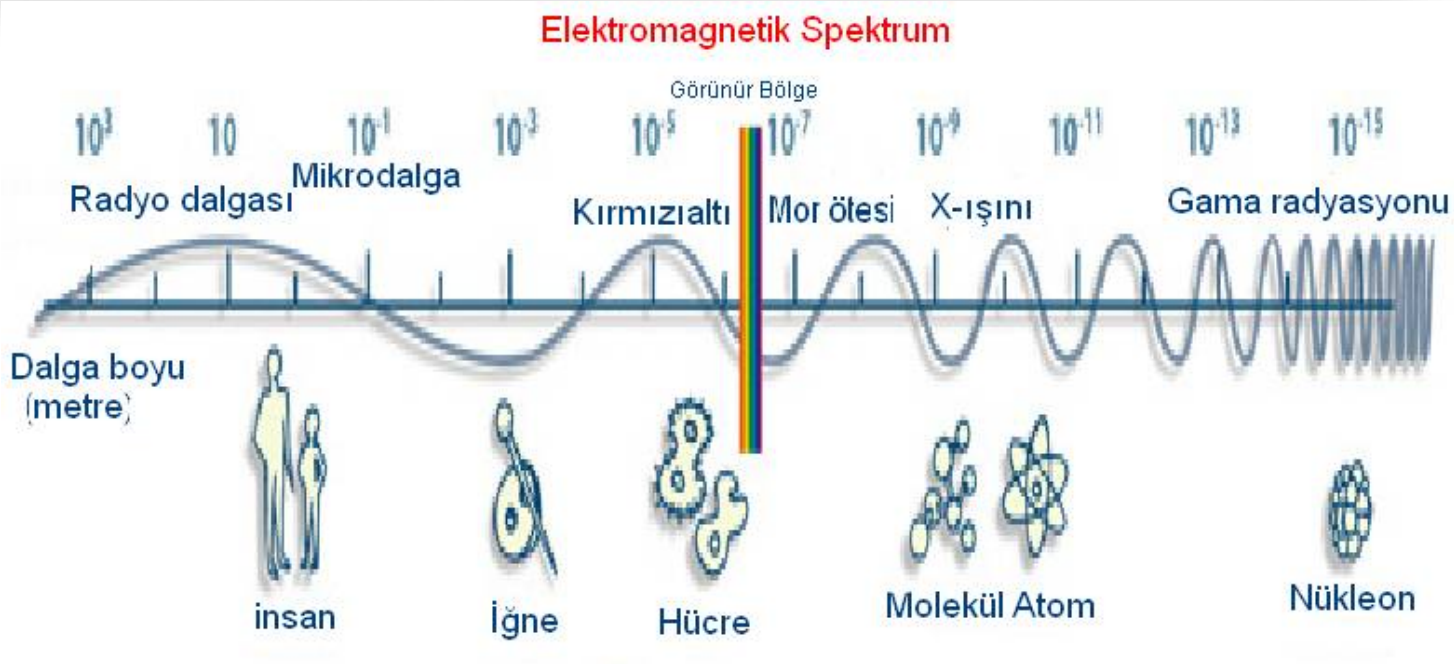
TAEK-PHT, Ankara

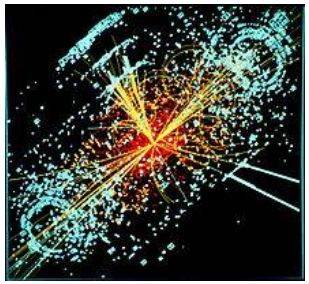
Siknrotron

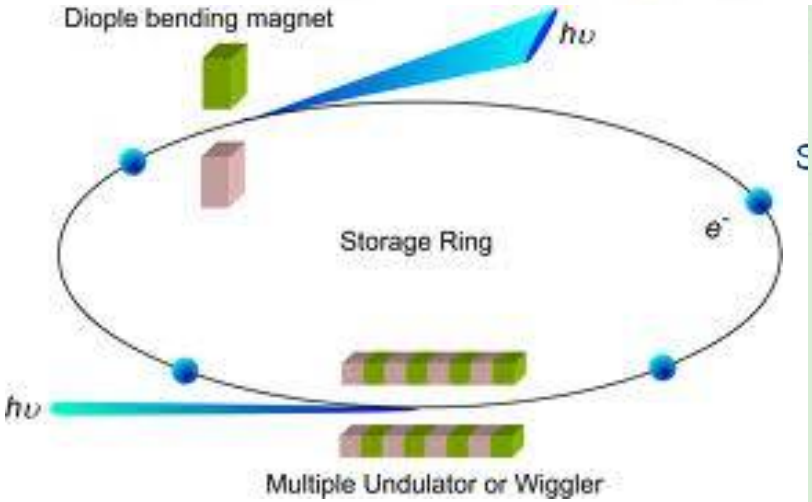


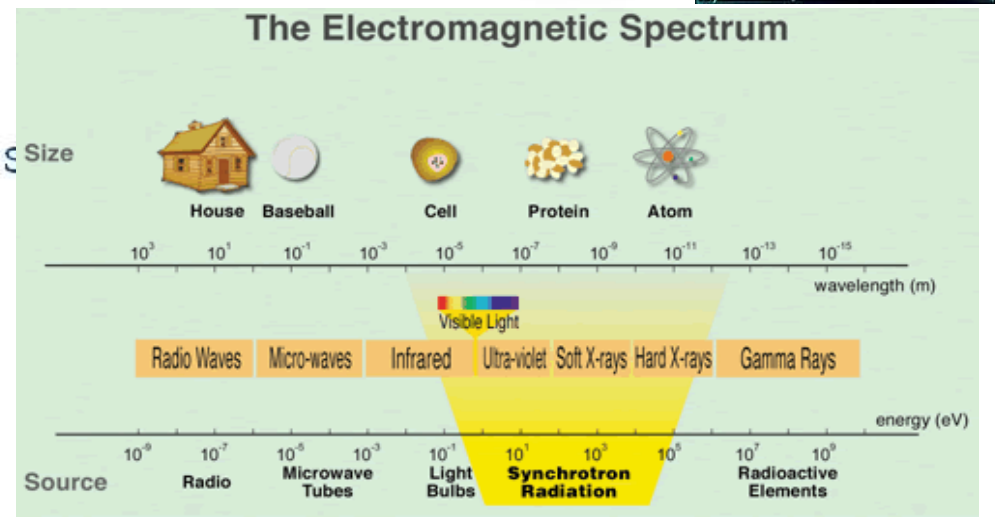
ESRF, Fransa

▪ Elektromagnetik Spektrum ve Hızlandırıcılar









20. Yüzyıl: ATOM Çağı, Yüzyılın Kişisi: Einstein

Yüzyıl anketi: TIME Dergisi (1999)

21. Yüzyıl İçin Planlama: Bilim ve Aydınlanma

1905 Einstein: Rölativite, Fotoelektrik olay, E=mc2

1907 Schottky: Atomik Spektrum ve Sinkrotron Teorisi

1909 Milikan: Elektronun yükü

1913 Frank-Hertz: Atomların uyarılması ve enerji düzeyleri

1920 Greinaker: İlk kafes (cascade) jeneratörü

1922 Wideroe: İlk RF **Linak**

1928 Van de Graff: İlk yüksek gerilim jeneratörünün yapılması

1932 Lawrence: İlk **Siklotron**

1941 Kerst,: İlk **Betatron**

1941 Touschek: **Depolama halkası** formülasyonu

1945 Blewett: İlk **Sinkrotron ışınımı**

1947 Alvarez: İlk **Proton Linakı**

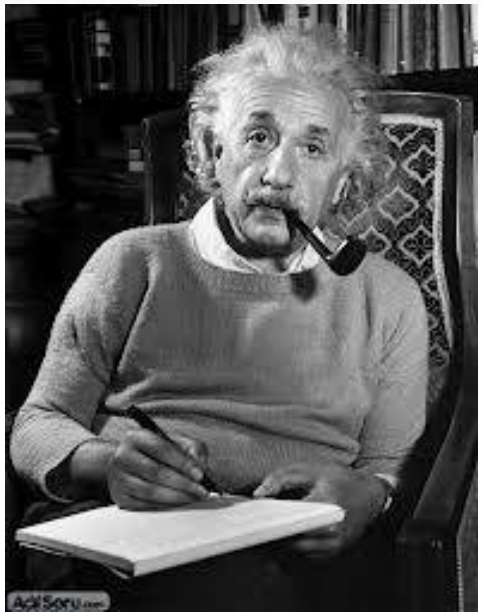
1951 Motz: İlk **Wiggler magnet**

1954 R.R. Wilson: 1.1. GeV'lik **elektron sinkrotronu**

1954 : CERN'ün Kuruluşu

1955 : Einstein'ın vefatı

1959: 28 GeV'lik **CERN Proton Sinkrotronunun** çalışması



A. Einstein (1879-1955)

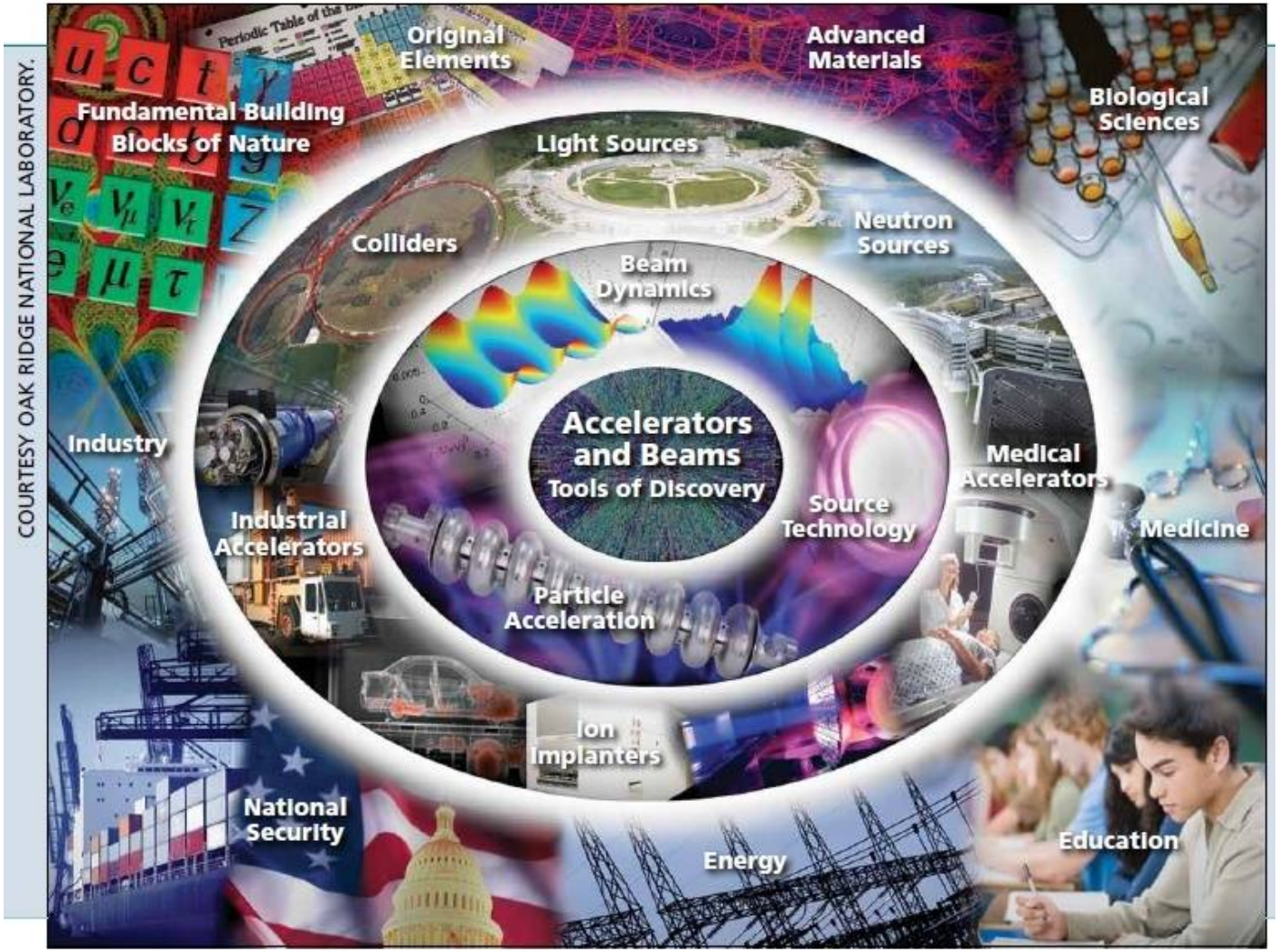
20. Yüzyıl

Radyo
Telsiz
Radar
Uçak
Transistör
Televizyon
Lazer
Bilgisayar
Cep Telefonu
İnternet
İzotop
Hızlandırıcı
Nükleer enerji
Uydu
Hızlı tren
MR
CERN…
vb…

▪ Hızlandırıcı Teknolojileri Neden Jenerik?

- Metal ve yüzey işleme sistem ve teknolojileri
- Isıtma ve Soğutma (He, su, azot v.b.) sistem ve teknolojileri
- Parçacık üretimi sistem ve teknolojileri
- Magnet sistem ve teknolojileri
- Vakum sistem ve teknolojileri
- RF kavite ve güç sistem ve teknolojileri
- Kontrol sistem ve teknolojileri
- Radyasyon güvenliği sistemleri
- Optik sistem ve teknolojileri
- Kablolama sistem ve teknolojileri
- Dedektör ve veri alınması sistem ve teknolojileri
- Veri iletimi ve işletimi sistem ve teknolojileri

▪ Hızlandırıcı Teknolojileri ve Uygulamaları



Başlıca Kullanım Alanları

- Parçacık Fiziği
- Nükleer Fizik
- Nötron Kaynağı
- Sinkrotron Işınımı
- Serbest Elektron Lazeri
- İyon İmplantasyonu
- Radyoterapi
- Nükleer Tıp
- Malzeme Bilimi
- Nanoteknoloji
- Biyoteknoloji
- Genetik
- Gıda Güvenliği
- Arkeoloji
- Madencilik
- Enerji Üretimi
- Ulusal Güvenlik

▪ Dünyada Durum

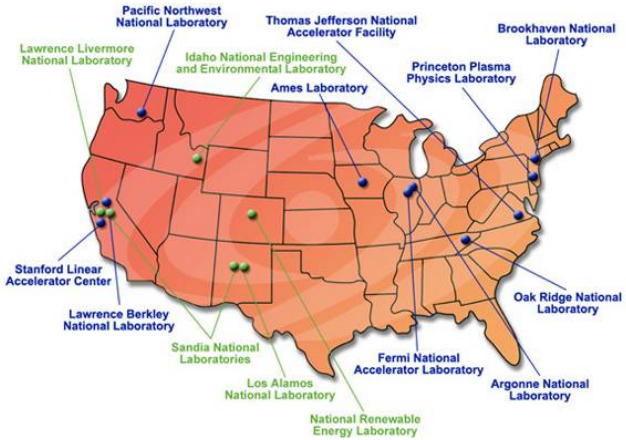
Medikal Hızlandırıcılar:
~ 14.000 : Medikal linak (kanser tedavisi)
~ 70: Proton ve iyon tedavisi
~ 1600: İzotop üretimi

Dünyada: ~ 38.000 hızlandırıcı

Endüstriyel Hızlandırıcılar:
~11.000 : İyon implantasyonu
~7.500 : Malzeme işleme (<10 MeV)
~3.000 : Sterilizasyon (<10 MeV)

Bilimsel Araştırma ve Işınım Kaynağı: ~1000

▪ Dünyada Durum



Dünyadaki Hızlandırıcı Komiteleri

Asian Committee For Future Accelerators (ACFA)

http://www.acfa-forum.net

European Committee For Future Accelerators (ECFA)

http://ecfa.web.cern.ch

Plenary ECFA (PECFA)

Restricted ECFA (RECFA)

RECFA County Visit to Turkey, 6-7 Ekim 2017, İstanbul

- Ö. Yavaş: National Accelerator Project & International Collaborations

International Committee For Future Accelerators (ICFA)

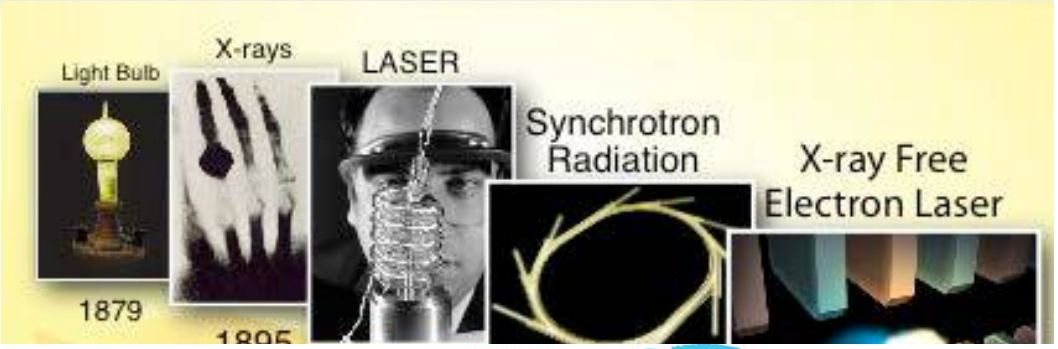
http://www.fnal.gov/directorate/icfa

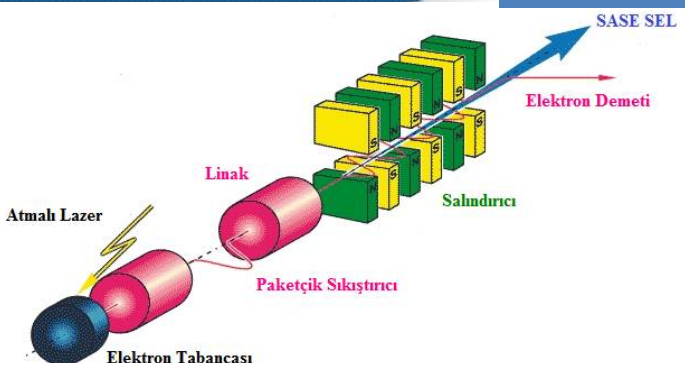
12th ICFA Seminar, 6-9 Kasım 2017, Ottawa, Canada

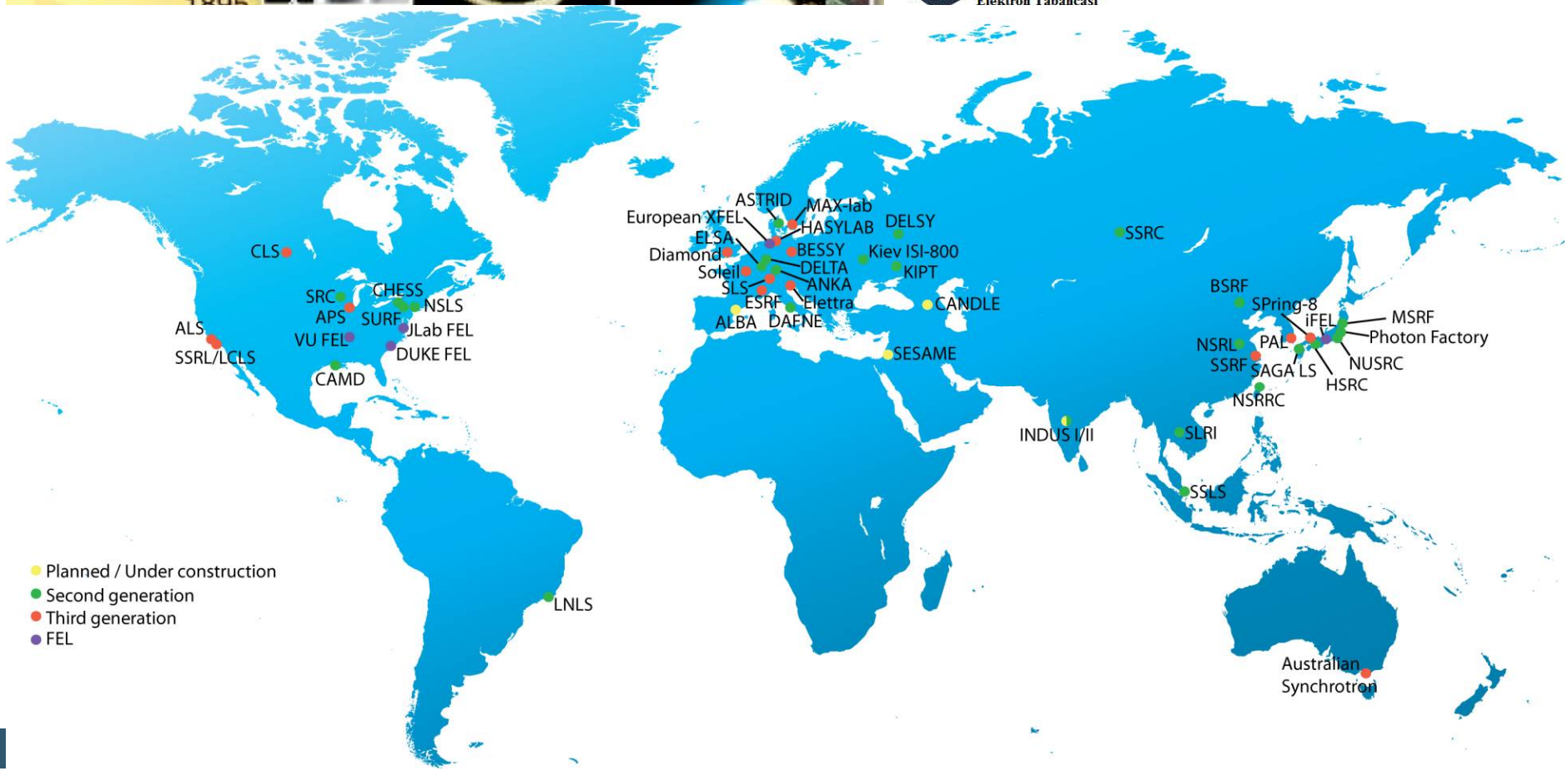
Hızlandırıcıya Dayalı Işınım Kaynakları

Sinkrotron Işınımı ve Serbest Elektron Lazeri

21. Yüzyıl İçin Planlama: Bilim ve Aydınlanma







Accelerators for America's Future (2010, p100)

04 INTRODUCTION
Accelerators for America's Future

10 CHAPTER 1
Accelerators for Energy and the Environment

24 CHAPTER 2
Accelerators for Medicine

40 CHAPTER 3
Accelerators for Industry

54 CENTERFOLD
Adventures in Accelerator Mass Spectrometry

58 CHAPTER 4
Accelerators for Security and Defense

70 CHAPTER 5
Accelerators for Discovery Science

84 CHAPTER 6
Accelerator Science and Education

90 SUMMARY
Technical, Program and Policy Directions

http://science.energy.gov/~/media/hep/pdf/accelerator-rd-stewardship/Report.pdf

Accelerators for America's Future (2010, p100)

http://science.energy.gov/~/media/hep/pdf/accelerator-rd-stewardship/Report.pdf

- **A beam of particles is a very useful tool.**
  A beam of the right particles with the right energy at the right intensity;

İstenilen enerji ve yoğunlukta bir parçacık demeti ile;

- produce cleaner energy (temiz enerji üretimi)
- spot suspicious Cargo (kargo muayenesi)
- can shrink a tumor (tümör kesimi)
- make a better radial tire (kaliteli lastik)
- clean up dirty drinking water (kirli içme sularının temizlenmesi)
- map a protein (protein yapı analizi)
- study a nuclear explosion (nükleer patlama analizi)
- design a new drug (yeni ilaç tasarımı)
- make a heat-resistant automotive cable (ısıya dayanıklı kablo üretimi)
- diagnose a disease (hastalık teşhisi)
- reduce nuclear waste (nükleer atıkların imhası)
- detect an art forgery (sanat eseri analizi)
- implant ions in a semiconductor (iyon implantasyonu)
- prospect for oil (petrol rezerv tahmini)
- date an archaeological find (arkeolojik tarihlendirme)
- package a Thanksgiving Turkey (gıda paketlemesi)
- discover the secrets of the universe (evrenin sırlarının araştırılması)
- …

▪ European Strategy Report (2013, p24)

http://council.web.cern.ch/council/en/europeanstrategy/ESBrochure-Strategy_Report2013.pdf

Accelerating Science and Innovation

Societal benefits of European research in particle physics

The story so far 4

Collaborative research in particle physics
The lesson for Europe: co-operation pays 7

Medicine and life sciences
The body of knowledge: particles harnessed for health 9

Energy and the environment
Think big: save energy and clean up the planet 12

Communication and new technologies
The powerhouse of invention 14

Society and skills
Power to the people 17

Update of the European Strategy for Particle Physics 20

▪ Hızlandırıcı sektörü

Üretim yapan şirket sayısı ve yıllık toplam ciro (USD):
~ 100 şirket
~ 5 Milyar

Hızlandırıcıların farklı sektörlerde etkilediği yıllık üretimin miktarı (USD):
~ 500 Milyar

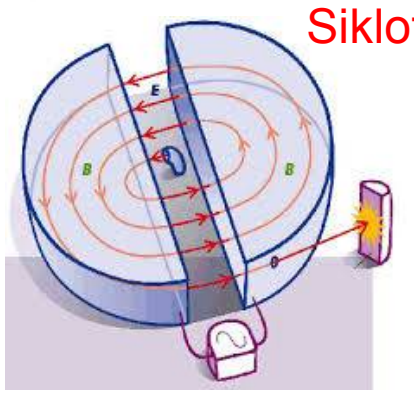
Bilim için yılda hızlandırıcılara harcanan (USD):
~ 1 Milyar

Bilim dışı pazar (USD):
- Kanser tedavisi: 2.6 Milyar
- İyon implantasyonu: 1.6 Milyar
- Elektronlar ile malzeme işleme: 180 Milyon
- Elektronlar ile ışınlama: 180 Milyon
- Tahribatsız muayene: 160 Milyon

Kaynak: *ICFA Seminar 2017, Applications of Particle Accelerators, J. Womersly (ESS)*

▪ Hızlandırıcıların Medikal Uygulamaları

Siklotron



- ✓ Radyo-izotop üretimi ve PET görüntüleme (siklotron, sinkrotron)
- ✓ X-ışını radyoterapi (medikal linak)

Linak

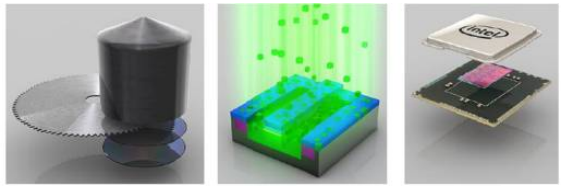
- ✓ Hadron (proton, nötron ve iyon) terapi (siklotron ve sinkrotron)
- ✓ Yaşam bilimleri Ar-Ge çalışmaları (moleküler biyoloji, radyo-biyoloji, genetik, nükleer tıp, izotop, radyasyon, görüntüleme, ilaç, malzeme, vb.) Linak, siklotron, sinkrotron, ışınım kaynakları (SI & SEL)
- ✓ İlaç geliştirme (SI, SEL, elektron, proton, nötron)
- ✓ Sterilizasyon (elektron linak, gama ışınları)

Sinkrotron

▪ Hızlandırıcıların Endüstriyel Uygulamaları

İyon İmplantasyonu

Yüzey ve arayüzeylerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi, atomik ve moleküler yapının yeniden düzenlenmesi vb.

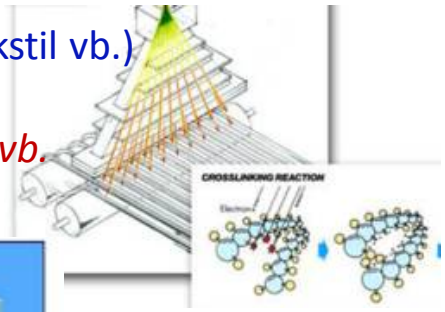


Gıda Sterilizasyonu

Gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, bakteri üremesinin Önlenmesi ve kalite kontrolü

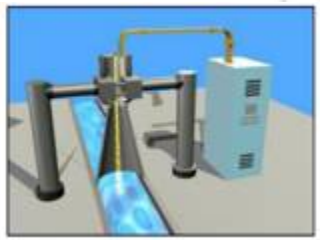
Üretim Sektörü (Metal, Lastik, plastik, mobilya, kablo, film, polimer, tekstil vb.)

Bağların güçlendirilmesi, ısıya ve mekanik zorlanmaya dayanıklılık, kaynak ve kalite kontrolü, çizilmezlik özelliği kazandırma, kargo kontrolü vb.



Diğer Uygulamalar

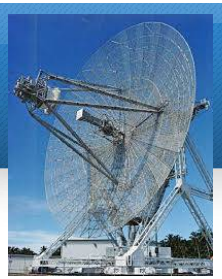
- *Yapay eklemlerde yüzey sertlik ve kalite kontrolü*
- *Atık su ve gazların temizlenmesi, temiz su saflık ayarı*
- *Mücevher sektörü (renk ayarı vb.)*
- *Arkeoloji (yaş, renk, kalite vb. tayini)*



ABD'de endüstriyel hızlandırıcı piyasası : 50 milyar USD

http://science.energy.gov/~/media/hep/pdf/files/pdfs/Accel_for_Americas_Future_final_report.pdf

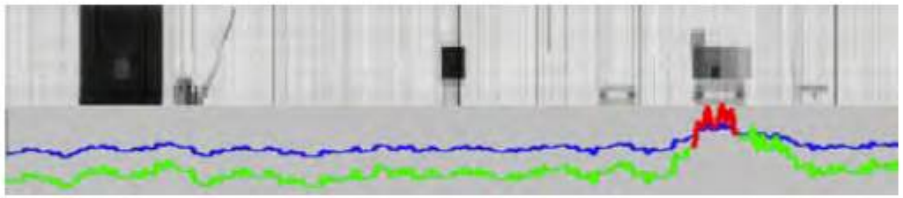
Hızlandırıcılar ve Savunma Sanayi



kontrolü

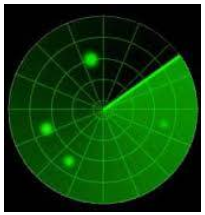
Accelerators for America's Future (2010)
http://science.energy.gov/~/media/hep/pdf/files/pdfs/Accel_for_Americas_Future_final_report.pdf
Chapter 4: Accelerators for Security and Defense

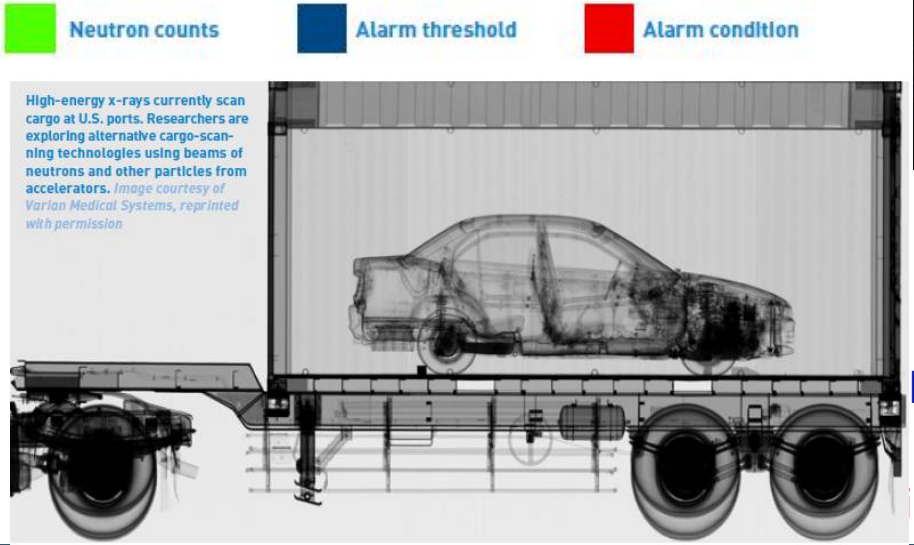
ve Nükleer Ar-Ge



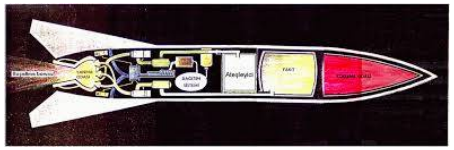
ektron Lazeri vb.)

asyon dayanıklılığı ve uzay sanayi





lah (lazer vb.) sistemleri



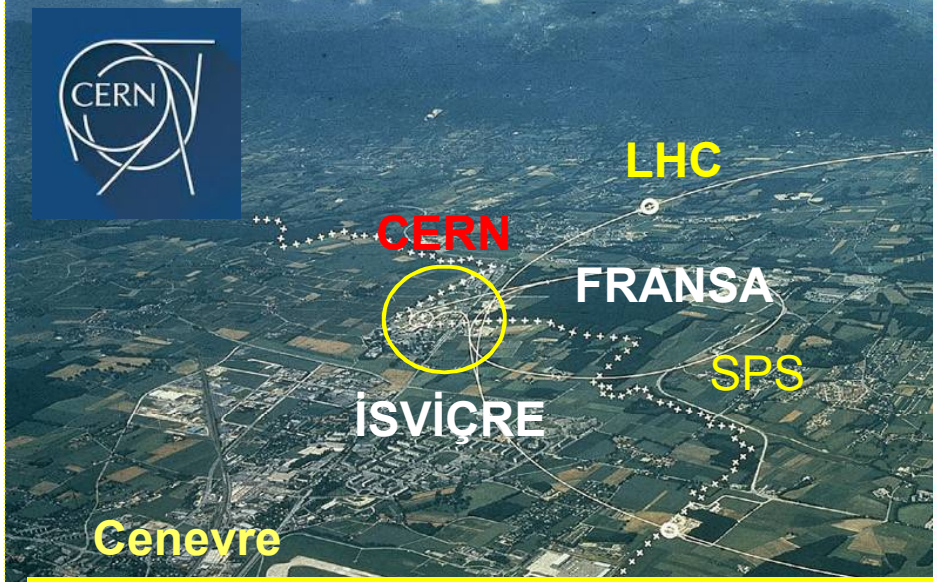
için Ar-Ge

▪ CERN ve Türkiye-CERN İlişkileri

Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

European Organization for Nuclear Research

Avrupa Nükleer Araştırmalar Merkezi



1957: Sinkro Siklotron (SS)
1959: Proton Siklotronu (PS)
1971: Proton Çarpıştırıcı (ISR)
1976: Super Proton Sinkrotrunu (SPS)
1981: Super Proton-Antiproton Sinkrotronu (S
1981: Large Electron-Proton Collider (LEP)
2009: Large Hadron Collider (LHC)

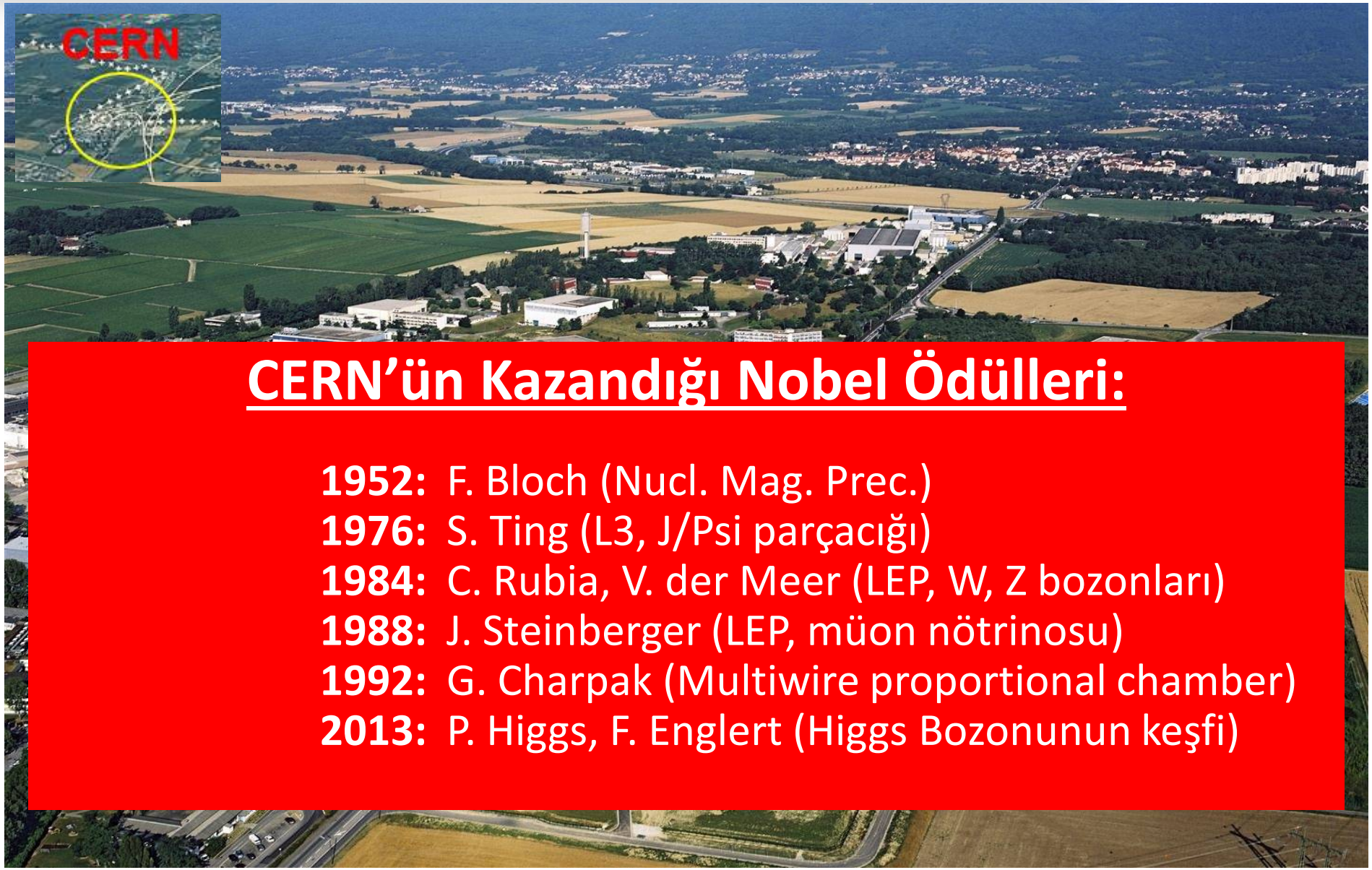
1954 CERN'ün kuruluşu
1961 Türkiye'nin Gözlemci üyeliği
1990 Türkiye'nin LHC projesine katılımı
2009 Tam üyelik için Hükümetin CERN'e mektubu
2009 Ülke raporunun CERN'e sunulması
2010 CERN heyetinin Türkiye ziyareti

2010 CERN Konseyinin adaylığı onaylaması
2012 Başvurunun ortak üyelik için yenilenmesi
12 Mayıs 2014: Ortak (Asosye) üyelik anlaşması

22 Ocak 2015: TBMM'nin anlaşmayı onayı

6 Mayıs 2015 CERN'in onayı

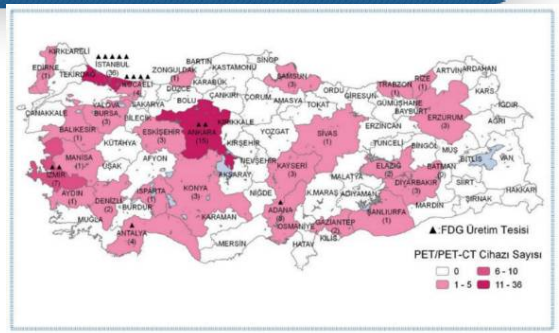
▪ CERN ve Türkiye-CERN İlişkileri



CERN'ün Kazandığı Nobel Ödülleri:

1952: F. Bloch (Nucl. Mag. Prec.)
1976: S. Ting (L3, J/Psi parçacığı)
1984: C. Rubia, V. der Meer (LEP, W, Z bozonları)
1988: J. Steinberger (LEP, müon nötrinosu)
1992: G. Charpak (Multiwire proportional chamber)
2013: P. Higgs, F. Englert (Higgs Bozonunun keşfi)

▪ Türkiye'de Durum

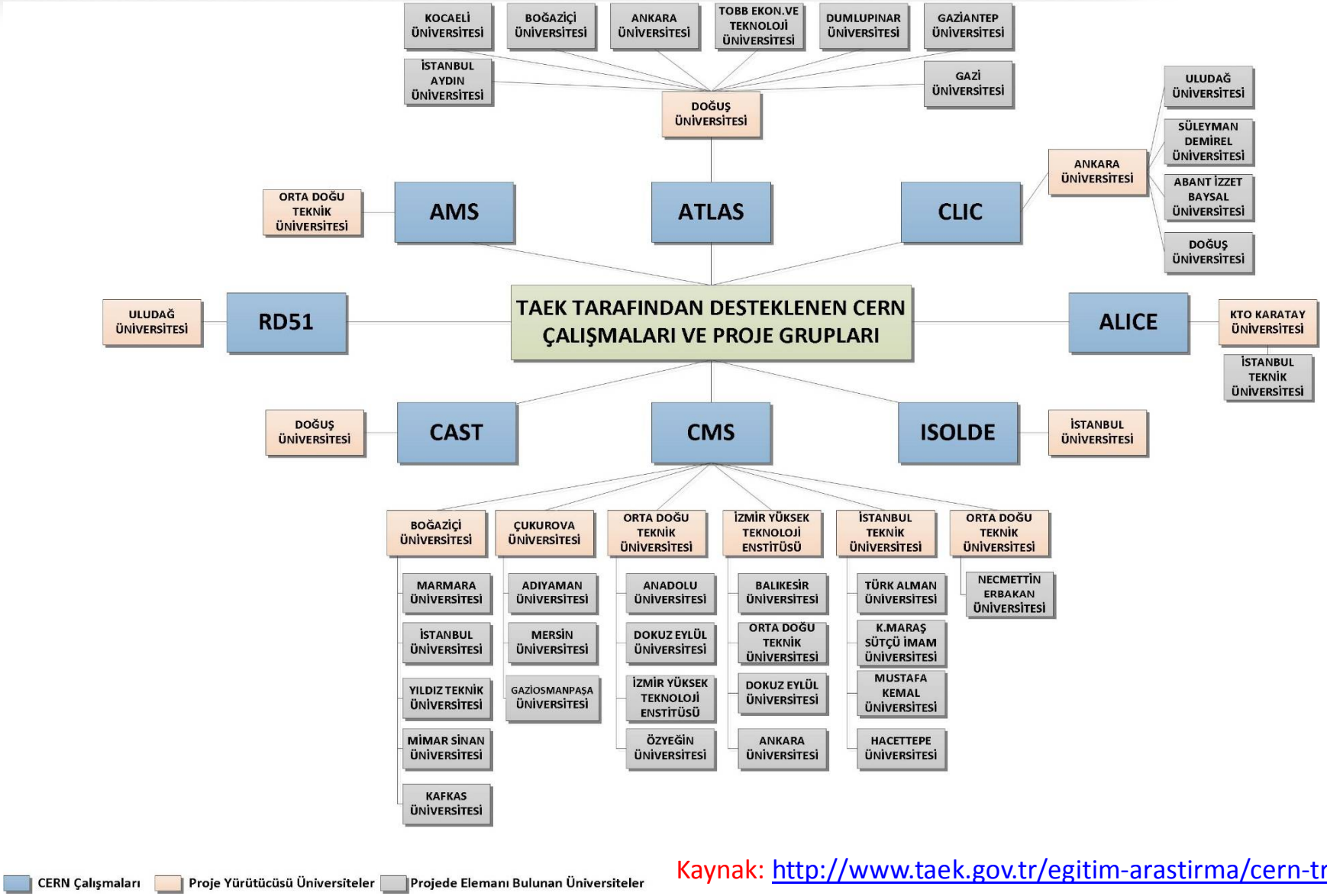


Şekil 13. PET/PET-CT cihazları ile FDG üretim tesislerinin illere göre dağılımı

- ✓ Sağlık Alanında Kullanılan Hızlandırıcılar
  - Medikal linaklar (kanser tedavisi)
  - Enerjileri: 8-20 MeV, ~ 225 adet
- ✓ Radyoizotop Üretimi
  - TAEK Proton Hızlandırıcı Tesisi (Sarayköy, Ankara)
  - Bebek siklotronlar (PET) (kamu ve özel sektör)

- ✓ Endüstriyel elektron linakları (kablo, lastik vb. sanayi)
- ✓ Küçük ölçekli iyon demetleri ile nükleer fizik deneyleri
- ✓ Hadron (proton ve nötron) terapi merkezleri (proje)
- ✓ **CERN'e Ortak Üyelik**, CERN deney ve projelerine katılım
- ✓ **SESAME (Ürdün)** Sinkrotron Işınımı tesisinde kurucu üye
- ✓ **Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi** (Kalkınma Bakanlığı destekli)
  - Koordinatör: Ankara Üniversitesi (+ 11 Üniversite)
  - İlk tesis: Elektron Hızlandırıcısı ve Serbest Elektron Lazeri Tesisi
  - Tasarlananlar: Büyük ölçekli (GeV enerjili) hızlandırıcı ve ışınım tesisleri

▪ Türkiye'nin CERN'de Yer Aldığı Projeler



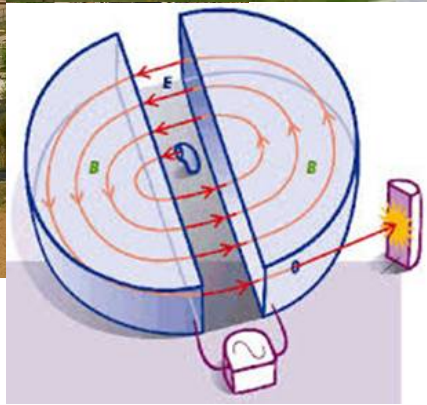
Kaynak: http://www.taek.gov.tr/egitim-arastirma/cern-tr.html

Membership to SESAME

- **S**ynchrotron-light **E**xperimental **S**cience and **A**pplications in **M**iddle **E**ast
- Turkey is member of SESAME Project since 2002
  - Members: Bahrain, Cyprus, Egypt, Iran, Israel, Jordan, Pakistan Palestine Authority
  - Council member of Turkey: Z. Demircan
  - Head of SAC : Z. Sayers
  - Head of User Com.: Ö. K. Öztürk
- Contributions
  - Design of beam lines and exp. stations, user & financial support

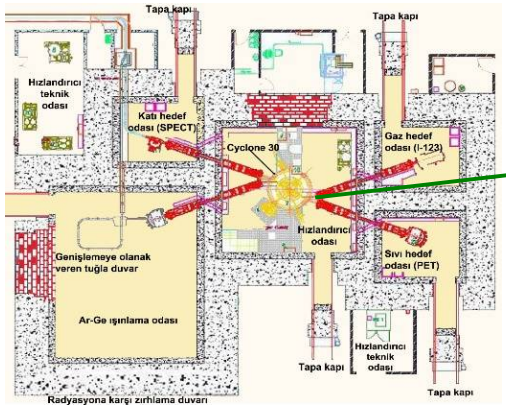
TAEK Proton Hızlandırıcı Tesisi (PHT)
(Radyoizotop üretimi ve Ar-Ge)

21. Yüzyıl İçin Planlama: Bilim ve Aydınlanma



Proton siklotronu (30 MeV)

TAEK Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM)
Atom caddesi, Sarayköy, Ankara

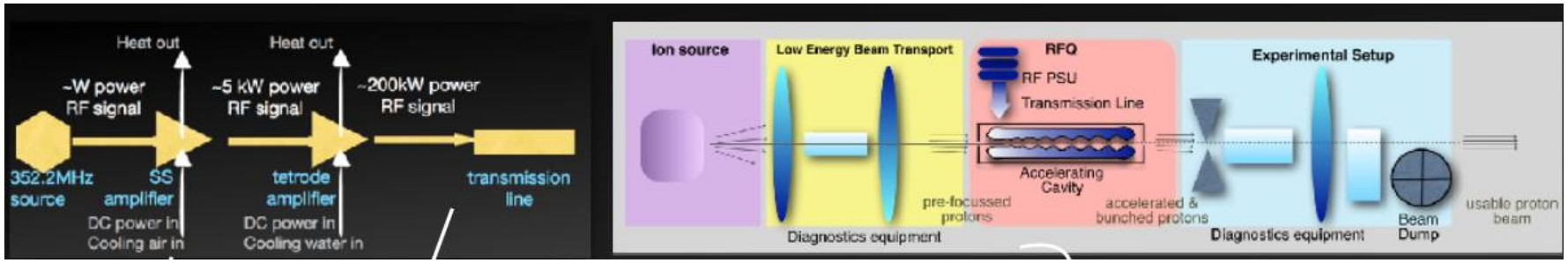


▪ TAEK's SANAEM Prometheus Project (SPP)

Main parameters of p-RFQ Linac:

E > 1 MeV and I > 1 mA, pulsed, H+, RF = 352.21 MHz, d.f. > 0.01

- ✓ Main goal of project: All components to be designed and built in Turkey!
- ✓ Run by SANAEM, TAEK's Sarayköy Research and Training Center since 2012
- ✓ Participation of scientists and engineers from several universities



- All components produced and installed
- First protons out of LEBT seen in December 2015
- Protons at the end of RFQ seen in Winter 2016 vanes' shadow can be seen
- RF training & power coupling tests ongoing …

▪ Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi

Destekleyen: Kalkınma Bakanlığı (DPT)

Koordinatör: Ankara Üniversitesi

http://thm.ankara.edu.tr

▪ Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi

- **I. Aşama Projesi (1997-2000)**
  Parçacık Hızlandırıcıları: Türkiye'de Neler Yapılmalı? (Fizibilite projesi)

- **II. Aşama Projeleri (2002-2005)**
  THM Tesisleri İçin Genel Tasarım Raporları (İki proje)

- **III. Aşama Projesi (YUUP, 2006-2016)**
  İlk Tesis, Enstitü ve THM Tesisleri Teknik Tasarım Raporları

- **IV. Aşama**
  THM Tesislerinin Kurulumu

▪ Üniversitelerarası İşbirliği

Ankara Üniversitesi **(Koordinatör)**

Gazi Üniversitesi

İstanbul Üniversitesi

Uludağ Üniversitesi

Dumlupınar Üniversitesi

Osmangazi Üniversitesi

Boğaziçi Üniversitesi

Doğuş Üniversitesi

Erciyes Üniversitesi

S. Demirel Üniversitesi

Niğde Üniversitesi

Gebze Teknik Üniversitesi

- **Proje ekibi:** 78 doktoralı araştırmacı + 78 lisansüstü öğrenci ve mühendis

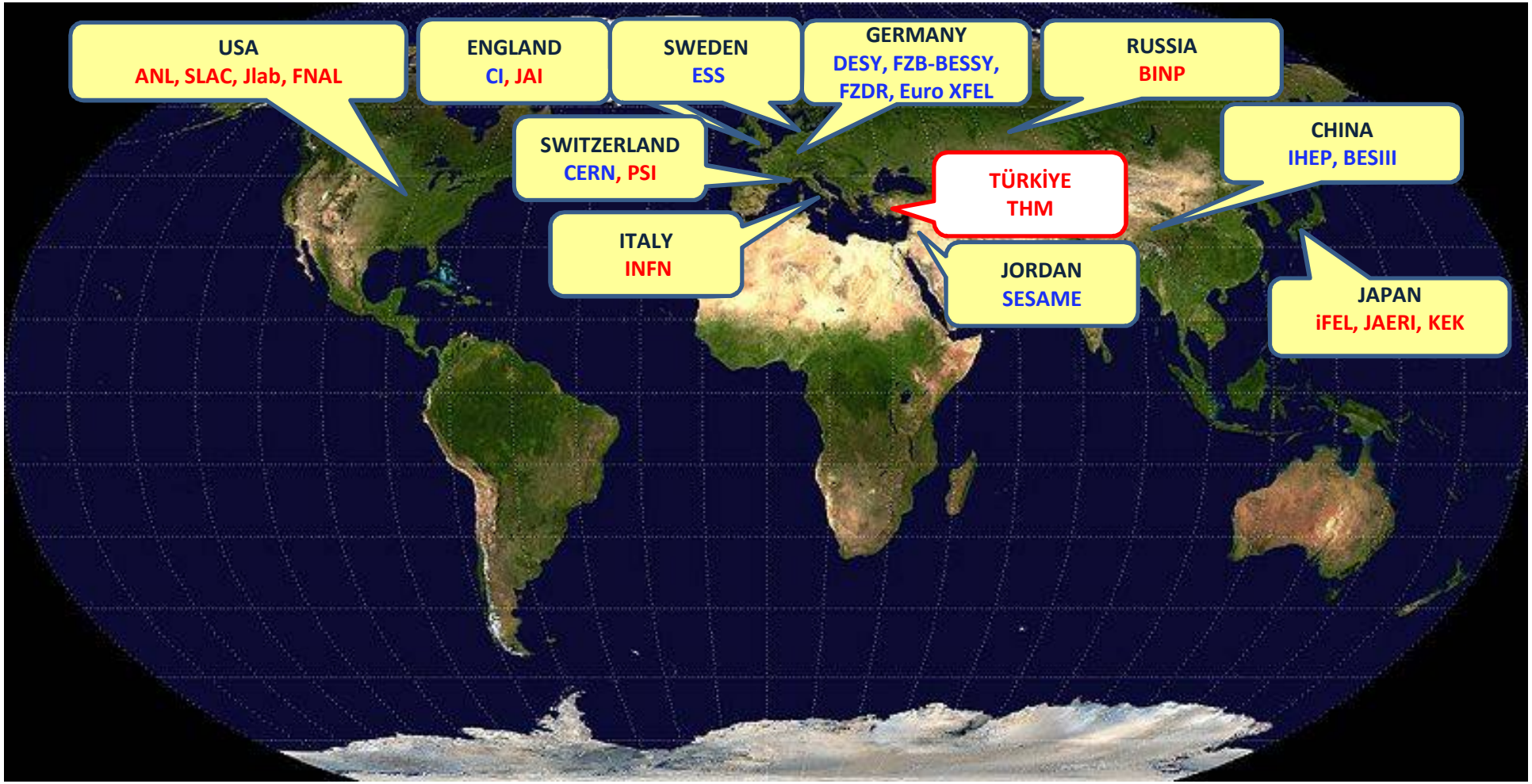
Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü ve Elektron Hızlandırıcı Tesisi Hizmet Binalarının Açılışı

Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü

Açılış: 9 Mayıs 2011

Elektron Hızlandırıcı Tesisi (TARLA)

▪ Uluslararası İşbirliği



Lacivert renkli merkezler ile ikili işbirliği anlaşmaları mevcuttur

International Scientific Advisory Committe (ISAC)

- Ercan ALP (Argonne National Laboratory, USA) (Head)
- Behçet ALPAT (INFN Perugia, Italy)
- David M. ASNER (PNL, USA)
- Swapan CHATTOPADHYAY (Cockroft Institute, UK)
- Eugene LEVICHEV (BINP, Russia)
- Yasar ONEL (Univ. of Iowa, USA)
- Luigi PALUMBO (INFN Frascati, Italy)
- Ken PEACH (Oxford University, UK)
- Roland SAUERBREY (FZD, Germany)
- Zehra SAYERS (Sabancı University, Turkey)
- Gökhan UNEL (UCI & CERN)
- Ali TANRIKUT (TAEK, Turkey)
- Helmut WIEDEMANN (Stanford University, USA)
- Frank ZIMMERMANN (CERN)

1st Meeting:
October 8-9, 2009
Ankara University
Ankara, Turkey

2nd Meeting:
June 21-22, 2010
Boğaziçi University **Istanbul, Turkey**

3rd Meeting:
May 9-10, 2011
Ankara University
Ankara, Turkey

4th Meeting:
June 11-12, 2012
Istanbul University
Istanbul, Turkey

5th Meeting:
June 24-25, 2013
Ankara University
Ankara, Turkey

6th Meeting:
July 7-8, 2014
Istanbul University
Istanbul, Turkey

▪ Uluslararası Bilimsel Danışma Komitesi Toplantıları

Ankara Üniversitesi (2009)

Boğaziçi Üniversitesi (2010)

Ankara Üniversitesi (2011)

İstanbul Üniversitesi (2012)

Ankara Üniversitesi (2013)

İstanbul Üniversitesi (2014)

▪ International Machine Advisory Committee (IMAC)

Peter MICHEL (HZDR-ELBE, Germany) (Head)
Ernst WEIHRETER (HZB-BESSY, Germany)
Hideaki OHGAKI (Kyoto University, Japan)
Jean R. DELAYEN (JLab, USA)
Susan SMITH (ASTeC, UK)

1st Meeting:
December 4-5, 2009
Ankara University

2nd Meeting:
September 2-3, 2010
Bodrum, Mugla

3rd Meeting:
May 12-13, 2011
IAT, Ankara University

4th Meeting:
March 8-9, 2012
IAT, Ankara University

5th Meeting:
April 22-23, 2013
IAT, Ankara University

6th Meeting:
October 20-21, 2014
IAT, Ankara University

7th Meeting:
September 7-8, 2015
IAT, Ankara University

▪ Elektron Hızlandırıcısı ve Işınım Tesisi (TARLA)

TARLA: Turkish Accelerator and Radiation Laboratory at Ankara

5 - 40 MeV süperiletken elektron hızlandırıcısı
Infrared (3-250 mikron) serbest elektron lazeri (SEL)
5-30 MeV frenleme ışınımı (Bremsstrahlung)
6 Araştırma İstasyonu

Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsü

▪TARLA Tesisinin Dünyadaki Yeri ve Araştırma Potansiyeli

DÜNYADAKİ BAŞLICA Infrared SEL TESİSLERİ

- iFEL (Japan) : 1 - 22 μm
- FOM FELIX (Holland) : 3 - 35 μm
- SCA-FEL (USA) : 3 - 10 μm
- LURE CLIO (France) : 3 - 90 μm
- Jefferson FEL (USA) : 3.2 - 4.8 μm
- ELBE (Germany) : 3 - 300 μm
- IHEP Beijing FEL (China) : 5 - 25 μm
- ISIR FEL (Japan) : 21 - 126 μm
- JAERI (Japan) : 17 - 30 μm
- **TARLA (Türkiye) : 3 - 250 μm** (kurulmakta)

Ar-Ge Alanları

- Malzeme Bilimi
- Atom ve molekül fiziği
- Lazerler
- Biyoteknoloji
- Medikal fizik
- Nanoteknoloji
- Dedektör araştırmaları
- Foto-kimya
- Foto-jeoloji

FELs Under Development

- European X-ray FEL (Germany)
- TARLA FEL, Turkish Accelerator and Radiation Laboratory at Ankara (Turkey)
- SwissFEL, Paul Scherrer Institute (Switzerland)
- Institute for Plasma Research (India)
- LEUTL APS, Argonne National Lab (US)
- Center for Advanced Technology (India)
- University of Hawaii (US)
- UCLA Particle Beam Physics Lab
- Osaka University - ISIR (Japan)

Kaynak: http://sbfel3.ucsb.edu/www/vl_fel.html

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
2010
HIZLANDIRICI TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ
TARLA
Turkish Accelerator and Radiation Laboratory in Ankara

▪ TARLA Tesisi Araştırma Potansiyeli

Süperiletken Elektron Hızlandırıcısı
0 - 40 MeV ,
0-1 (1.5) mA
40 (60) kW
cw / atmalı

Serbest Elektron lazeri → **3-250 µm (infrared)**
- Malzeme Bilimi, Biyofizik, Biyokimya, Medikal...

Frenleme Işınımı → **Maks. 30 MeV**
- Nükleer araştırmalar, Radyasyona dayanıklılık
Gama ışını kaynaklı pozitron spektroskopisi

Elektron Demeti → **250 KeV- 40 MeV**
- Radyobiyoloji, Dedektör araştırmaları,
Thomson saçılması, Elektron kırınımı

Pozitron Demeti → **10 -300 keV**
- Malzeme bilimi, Yarıiletken teknolojisi ve
üretimi

X - Işını Demeti → **10-100 keV**
- Radyasyon fiziği, Radyobiyoloji

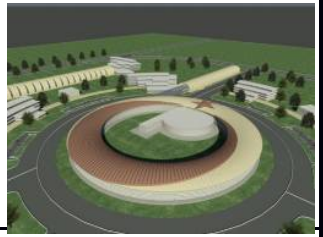
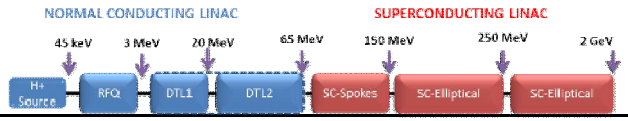
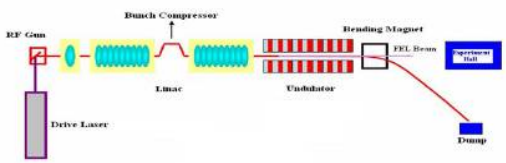
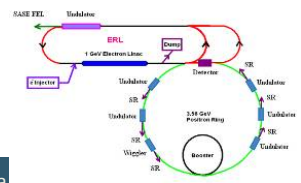
Nötron Demeti → **0 -30 MeV**
- Fizyon araştırmaları, malzeme, nükleer fizik...

THz Işınımı → **0.1 – 3 THz**
- Malzeme Bilimi, Dedektör araştırmaları

▪ THM Projesi Kapsamında Tasarlanan Tesisler

- ✓ **Sinkrotron Işınımı Tesisi (TURKAY)**
- ✓ **SASE Serbest Elektron Lazeri Tesisi (TURKSEL)**
- ✓ **Proton Hızlandırıcısı Tesisi (TURKPRO)**
- ✓ **Parçacık Fabrikası Tesisi (TURKFAB)**

▪ THM Tesisleri ve Sunacakları İmkanlar

Tesis Adı		Sunacağı İmkanlar
1	**Elektron Hızlandırıcı&Işınım Tesisi (TARLA)** *40 MeV doğrusal elektron hızlandırıcısı* *Kurulmakta (Gölbaşı, Ankara)* 	**Elektron demeti, frenleme ışınımı ve infrared serbest elektron lazerleri ile** malzeme bilimi, lazer ve fotonik, izotop üretimi, savunma sanayii, nükleer spektroskopi, astrofizik, ziraat, çevre, kimya, ilaç, tıp, nanoteknoloji, biyoteknoloji, genetik, uzaya ve enerji vb. alanlarda ileri düzeyli Ar-Ge ve teknoloji geliştirme imkanı sunacak
2	**Sinkrotron Işınım Tesisi (TURKAY)** *3 GeV elektron sinkrotronu* *Tasarlandı* 	**Sinkrotron ışınımı ile** malzeme, kimya, nano ve biyo teknoloji, çevre, fotonik, arkeoloji, nükleer, tıp vb. alanlarda ileri düzeyli Ar-Ge ve teknoloji geliştirme imkanı sunacak
3	**Proton Hızlandırıcı Tesisi (TURKPRO)** *3-2000 MeV doğrusal* *Proton hızlandırıcısı* *Tasarlandı* 	**Proton ve nötron demetleri ile** malzeme, nükleer, uzay, savunma, tıp, nano ve biyo teknoloji, endüstri ve mühendislik vb. alanlarda ileri düzeyli Ar-Ge ve teknoloji geliştirme imkanı sunacak
4	**SASE SEL Tesisi (TURKSEL)** *1-6 GeV doğrusal elektron hızlandırıcısı* *Tasarlandı* 	**UV ve X-Işını bölgesinde serbest elektron lazerleri ile** malzeme, nano ve biyo teknoloji, atom ve molekül fiziği, tıp, çevre, fotonik, kimya vb. alanlarda ileri düzeyli Ar-Ge ve teknoloji geliştirme imkanı sunacak
5	**Parçacık Fabrikası Tesisi (TURKFAB)** *1 GeV elektron, 3.6 GeV pozitron demeti* *Tasarlandı* 	**Elektron ve pozitron demetlerinin çarpıştırılması ile** madde ile ilgili araştırmalara, hızlandırıcı, dedektör ve veri işleme, uzay, nükleer vb. ileri düzeyli Ar-Ge ve teknoloji geliştirme imkanı sunacak.

Proton hızlandırıcısı ile elde edilebilen nötronların kullanıldığı sektörler ve amaçları

	Uygulama Alanı	İnceleme Konusu	Amaç
	Malzeme Bilimi	Malzeme hazırlama, Kompozit malzemeler, Alaşımlar	Kusur tesbiti, Saflık analizi
	İnşaat Mühendisliği	Taş, Beton, Ağaç, Seramik ve Kil	Yapı, Nem oranı ve Katkı Maddesi Etkinliği Analizi
	Biyoloji	Bitkiler, Fosil Numuneler	Kimyasal Madde Etkisi, Hidrojen Oranı Analizi, Köken Analizi, Yapı Analizi
	Savunma Sanayi	Yakıcı ve Patlayıcı Mühimmat	Güvenirlik, İrtibat, Patlayıcı Malzeme Analizi
	Elektrik-Elektronik Mühendisliği	Anahtarlar, Yalıtkanlar Bataryalar	Kusur Analizi, Elektrokimyasal Analizler
	Uzay ve Havacılık Sanayi	Yapısal Malzemeler Gösterge Cihazları	Kalite Kontrol, Paslanma ve Kaynak Kusur Analizi
	Petrol ve Gaz Endüstrisi	Sondaj	Gözenek Hacim Dağılım Analizi
	Enerji Depolama	Bataryalar Yakıt Hücreleri	Elektrolid Dağılım Analizi Gaz ve Sıvı Akışı
	Otomobil Endüstrisi	Motorlar, Döküm Kompozit Malzemeler	Kaynak ve Yağlanma Dağılımı, Malzeme Kusurları
	Tıp	Bor Katkılı Maddeler İnce Dokular	Bor Miktarı Analizi
	Nükleer Endüstri	Yakıt Elemanları Kaplama Malzemeleri Kontrol Cihazları	Kusur Tespiti, Yakıt Yanma Ölçümü, Kalite Kontrol
	Arkeoloji	Demir ve Bronz Örnekleri Boyalar	Yapı ve Üretim Tekniği Analizi
	Diş Hekimliği	Doğal ve Yapay Dişler	Kalite Kontrol Yapıştırıcı Dağılım Analizi
	Türbin Motorları	Pervaneler	Malzeme Kusurları, Soğutma Kanalı Testi

Türk Hızlandırıcı Merkezi (Plan)

▪ Türk Hızlandırıcı Merkezi Strateji Raporu (2015, p36)

TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİ
STRATEJİ RAPORU

18 Mart 2015

1. SUNUŞ 2
2. GİRİŞ 4
3. HIZLANDIRICI TEKNOLOJİLERİ 5
4. DÜNYADAKİ DURUM 7
5. TÜRKİYE'DEKİ DURUM 16
6. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİ (THM) PROJESİ 23
7. THM KAPSAMINDA KURULUMU VE TASARIMI YAPILAN TESİSLER 25
8. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİNİN TOPLUMSAL STRATEJİSİ 30
9. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİNİN BİLİMSEL STRATEJİSİ 31
10. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİNİN TEKNOLOJİK STRATEJİSİ 32
11. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİNİN ENDÜSTRİYEL STRATEJİSİ 33
12. TÜRK HIZLANDIRICI MERKEZİ GELECEK STRATEJİSİ 34

KAYNAKLAR 36

▪ THM'nin Önemi ve Beklentiler

- Türk Hızlandırıcı Merkezinde yapılan araştırmalar ve geliştirilen teknolojiler ile ülkemiz **enerji, iletişim, elektronik, bilgisayar, malzeme, savunma, ilaç, çevre, uzay, sağlık, ulaşım** vb alanlarda gelişmiş ülkeler arasındaki yerini alacak ve dışa bağımlılığını minimum seviyeye indirecektir.

- THM ile ülkemiz ve bölgemiz araştırmacıları disiplinlerarası Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme çalışmaları için ileri, güçlü ve modern araçlara kavuşacaklardır.

- THM, ülkemizin bilim ve teknolojideki gelişmişlik göstergelerinde gelişmiş dünyayı yakalamasında önemli bir rol oynayacaktır.

- THM'nin 6550 sayılı Araştırma Altyapılarının Desteklenmesine Dair Kanun kapsamında **ulusal merkez** olarak yeni bir tüzel yapıya kavuşması beklenmektedir. Yeni statü ile yeni yönetim, destek ve denetim mekanizmaları devreye girecektir.

Accelerator-Related Ongoing Projects

Ankara University

- Design and manufacture of 1.3 GHz RF pulse compressor
- Design, production and tests of high gradient quadrupole magnets
- Development of 3D e-beam printer for industrial use
- Radio frequency quadrupole (RFQ) design and simulation software
- Demirci-Pro: Design & simulation of a radiofrequency quadrupole (RFQ) based linear accelerator for light ions

Middle East Technical University

- Design and contruction of a p-beam line in TAEK's p-Cyclotron Facility for radiation hardness tests of space equipments

Boğaziçi University

- High-power 800MHz RF circulator and transmission line project
- Building a trial low-energy electron gun for industrial applications

Akdeniz University

- Modifications of a clinical linac (30 µA, 18 MeV) for use in nuclear physics research

TOBB ETU

- Development of an e-gun for electron beam welding; design and handling MeV energy e-beam using klystrons donated by CERN

Gelecek…

Teknolojinin Kilogram Fiyatı

Gıda

Pirinç: 2$

Et: 15 $

Ulaşım

Otomobil: 50$

Uçak: 250 $

İletişim-Bilgisayar

Laptop: 1000 $

Cep Tel.: 5000 $

Uzay

Uydu: 50.000$

Hızlandırıcı

Sc RF: 250.000$

Dünyada İnşa Halinde veya Planlanmış Büyük Ölçekli Hızlandırıcı, Çarpıştırıcı, Nötron ve Işınım Kaynağı Tesisleri

Çarpıştırıcı (e+e-, ep, pp)

HL-LHC (CERN)	İsviçre
CLIC (CERN)	İsviçre
FCC (CERN)	İsviçre
LHeC (CERN)	İsviçre
ILC	Japonya
CEPC/SPPC	Çin
TURKFAB	*TÜRKİYE*

Proton ve Nötron Kaynağı

FAIR	Almanya
FRIB	ABD
ESS	İsveç
SNS-Target II	ABD
MyRRHA	Belçika
IFMIF (for ITER)	Japonya
TURKPRO	*TÜRKİYE*

Sinkrotron Işınımı Tesisleri

Max-IV	İsveç
Sirius	Brezilya
ESRF-Upgrade	Fransa
PETRA-III	Almanya
Beijing APS	Çin
APS-Upgrade	ABD
Solaris	Polonya
Taiwan SRC-II	Taiwan
SESAME	Ürdün
ILSF	İran
NSLS-II	ABD
Shanghai LS	Çin
Spring-8-Upgrade	Japonya
TURKAY	*TÜRKİYE*

Serbest Elektron Lazeri Tesisleri

European XFEL	Almanya
LCLS-II	ABD
SACLA	Japonya
Swiss FEL	İsviçre
FLASH-II	Almanya
Korean FEL	G. Kore
Shanghai FEL	Çin
TARLA	*TÜRKİYE*
TURKSEL	*TÜRKİYE*

Türk Hızlandırıcı Merkezi: TARLA + TURKAY + TURPRO + TURKSEL + TURKFAB

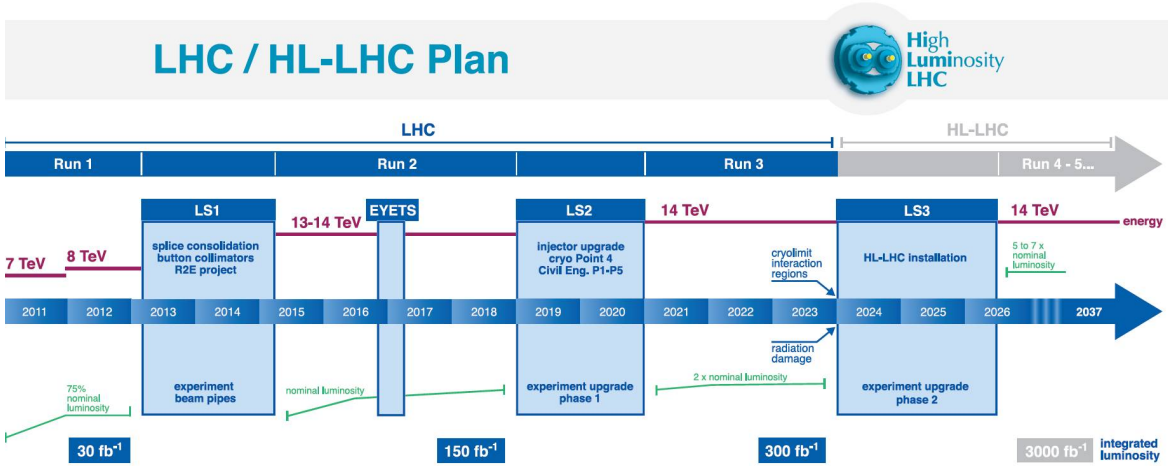
▪ CERN'ün Gelecek Planı…

21. Yüzyıl İçin Planlama: Bilim ve Aydınlanma

2025'e kadar…

High Lumi Large Hadron Collider (HL-LHC)

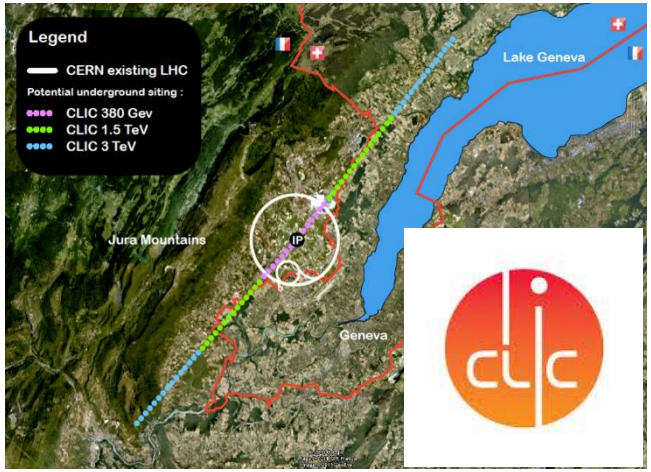
Ec.m. 14 TeV, Lint: 300 fb-1



2035'e kadar…

Compact Linear Collider (CLIC)

Ec.m.=380, 1500, 3000 GeV, L=10^34



2050'ye kadar…

Future Linear Collider (FCC)

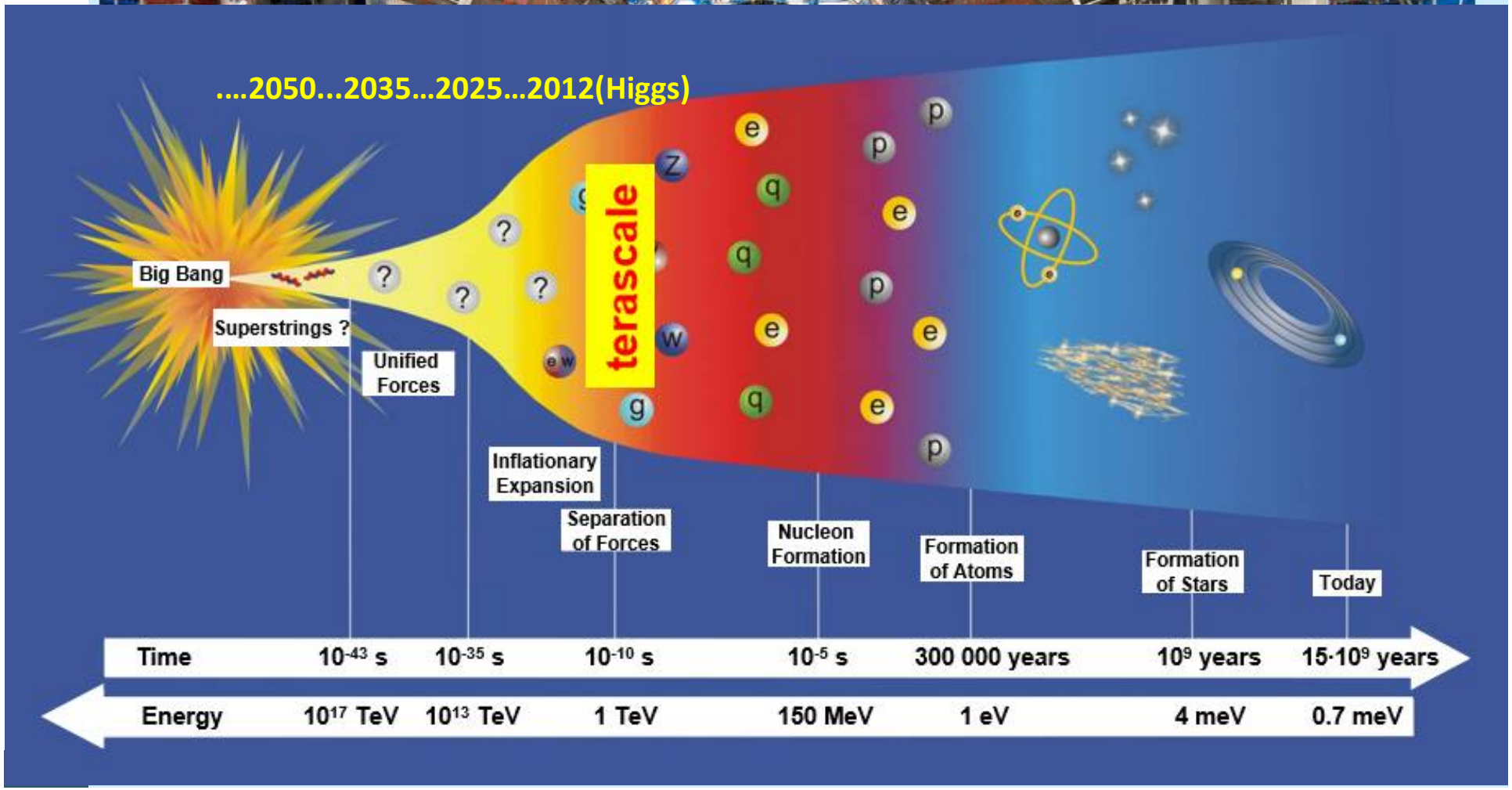
FCC hh ee he

Ep= 50 TeV

Ec.m.= 100 TeV

L= 10^35 cm-2s-1

Detaylı bilgi için: http://www.cerncourirer.com


....2050...2035...2025...2012(Higgs)
Big Bang
Superstrings ?
Unified Forces
Inflationary Expansion
Separation of Forces
terascale
Nucleon Formation
Formation of Atoms
Formation of Stars
Today
Time
10-43 s
10-35 s
10-10 s
10-5 s
300 000 years
109 years
15·109 years
Energy
1017 TeV
1013 TeV
1 TeV
150 MeV
1 eV
4 meV
0.7 meV

21. Yüzyıl

TIME 21. Yüzyıl Anketi

(2099):

Yüzyılın adı: ?

Yüzyılın kişisi: ?

ÇEKİRDEK ÇAĞI ?

Uzayda yaşam
Uzay asansörleri
Uzay madenciliği
Süper Uçaklar
Sürücüsüz araçlar
Kablosuz enerji aktarımı
Işınlanma
Spintronik
Robotik
Kuantum bilgisayarlar
Biyoşifreleme
Genom/Genetik
Akıllı malzemeler
Akıllı binalar
Işın silahları
Ultra hızlı internet
Katlanabilir TV'ler vb.
Yemek hapları

Sonuç

- Hızlandırıcı ve ışınım teknolojileri **21. yüzyılın** jenerik teknolojilerindendir.

- **20. yüzyılın** başlarında atomdan çıkartılan bilgi ve kuantum mekaniği nasıl **20. yüzyılın** teknolojilerini doğurduysa, **21. yüzyılda da** atom çekirdeğinden çıkartılan bilgiler **21. yüzyılın** teknolojilerini doğuracaktır.!

- **Türkiye'nin 2015'te** dünyada bilim ve teknolojinin lokomotifi olan **CERN'e ortak üyeliği**, ülkemiz bilim ve sanayi çevrelerinde hızlandırıcı teknolojilerine ilgiyi tetiklemiştir. CERN'e ortaklık, bilgi ve teknoloji transferi için çok iyi kullanılmalıdır.

- Hızlandırıcı teknolojilerinin ülkemizde de geliştirilmesi ve daha yaygın ve etkin kullanımı için **Türk Hızlandırıcı Merkezi** mutlaka kurulmalı, **CERN'e tam üye** olunmalı ve jenerik teknoloji alanlarında **Ulusal Laboratuarlar Sistemi** geliştirilmelidir.

- **Türkiye, ancak ve ancak 21. yüzyılın** jenerik teknolojilerinde dünya ile işbirliğine açık, iyi planlanmış ve hızlı şekilde uygulamaya konulacak **Ulusal Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Planı** dahilinde yapılacak ileri düzeyli Ar-Ge çalışmaları ve buna dayalı geliştirilecek yüksek teknolojiye dayalı üretim yoluyla **dünyanın en büyük ilk 10 ekonomisinden birisi** haline gelerek refaha ulaşabilir.

Hayatta en hakiki mürşid ilimdir, fendir. M. K. Atatürk

Teşekkürler…