

Parçacık Hızlandırıcılarına Genel Bakış

Parçacık Hızlandırıcıların Tarihinden Kısa Notlar, Günümüzün İlgilendiren Konularına Örnekler, İş İmkanları

ve

Bu Okulda Neler Yapacağız?

Dr. Öznur METE

University of Manchester

The Cockcroft Institute of Accelerator Science and Technology

İletişim Bilgileri

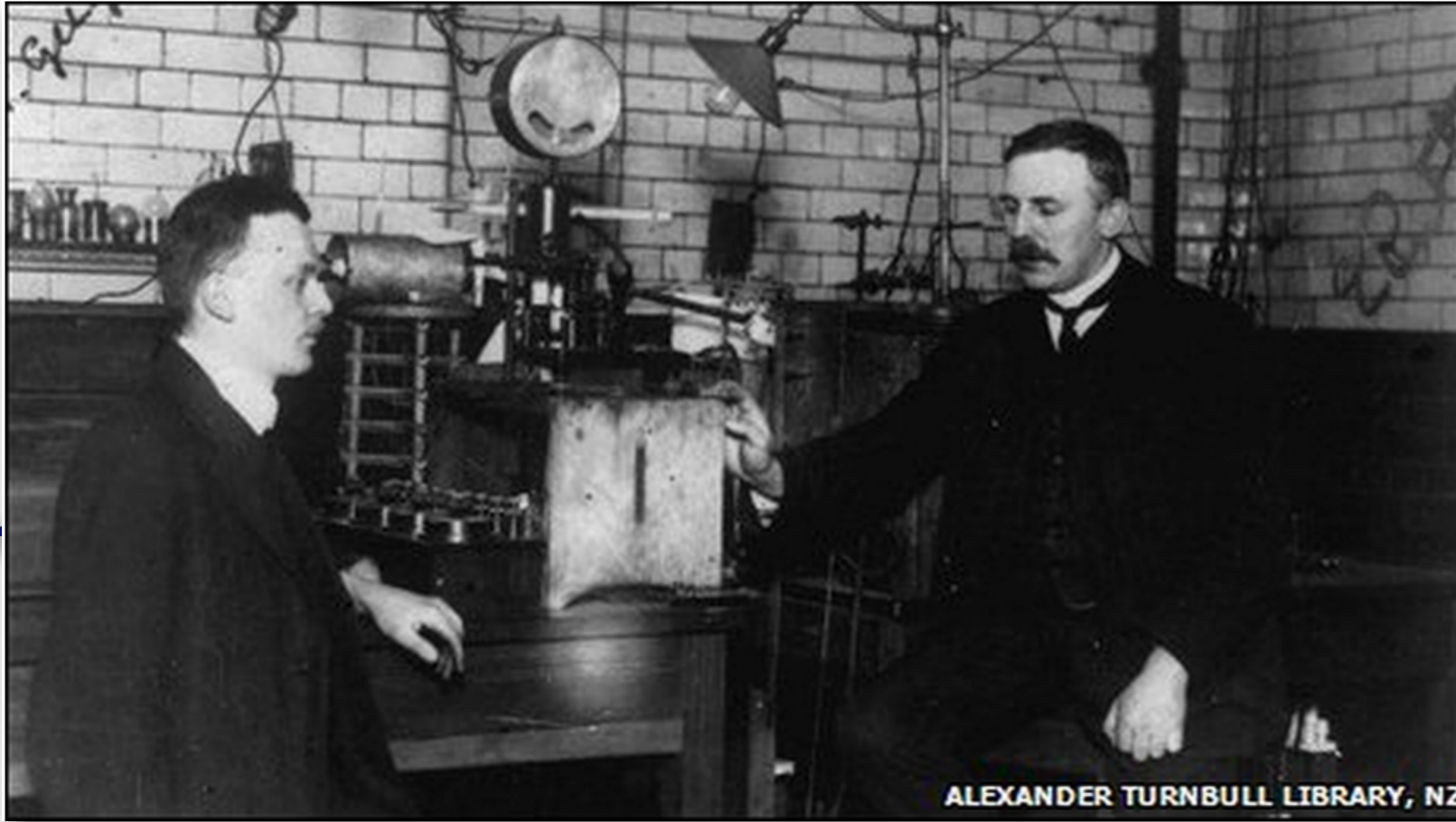
oznur.mete@cockcroft.ac.uk

oznur.mete@manchester.ac.uk

www.cern.ch/omete

Talent is cheaper than table salt. What separates the talented individual from the successful one is a lot of hard work.

Stephen King



Ernest Rutherford (sağda), Hans Geiger (solda). Manchester Üniversitesi fizik deneyevinde... 1913

- 1911** Alfa parçacıklarını keşfinden sonra **Rutherford, Geiger** ve öğrencisi **Marsden'e** doğal radyoaktif maddelerden gelen bu parçacıkları kullanarak maddeyi incelemeleri konusunda yönlendirdi. Sonuçta ünlü altın yaprağı deneylerinden sonra atomun yapısı yeniden tanımlandı.
- 1919** Alfa parçacıkları ile azot gazını bombalanması ile bir miktar hidrojen açığa çıktığını gösterdi. Bu ilk yapay çekirdek bozunumudur... Buna doğal kaynaklardan çok daha yüksek enerjili “**bereketli bir parçacık kaynağı**” adını verdi. **Böylelikle parçacık hızlandırıcıları çağı başlamış oldu...**

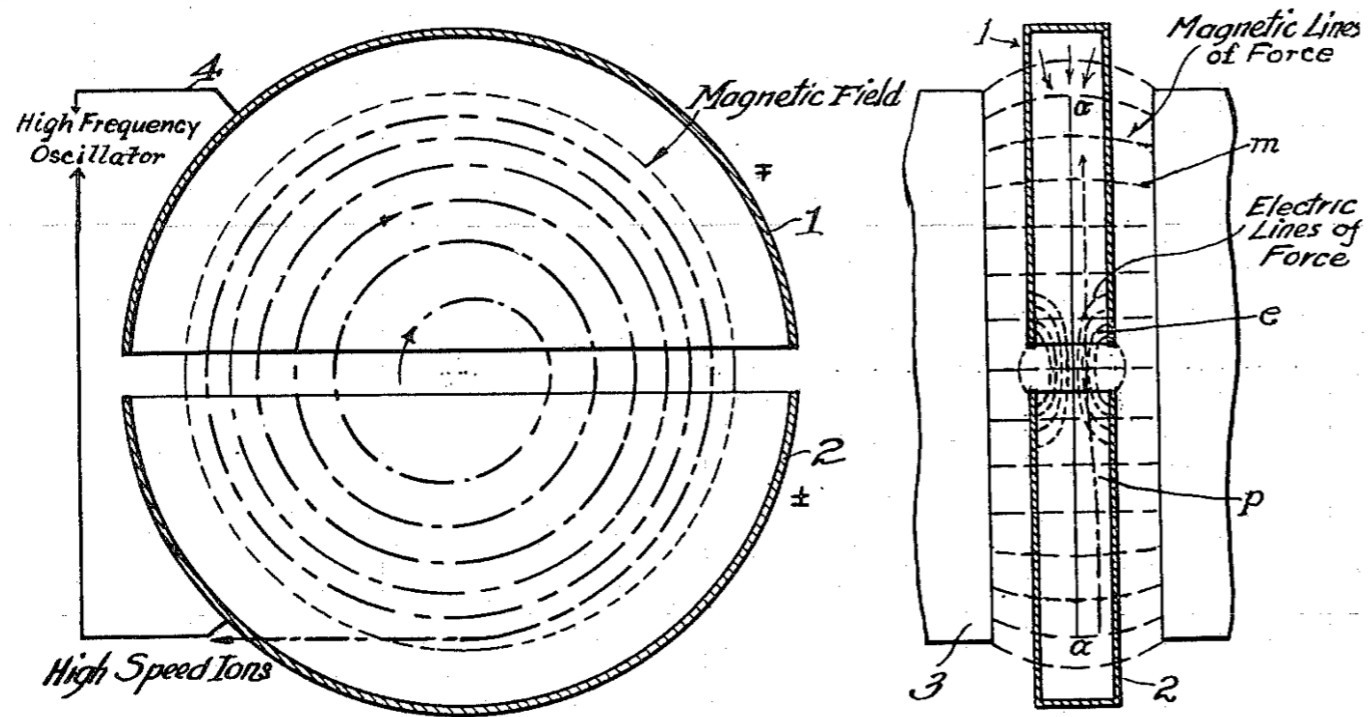


Robert Van de Graaff, Princeton Üniversitesi'nde Van de Graaff gerilim üreticini geliştirdi. Daha sonra da, 1959'da Chalk River'da, ilk ardarda dizilmiş (birbirini izleyen iki üretçi) hızlandırıcıyı yaptı.

1929

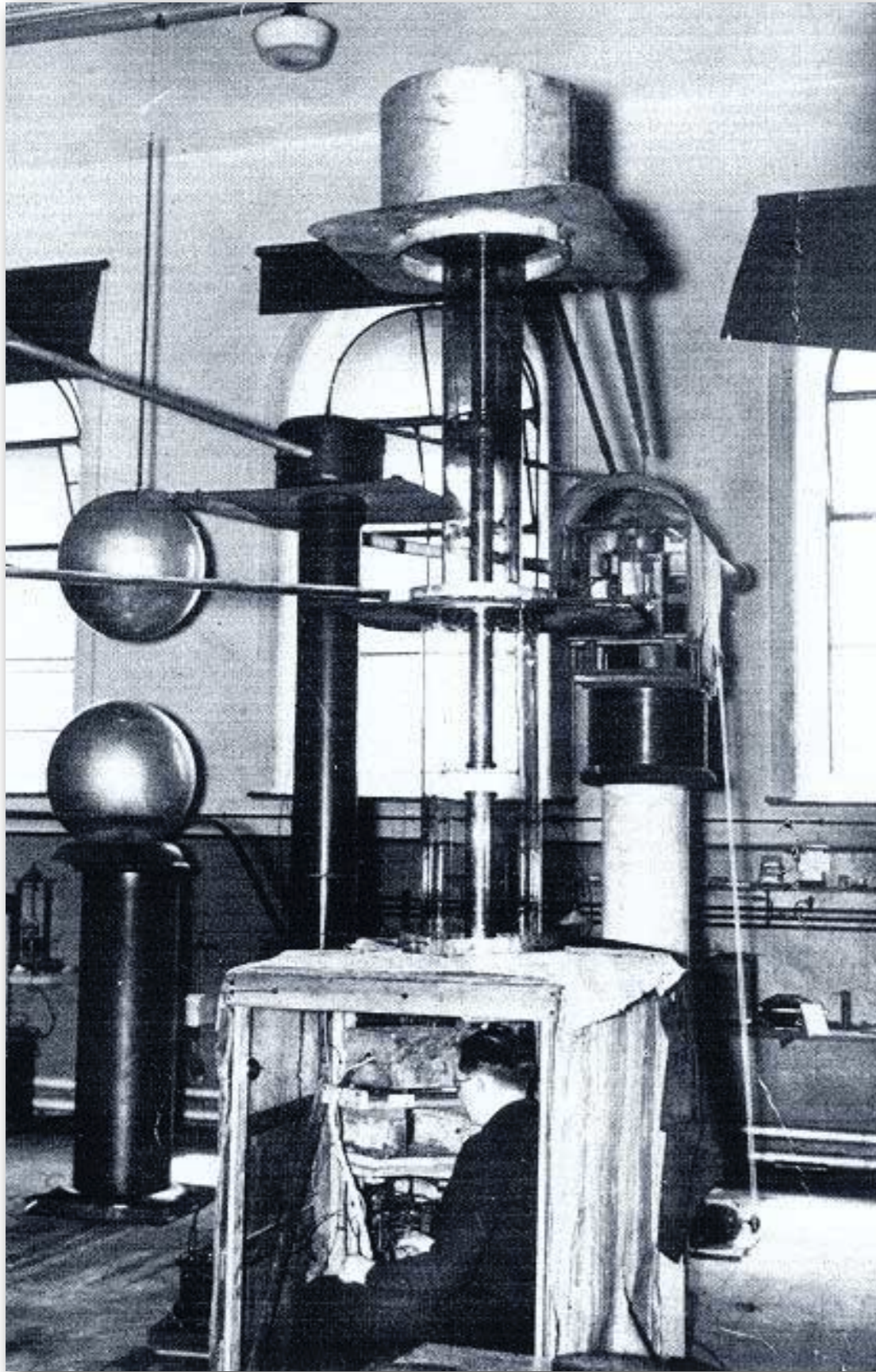
1930

Ernest Lawrence, Berkeley, Kaliforniya Üniversitesi'nde döndürgeci buldu. O ve öğrencisi Stanley Livingstone yaklaşık 10 cm çapında bir döndürgeç yaptılar.



Tüm hızlandırıcılar parçacıkları ivmelendirmek için hareket doğrultusuna paralel elektrik alanları kullanır. Demet yörüngesinin bükülmesi ise hareket yönüne dik magnetik alanlar ile yapılır.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = e(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

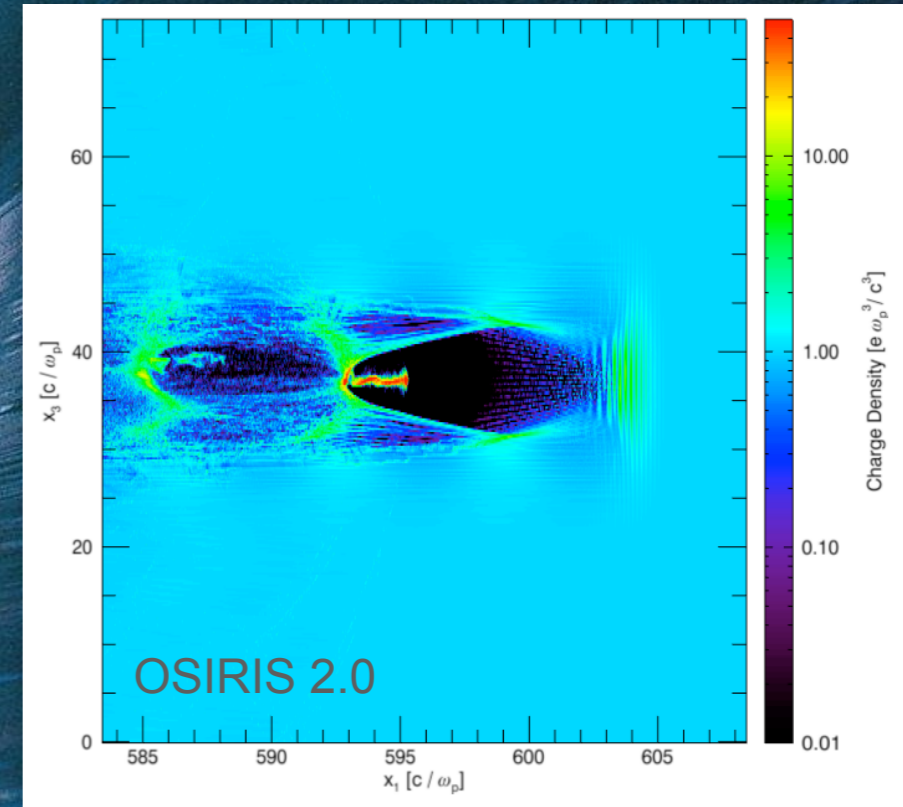
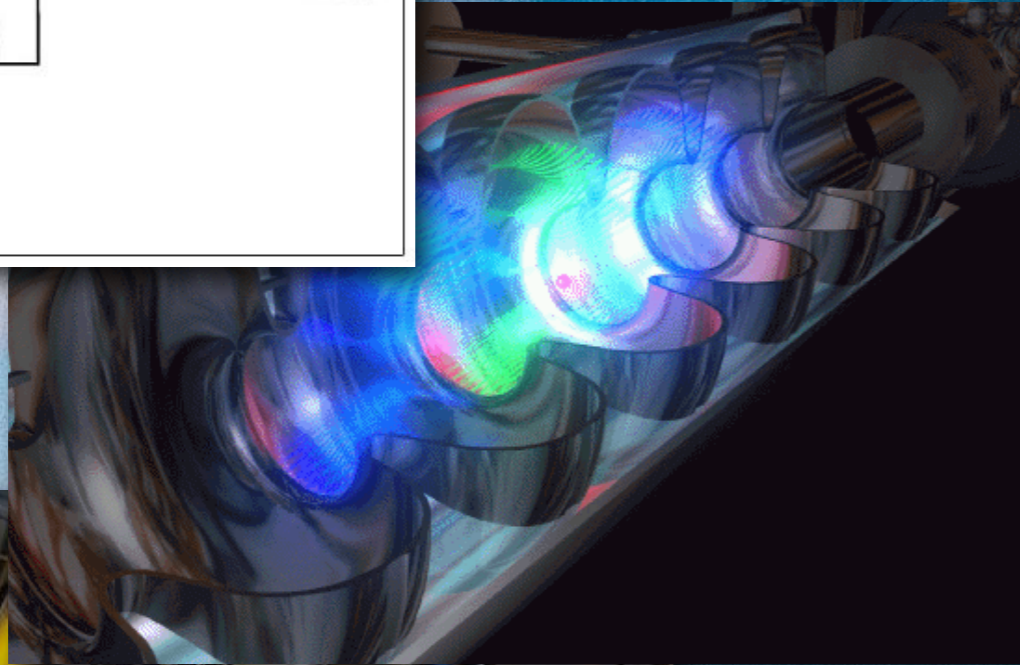
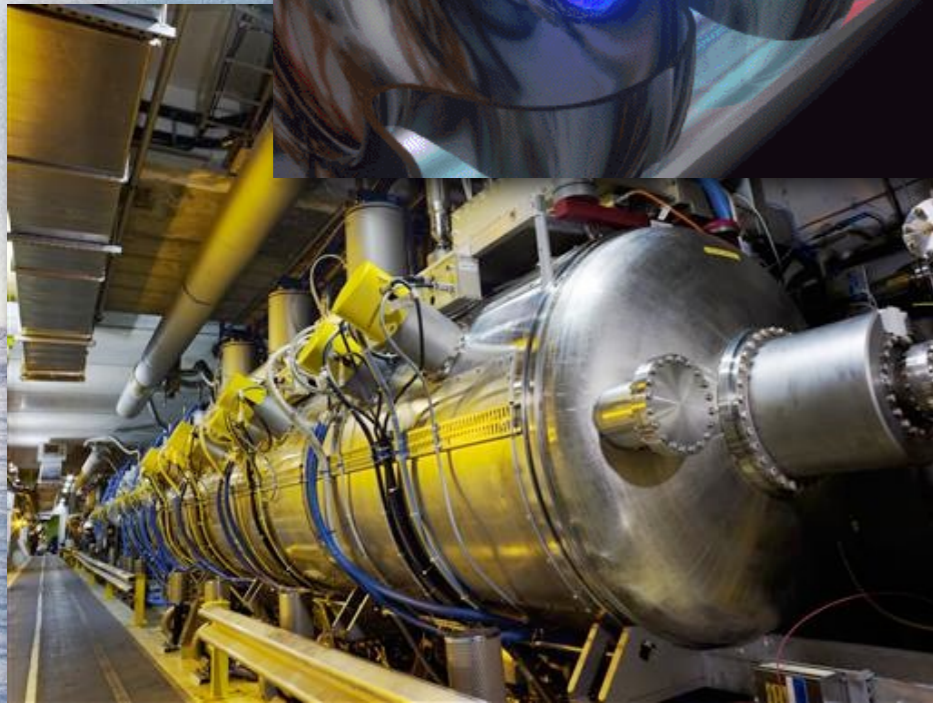
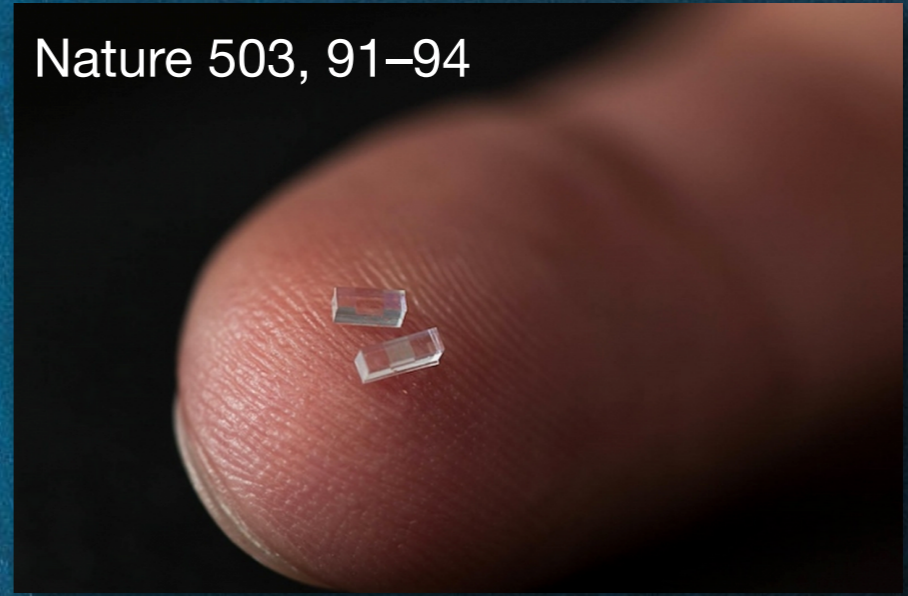
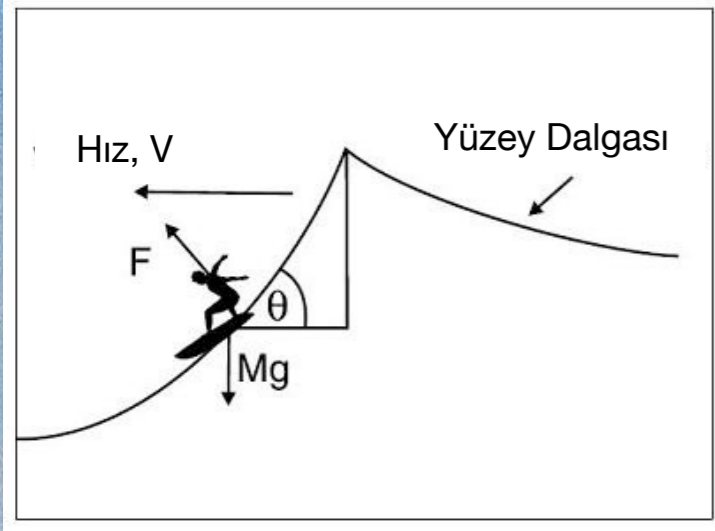


John **Cockcroft** ve Ernest **Walton**, Cavendish deneyevinde (Cambridge, İngiltere), **Cockcroft-Walton elektrostatik hızlandırıcısını** yaptılar. Bu hızlandırıcı ilk insan yapımı çekirdek reaksiyonlarını sağlamakta kullanıldı.

1932

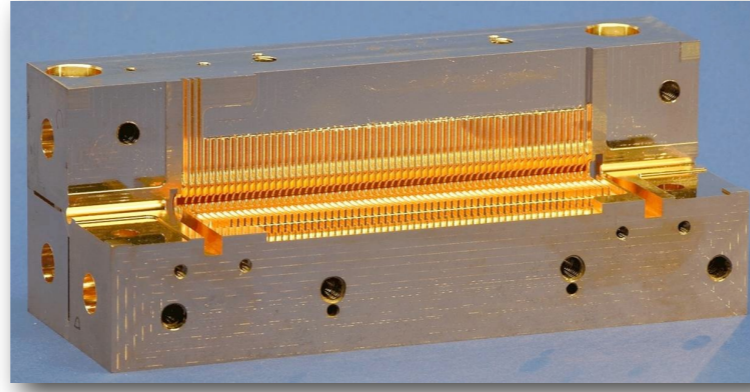
Hızlandırıcılar

Modern hızlandırıcılar yüksek enerjilere çıkmak için, güçlü RF (radyo-frekansı) sistemler kullanır.

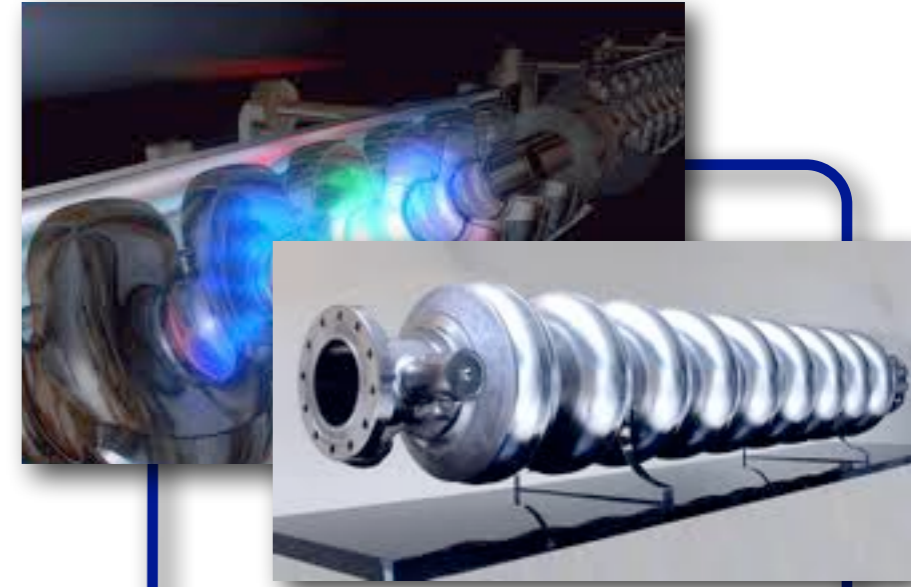


Nature 445, 91–94

Alvarez



CLIC, CERN



TESLA, DESY

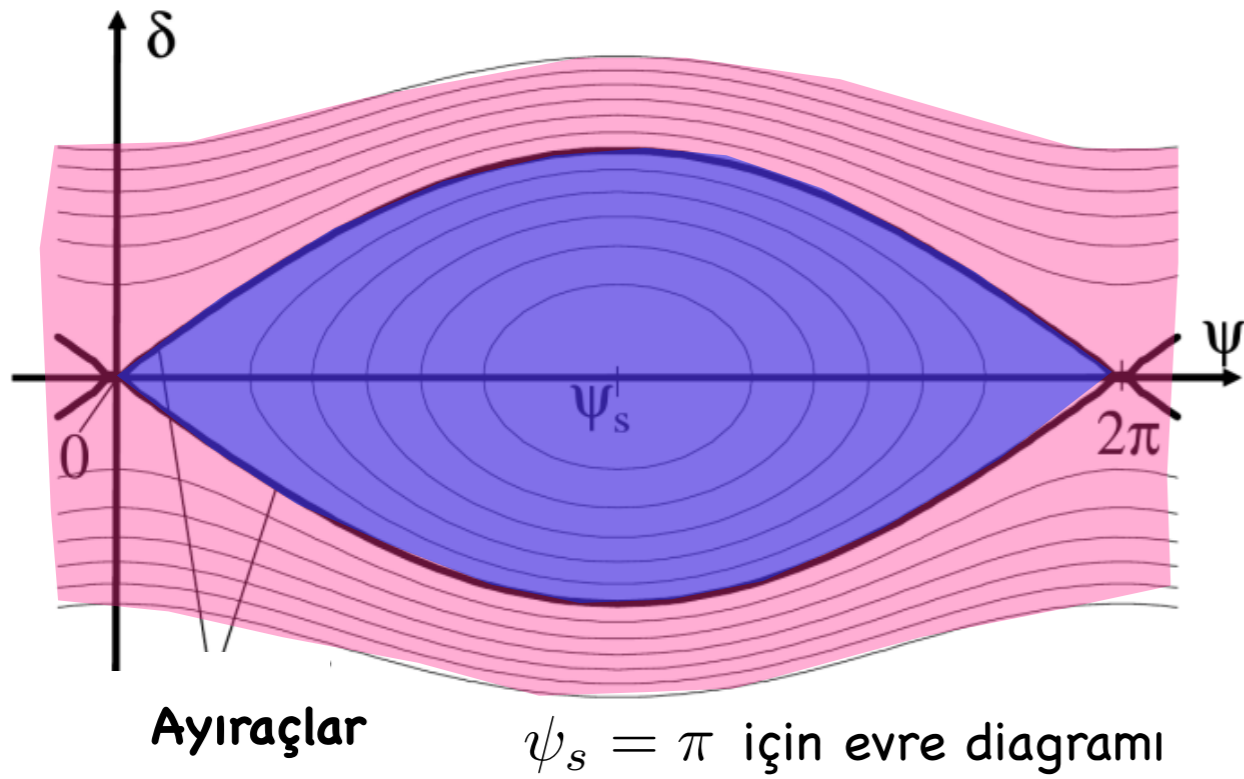
- ▶ RF yapı ya da RF kovuk, içinde sürücü RF frekansında elektromagnetik dalgalar uyarılabilen bir rezonans kovuğudur. Yaygın olarak, depolama halkalarında duran dalga kovuğu, doğrusal hızlandırıcılarda ise ilerleyen dalga kovuğu kullanılır.
- ▶ Proton doğrusal hızlandırıcılarında kovukların tasarımı ve frekansı parçacıklar hızlandıkça değişir. Çünkü parçacıkların hızlarının değişmesi ile kovuk boyunca ve kovuklar arasında geçiş zamanı değişecektir.
- ▶ Elektron doğrusal hızlandırıcılarında ise, ilk hızlandırma bölümü düşük hızlara göre özel bir tasarıma sahipken, hızlandırıcının geri kalanı ışık hızındaki parçacıklar için tasarlanır.



LEP, CERN

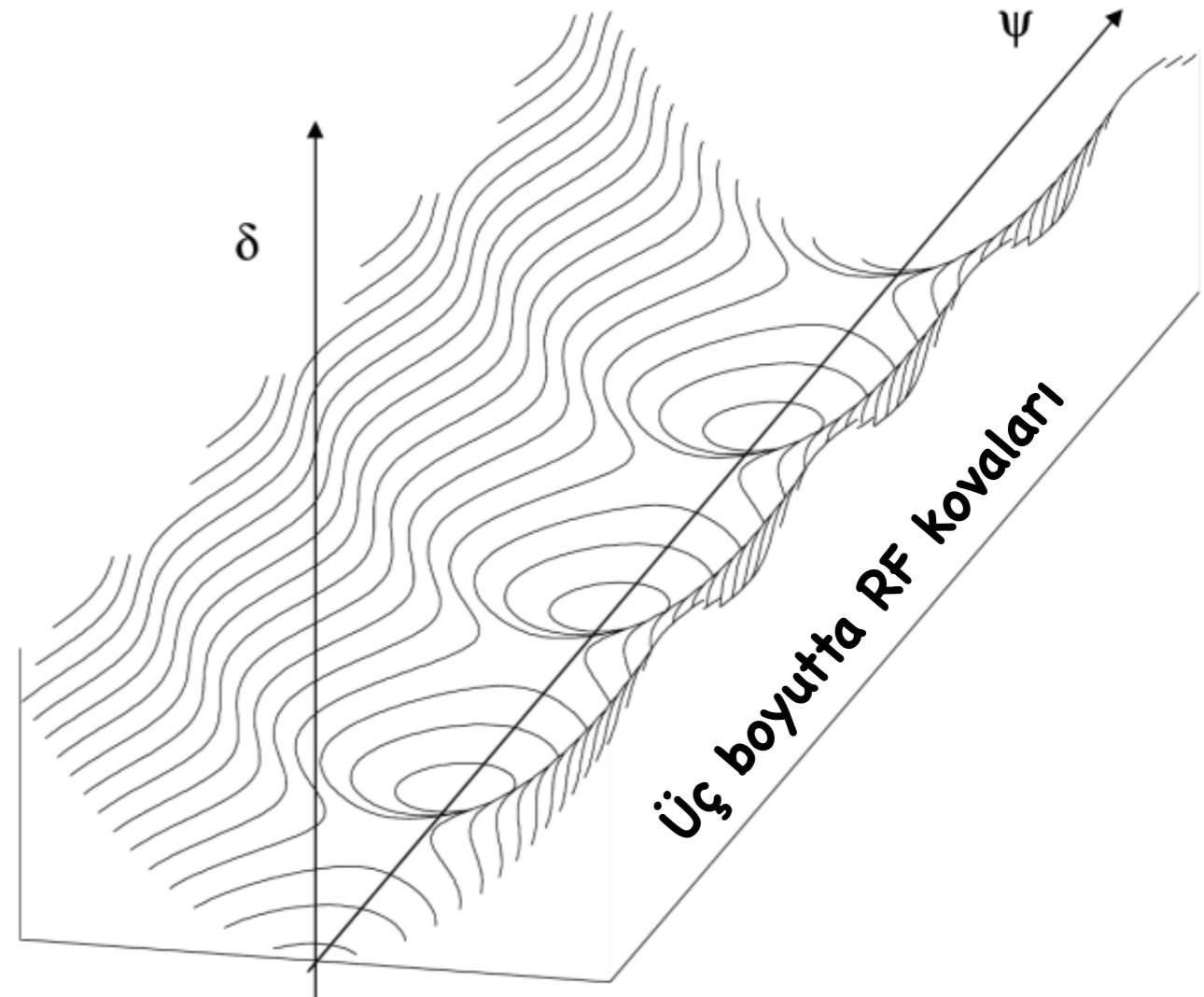


1.3 GHz'de, 30 MW tepe, 60 kW ortalama güce sahip bir klystron. Resim: Thales

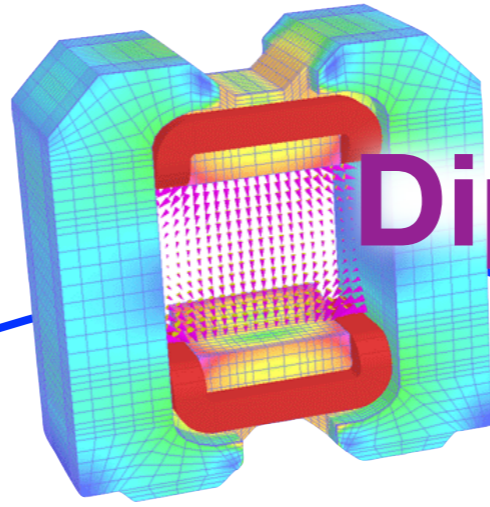


Evre uzayında, **dönme** ve **salınım** bölgelerini ayıran varsayımsal çizgilere **ayıraç (seperatrix)** denir.

- ▶ Ayıraçlar içindeki parçacık hareketi **kararlıdır**.
- ▶ Bu gösterimde Hamiltonian'ın kosinüslü terimi potansiyel kuyusunun **odaklama özelliğini** göstermektedir.
- ▶ Bu ayıraçlarla belirlenmiş **"kararlılık adalarına"** "RF kovası" (RF bucket) da denir.



Yüksek enerjilerdeki parçacıkların yörüngeleri magnetik alanlarla kontrol edilir.



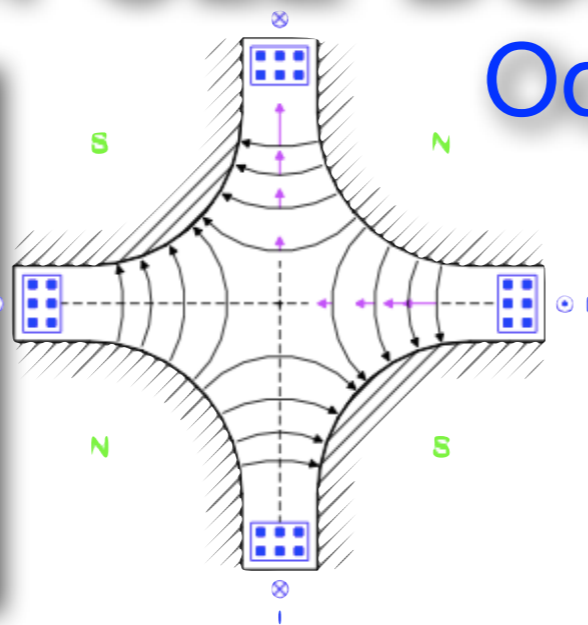
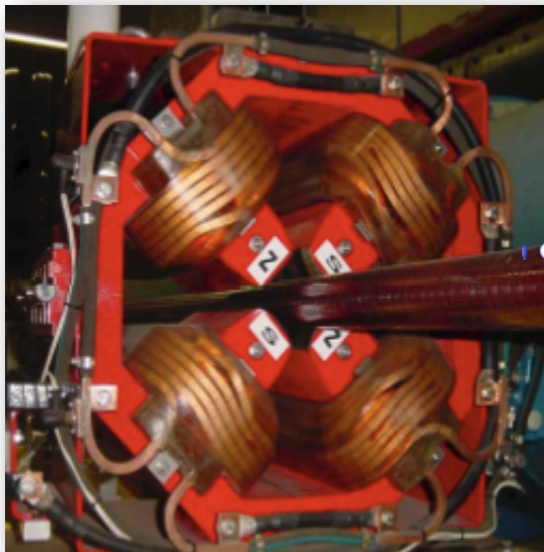
Dipole - İki kutuplu Eğici Miknatis



$$F_{Lorentz} = \frac{mv^2}{r}$$

QUADRUPOLE-DÖRT KUTUPLU

Odaklayıcı Miknatis



Altı kutuplu, sekiz kutuplu, ...

Demetin enine ölçüleri, demetin gezinge yarıçapına (\sim hızlandırıcının çevresi) göre küçük olduğu için magnetik alanı ideal gezinge (trajectory) civarında seriye açabiliriz.

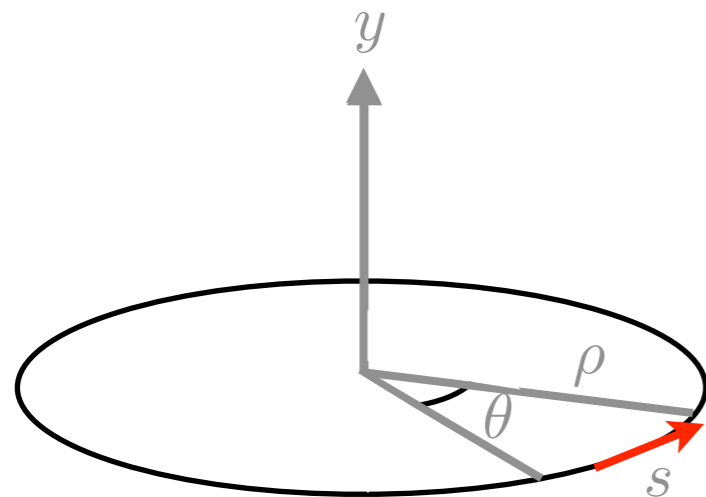
$$\text{Taylor Açılımı: } f(x) = f(x_0) + \frac{(x - x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x - x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \dots$$

B magnetik alanının demetin ilerleme eksenine dik eksen civarında Taylor açılımına bakalım:

$$B_y(x) = B_{y0} + \frac{dB_y}{dx} x + \frac{1}{2!} \frac{d^2 B_y}{dx^2} x^2 + \frac{1}{3!} \frac{d^3 B_y}{dx^3} x^3 + \dots$$

momentuma normalize edelim, p/e

$$\frac{B(x)}{p/e} = \frac{B_0}{B_0 \rho} + \frac{g}{p/e} x + \frac{1}{2!} \frac{g'}{p/e} x^2 + \frac{1}{3!} \frac{g''}{p/e} x^3 + \dots$$



dairesel koordinat sistemi

$$\frac{B(x)}{p/e} = \frac{1}{\rho} + kx + \frac{1}{2!} mx^2 + \frac{1}{3!} ox^3 + \dots$$

Yarıçapsal ivmelenme

$$a_r = \frac{d^2 \rho}{dt^2} - \rho \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2$$

İdeal yörünge

$$\rho = \text{constant} \quad \frac{d\rho}{dt} = 0$$

$$F = m\rho \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 = m\rho\omega^2$$

$$F = mv^2 / \rho = m\rho\omega^2$$

Genel gezinge

$$\rho \rightarrow \rho + x$$

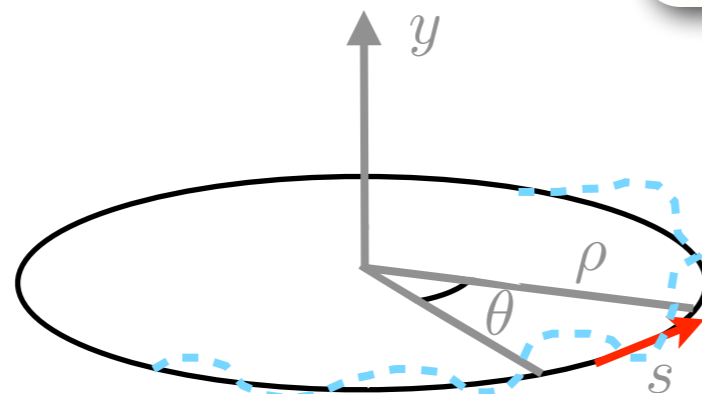
$$F = m \frac{d^2}{dt^2} (x + \rho) - \frac{mv^2}{x + \rho} = eB_y v$$

$$\frac{d^2}{dt^2} (x + \rho) = \frac{d^2}{dt^2} x$$

$$x \approx \text{mm} \quad \rho \approx \text{m}$$

$$\frac{1}{x + \rho} \approx \frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho} \right)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho} \right) = eB_y v$$



Dairesel koordinat (eşgüdüm) sistemi

Demetin hızlandırıcı boyunca hareketi

► Doğrusal yaklaşıma göre kılavuz alan $B_y = B_0 + x \frac{\partial B_y}{\partial x}$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = ev \left(B_0 + x \frac{\partial B_y}{\partial x}\right) \quad :m \quad \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{v^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{evB_0}{m} + \frac{evxg}{m}$$

► Bağımsız değişkenin değişimi: $t \rightarrow s$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt} \quad \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt} \right) = \frac{d}{ds} \left(\frac{dx}{ds} \frac{ds}{dt} \right) \frac{ds}{dt}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = x'' v^2 + \cancel{\frac{dx}{ds} \frac{dv}{ds}} v$$

$$x'' v^2 - \frac{v^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{evB_0}{m} + \frac{evxg}{m} \quad :v^2$$

$$x'' - \frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = \frac{eB_0}{mv} + \frac{exg}{mv} \quad mv=p$$

$$x'' - \frac{1}{\rho} + \frac{x}{\rho^2} = \frac{B_0}{p/e} + \frac{xg}{p/e} \quad g/(p/e)=k$$

$$x'' + x \left(\frac{1}{\rho^2} - k \right) = 0$$

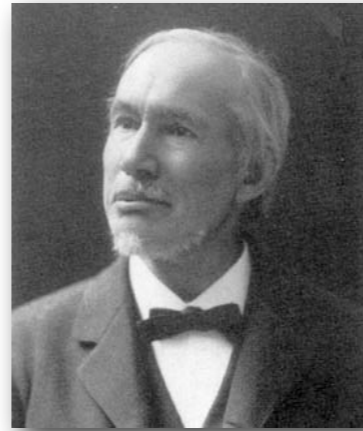
Özetle

- ▶ Doğrusal yaklaşım altında kılavuz alanı,
- ▶ Bağımsız değişken değişimi, parçacık momentumuna normalizasyon,

[önceki sayfa...](#)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{mv^2}{\rho} \left(1 - \frac{x}{\rho}\right) = eB_y v$$

$$x'' + x \left(\frac{1}{\rho^2} - k \right) = 0$$



Periyodik odaklama koşulları altında hareket denklemi...

George William Hill (1838 - 1914) Mathematician - Astronomer

<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Hill.html>

Hill Denklemi

$$x''(s) - k(s)x(s) = 0$$

$k(s)$ demek, odaklama özellikleri hızlandırıcı boyuncaki konuma bağlı demektir.

Genel Çözümü

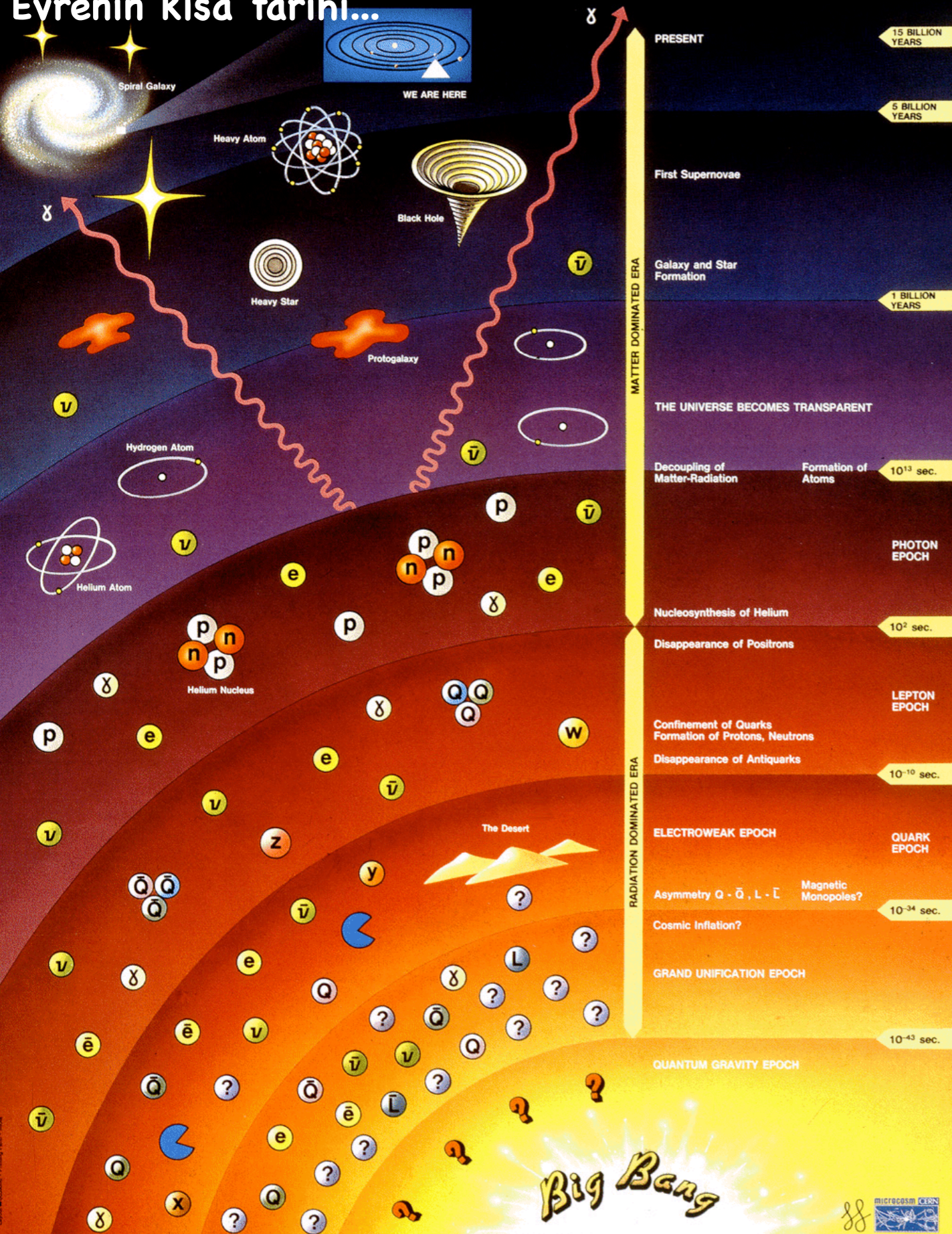
$$x(s) = \sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta(s)} \cos(\psi(s) + \phi)$$

- ▶ Yüksek enerji demetleri,
- ▶ Işınım kaynakları,
- ▶ Enerji üretimi,
- ▶ Kanslerle savaş,
- ▶ Sterilizasyon,
- ▶ Güvenlik,
- ▶ Malzeme bilimi,
- ▶ RF güç üretimi,
- ▶ ...

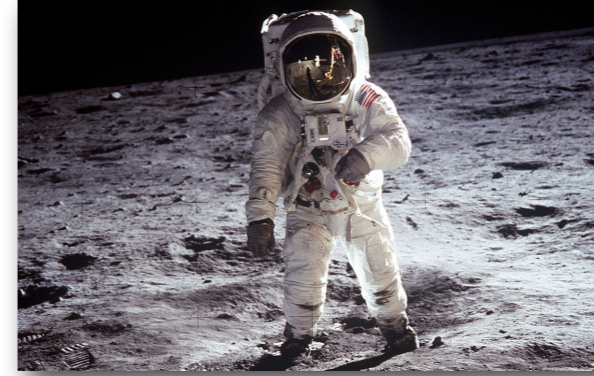
Evrenin sırlarını çözmekle ilgili akademik ve/veya insani meraktan kaynaklanan etkinlikler.

Kısa vadede Evren'e ve canlı dostlarımıza borçlu olduğumuz "bilinç vergisi".

Eyrenin kısa tarihi...



► Büyük patlamadan 15 Milyar yıl sonrasını biliyoruz...



► Büyük patlamadan 10^{-12} s sonrasını nasıl görebiliriz?



► Büyük patlamadan 10^{-12} s sonrasında nasıl görebiliriz?

► Erken evrende varolan parçacıklar bu deneylerde üretilebilir.

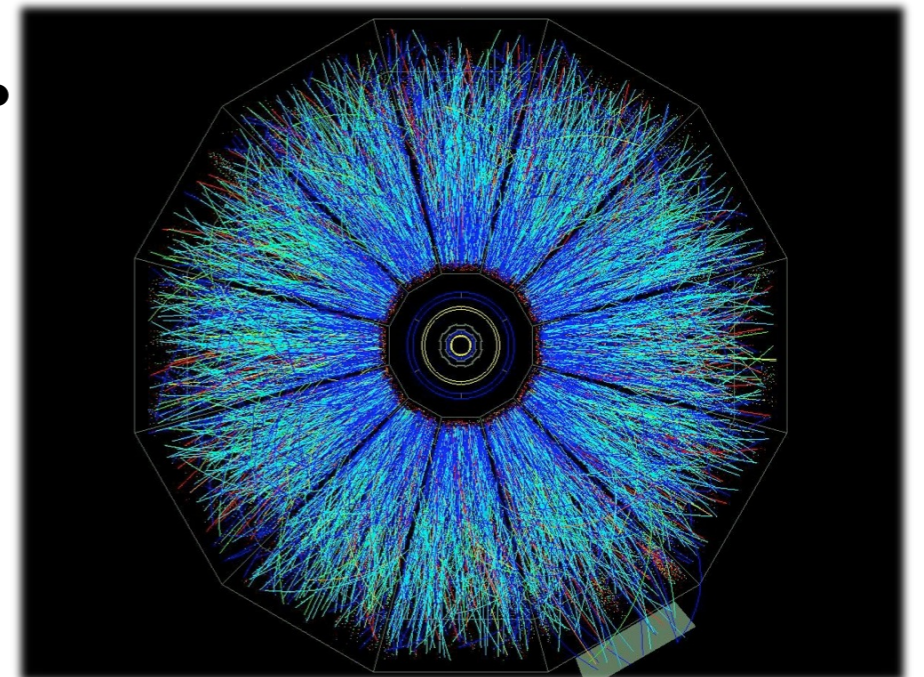
**Hızlandırıcılar
ve
çarpıştırıcılar**

$$E = mc^2$$

- Parçacıkları hızlandıralım ve yüksek enerjilerde çarpıttıralım.
- Sonuçları gözlemleyelim.

Algıçlar

► Bu parçacıkların yeraldığı etkileşimleri inceleyerek evreni yöneten yasalar en temel düzeyde anlaşılabilir.



Neden yüksek enerjilere çıkmak istiyoruz?

Hızlandırıcı fiziği ve teknolojisi açısından iki anahtar kavram:
Kütle merkezi enerjisi ve Işınlık

Sabit hedef deneyleri

$$E_{cm} = \sqrt{2E_{demet}m_{hedef}c^2}$$

Çarpışan demetler

$$E_{cm} = 2E_{demet}$$

Yüksek kütle merkezi enerjisi

► Yüksek alan gradyeni

- Fiziksel sınır: RF kırılma
- Demete verilecek yüksek enerji: Güç kaynağı
- Verimlilik
- Teknolojiler: Klystronlar, yüksek frekanslı, yüksek gradyenli hızlandırıcılar, ikili-demet ile hızlandırma (~ 100 MV/m), plasma girdabı ile hızlandırma (~ 100 GV/m).

► Yüksek magnetik alan

- Teknoloji: Üstüniletken magnetler (8 Tesla @ CERN/LHC)

Neden yüksek enerjilere çıkmak istiyoruz?

Hızlandırıcı fiziği ve teknolojisi açısından iki anahtar kavram:

Kütle merkezi enerjisi ve Işınlık

$$\mathcal{N}_{deney} = \sigma_{deney} \times \int \mathcal{L}(t) dt \quad \mathcal{L} = f \frac{n_1 n_2}{4\pi \sigma_x \sigma_y}$$

Olay sayısı

Tesir kesiti

Anlık ışınlık

Yüksek ışınlık

- ▶ Yörünge ve/veya gezinge: Demet tüm hızlandırıcı boyunca her zaman ideal yörüngeye yakın bir konumda olmalıdır.
 - Bu da demetin genişliğinin ve açısal sapmasının küçük olmasını gerektirir.
 - Parçacıkların doğru zamanda doğru konumda olması önemlidir. Böyle parçacıklar bohçalar halinde kararlı bir şekilde hareket eder.
 - Ayrıca demet içindeki parçacıkların enerji dağılımının da küçük olması gerekir.

2008 – Bugün



The Nobel Prize in Physics 2013



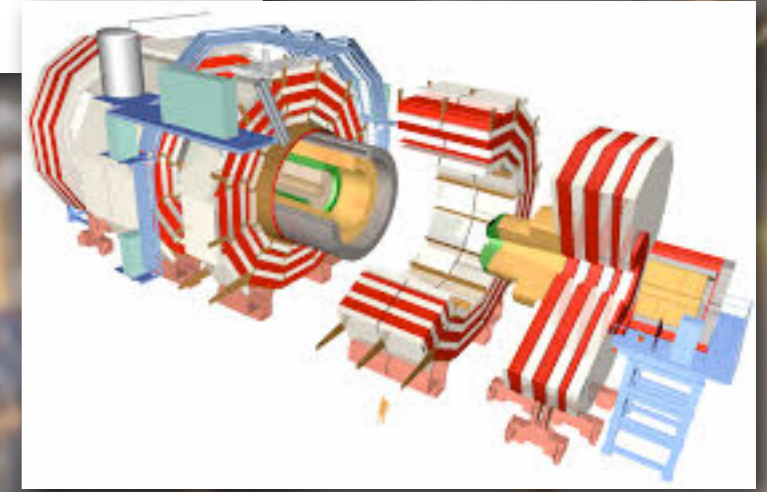
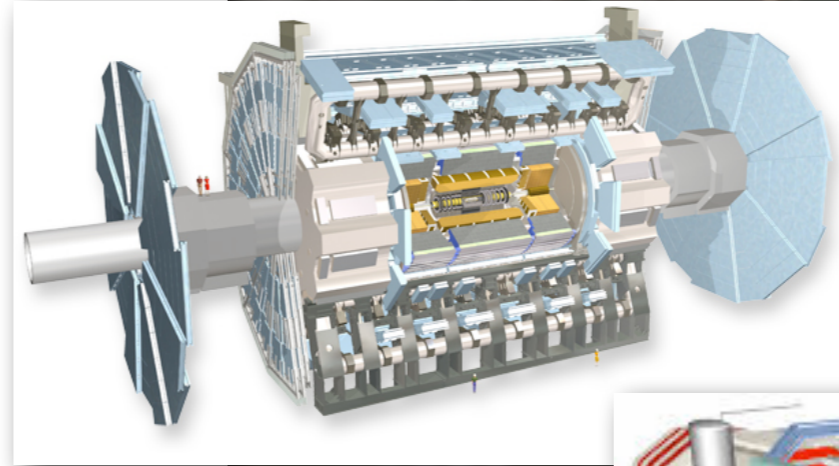
Photo: Pnicolet via Wikimedia Commons

François Englert



Photo: G-M Greuel via Wikimedia Commons

Peter W. Higgs



The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs *"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"*

Başvurulabilecek temel kaynaklar:

Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons

F. Englert and R. Brout

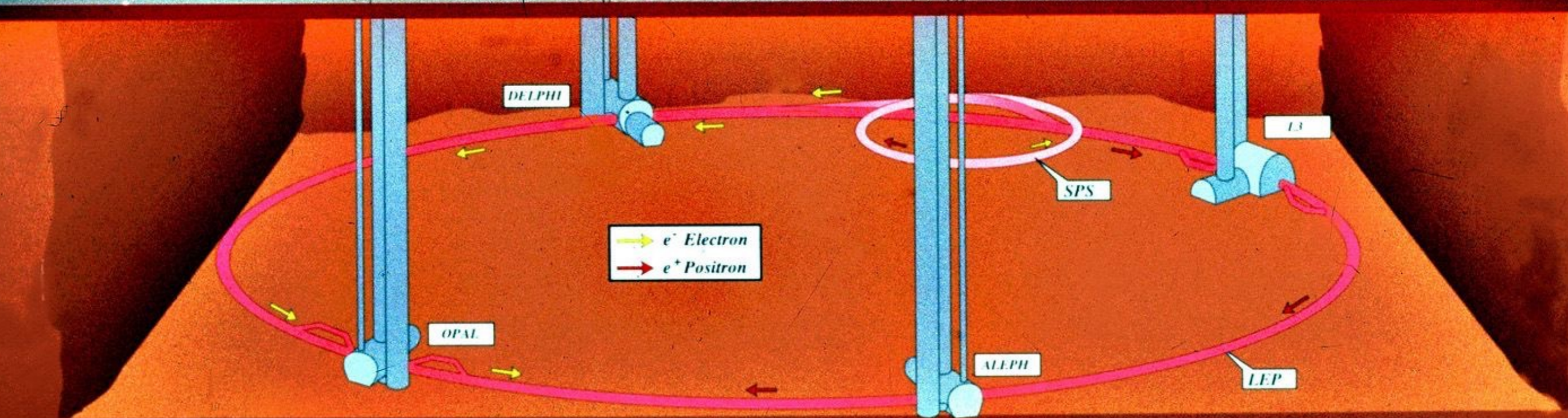
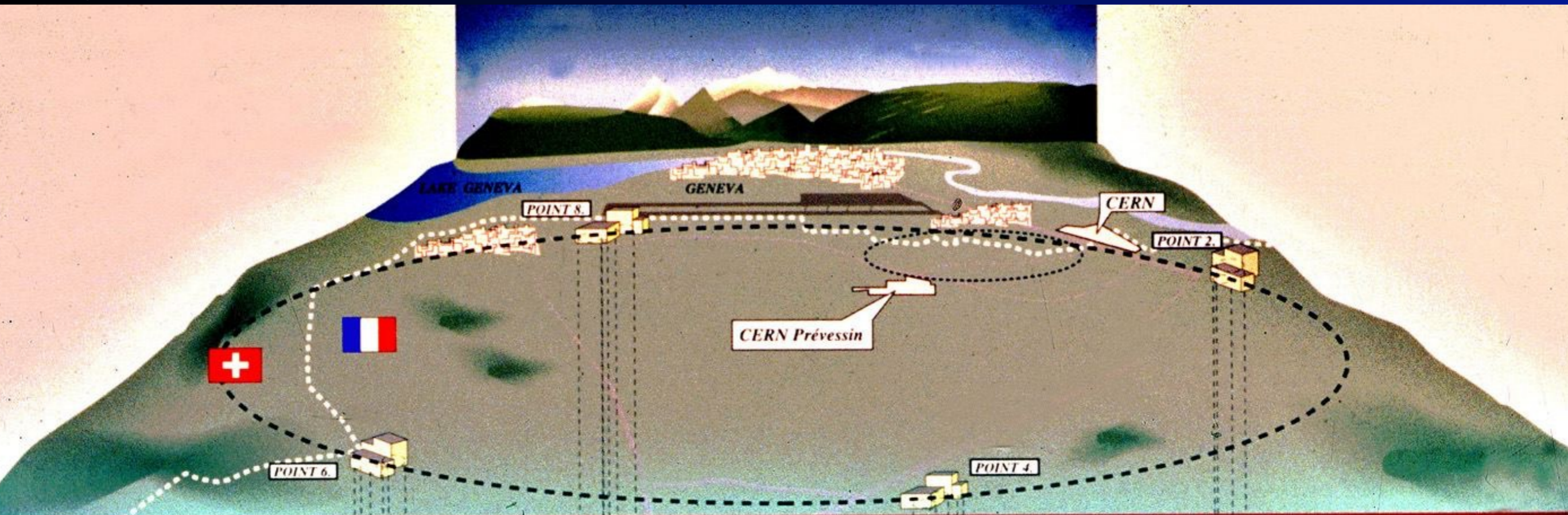
Phys. Rev. Lett. 13, 321 (1964)

Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons

Peter W. Higgs

Phys. Rev. Lett. 13, 508 (1964)



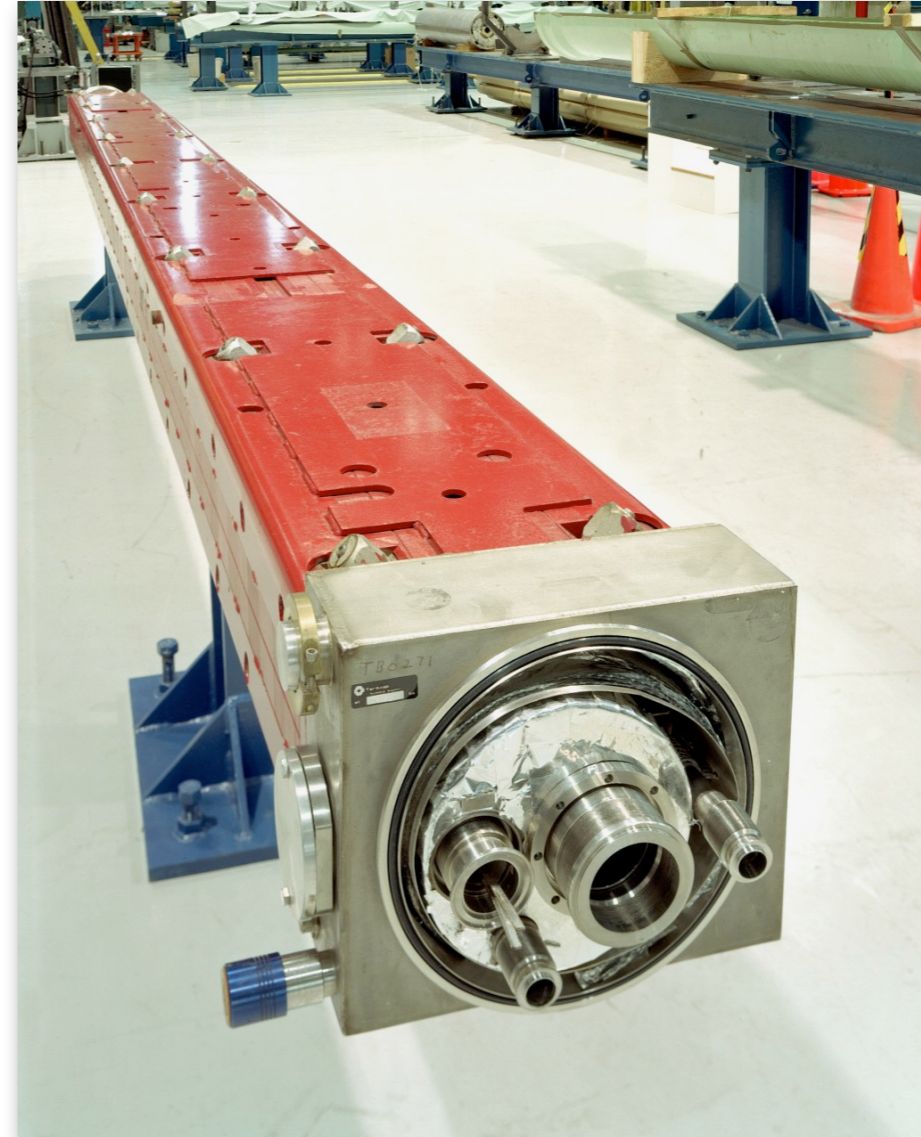


1989-2000

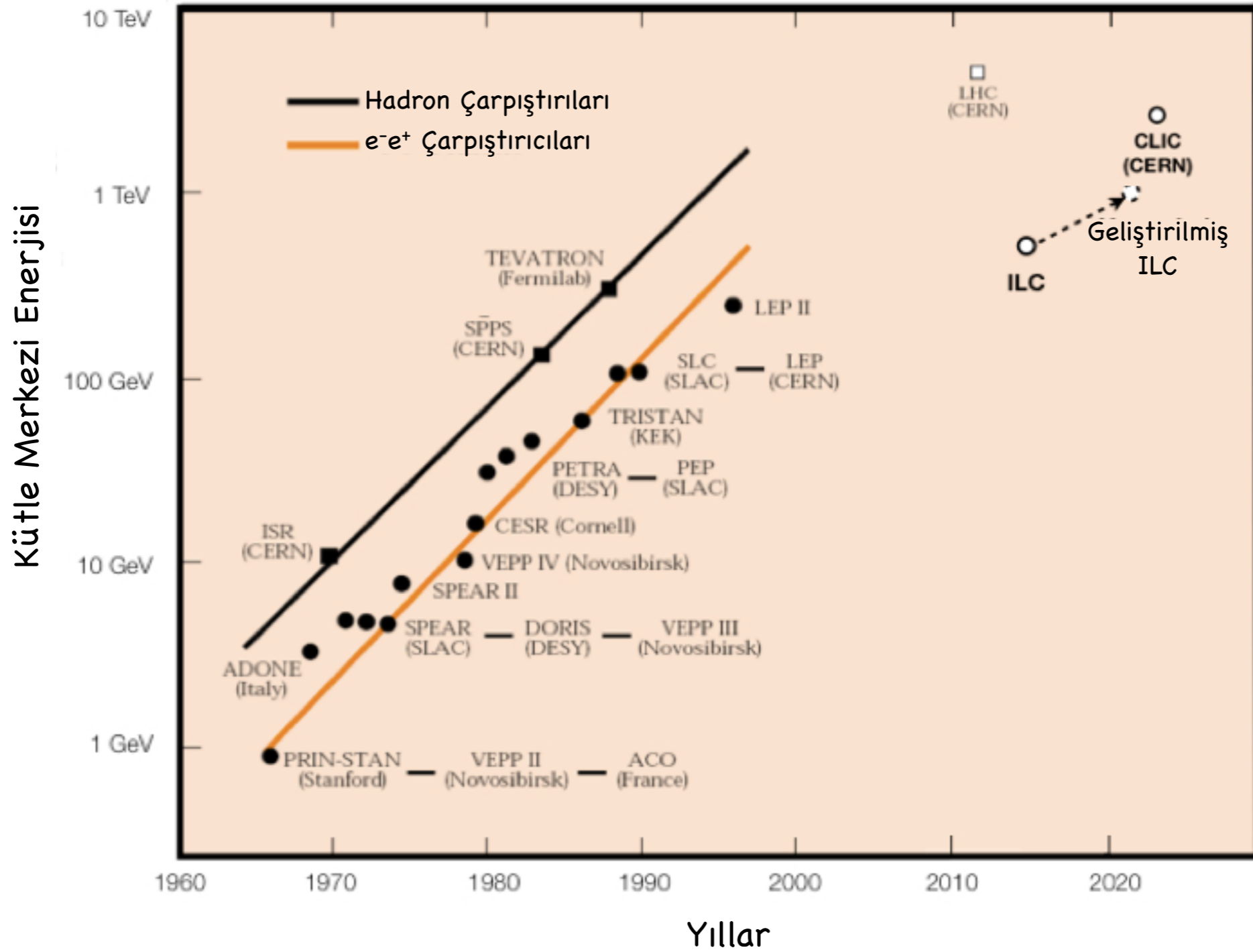
Standart model için hassas ölçümler ve yeni fizik arayışı...

Üstüniletken magnet teknolojisini kullanan ilk büyük hızlandırıcı, Fermilab'da işletildi.

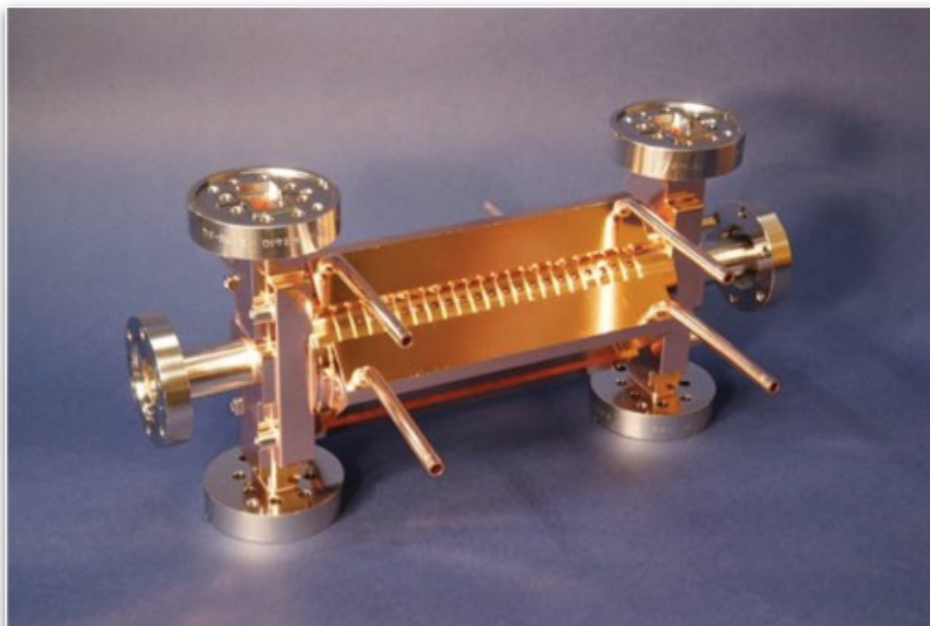
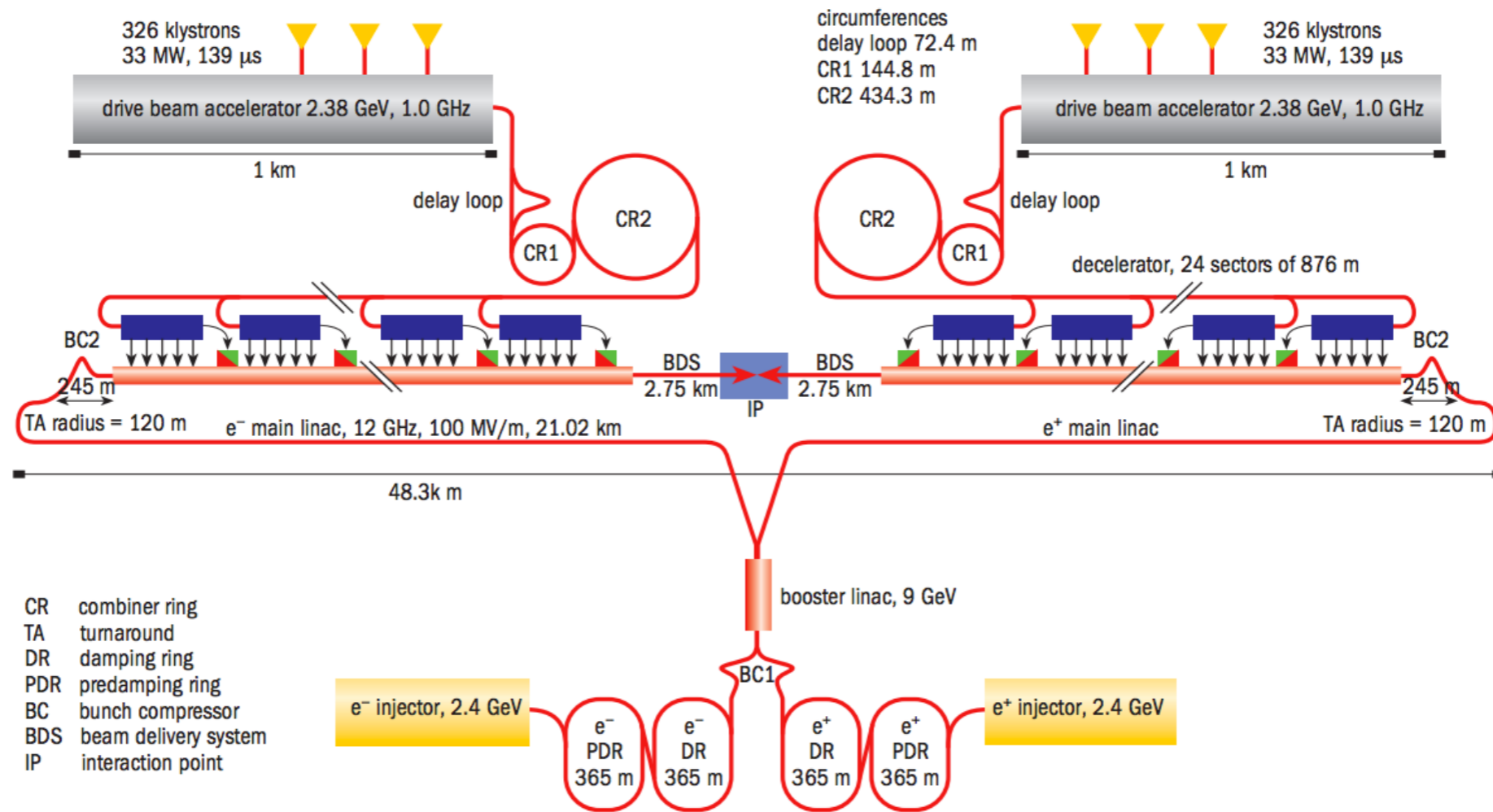
1983



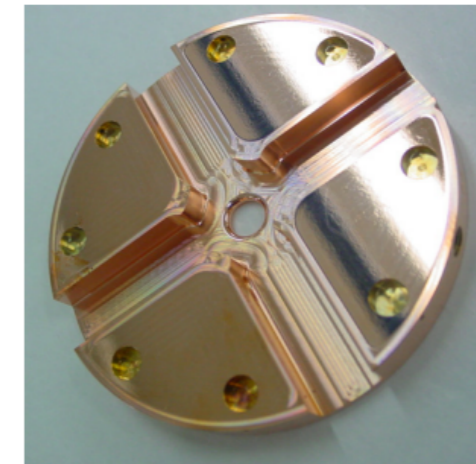
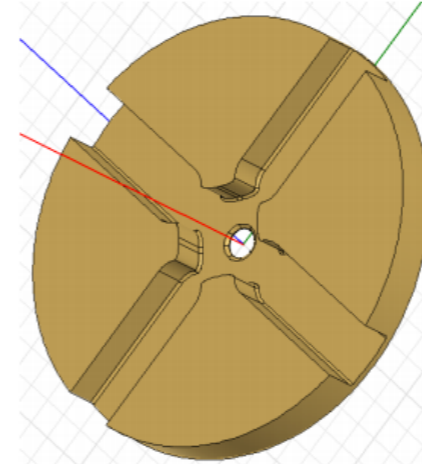
S. Livingstone'ın hazırladığı çizelgeden güncelleştirilmiştir.



Normal iletken metalik teknolojinin limiti



100 MV/m, 12 GHz



“ILC in Japan”



YEARS/ANS CERN

- ▶ International Workshop on Future Linear Colliders
<http://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/lcws13/>
- ▶ Japonya ILC'yi Japonya'da yapmak istiyor, kesin kararlarını birkaç yıl içinde verecekler...

“LHeC”

- ▶ CERN'den olur almışken ilginç bir şekilde inişe geçti.
- ▶ European Strategy for Particle Physics raporunda öncelikli projeler arasında yer almadı.

“CLIC”

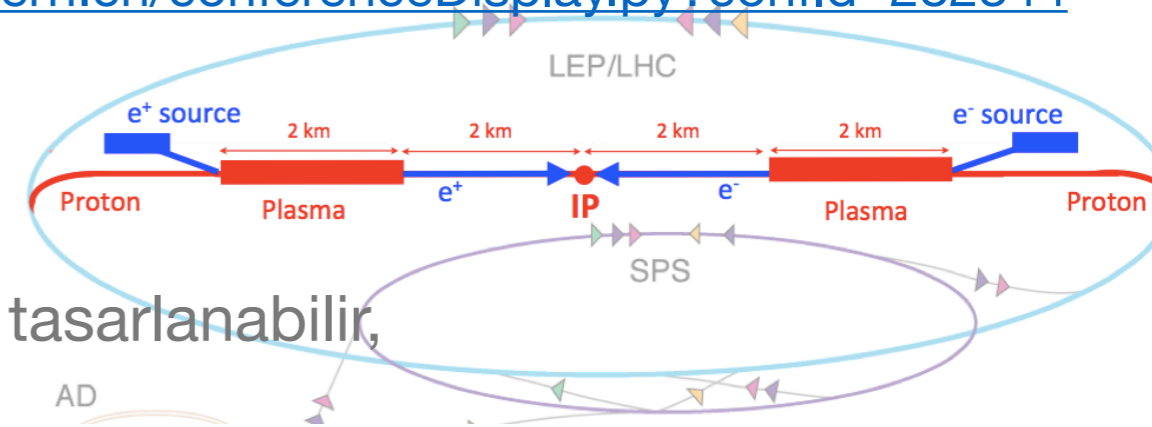
- ▶ “Compact Linear Collider” test evresi 2016'da sona eriyor...
- ▶ Yüksek gradyenli, normal iletken hızlandırma kavimleri ve ikili demet hızlandırma gibi CLIC teknolojileri başarı ile test edildi ve onaylandı. CLIC teknolojisi ile FEL...

FCC Future Circular Colliders

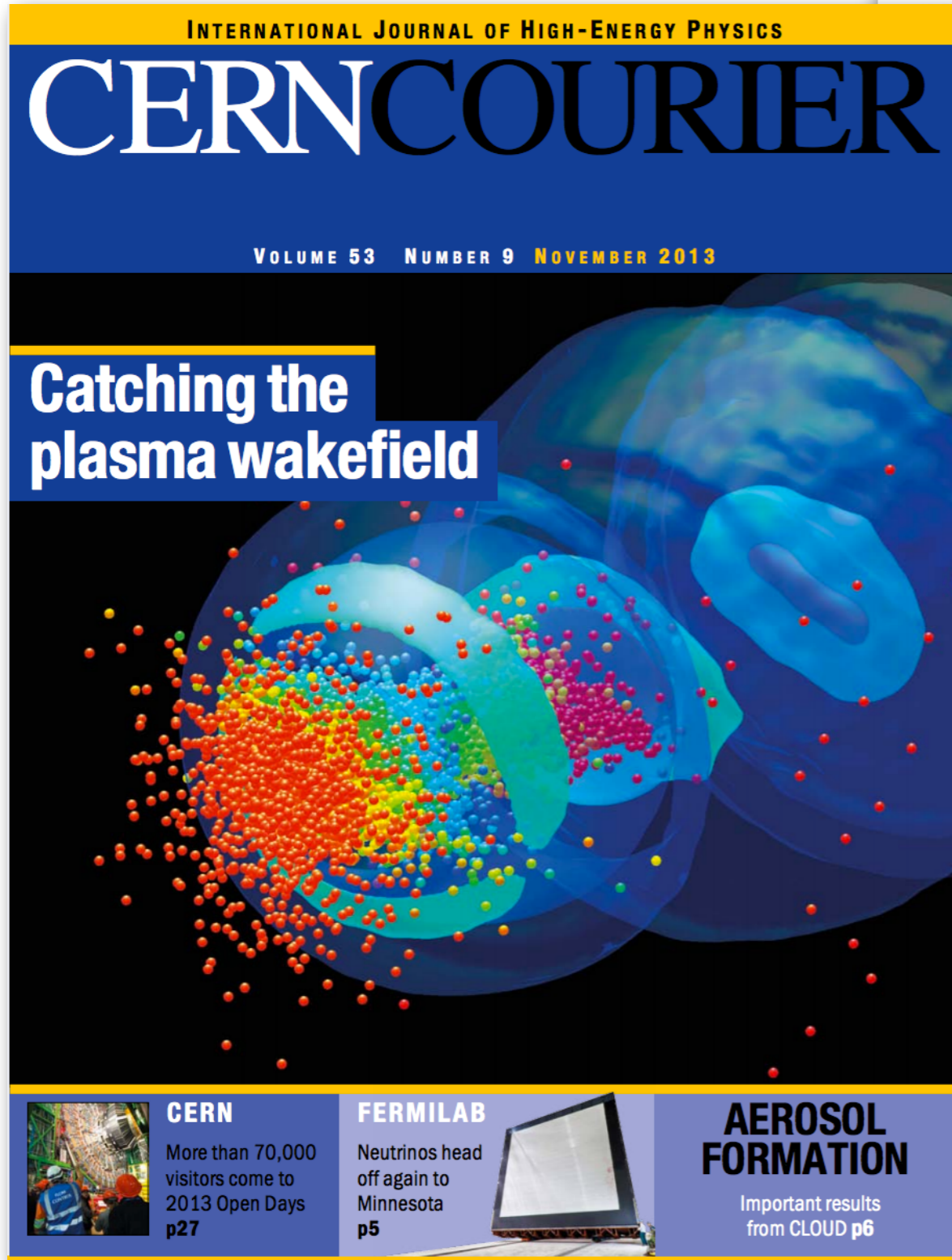
- ▶ CERN'de 80-100km'lik tünel içerisine kurulacak bir pp çarpıştırıcısı.
- ▶ Daha sonra e^-e^+ (TLEP) ve e^-p (VLHeC) çarpıştırıcısına dönüştürülmesi olasılığı da var.
- ▶ Kavramsal tasarımı ile ilgili bir konuşma: <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=1&sessionId=5&resId=1&materialId=slides&confId=257713>
- ▶ FCC kick-off toplantısı (12-15 Şubat 2014): <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=282344>

“Blue Sky”

- ▶ Alternatif hızlandırma teknikleri kullanılan çarpıştırıcılar,
- ▶ Ör: Proton sürümlü plazma ardıl alanı ile hızlandırma,
- ▶ Sürücü demet LHC protonları ile sürülen çarpıştırıcılar tasarlanabilir,
- ▶ e^-e^+ ve e^-p seçenekleri sunuyor.



Plazma Ardıl Dalgaları ile Hızlandırma



VOLUME 43, NUMBER 4

PHYSICAL REVIEW LETTERS

23 JULY 1979

Laser Electron Accelerator

T. Tajima and J. M. Dawson

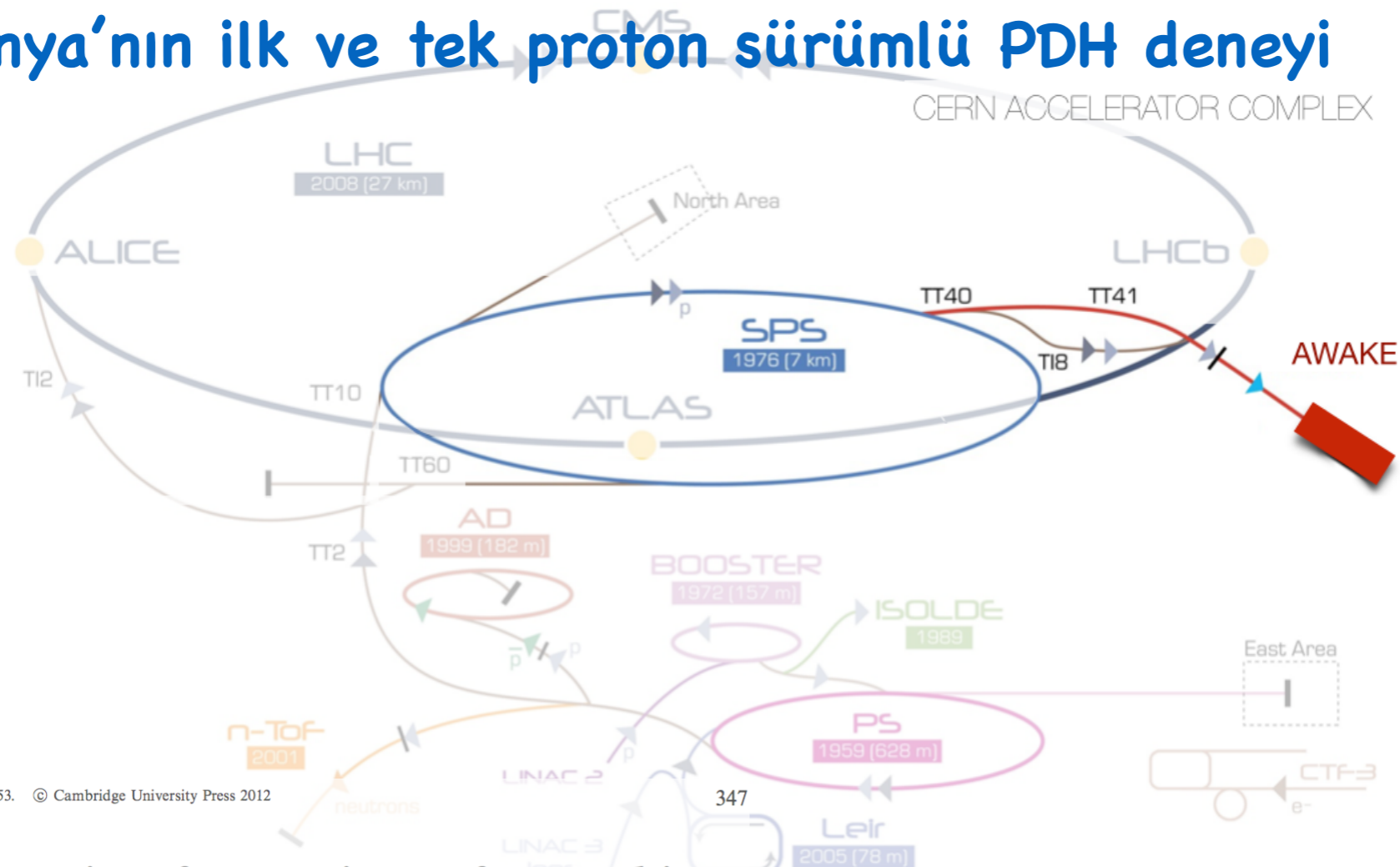
Department of Physics, University of California, Los Angeles, California 90024

(Received 9 March 1979)

Plazma ve lazerle hızlandırma, şiddetli lazer atmaları (ya da parçacık demeti) bir plazmada aşırı yoğunluk kiplenimleri uyarmak için kullanılabilir. Bu kiplenimler 100 GV/m'den yüksek ve ışık hızına yakın hızlarda, dalga şeklinde, kiplenim boyunca hareket eden alan gradyanları oluşturabilir.



AWAKE, Dünya'nın ilk ve tek proton sürümlü PDH deneyi



J. Plasma Physics (2012), vol. 78, part 4, pp. 347–353. © Cambridge University Press 2012
doi:10.1017/S0022377812000086

A proposed demonstration of an experiment of proton-driven plasma wakefield acceleration based on CERN SPS

G. XIA¹, R. ASSMANN², R. A. FONSECA³, C. HUANG⁴, W. MORI⁵,
L. O. SILVA³, J. VIEIRA³, F. ZIMMERMANN² and P. MUGGLI¹

for the PPWFA Collaboration

¹Max Planck Institute for Physics, Munich, Germany
(xiagu@mpg.de)

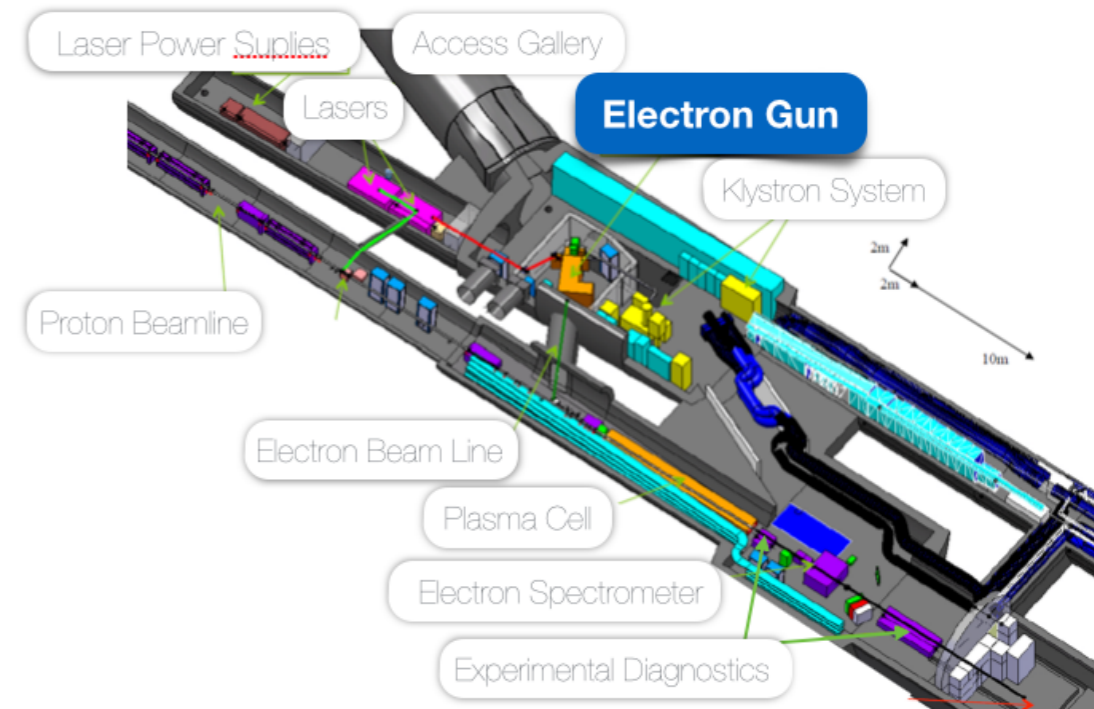
²CERN, Geneva, Switzerland

³GoLP/Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear-Laboratório Associado, IST, Lisboa, Portugal

⁴Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, USA

⁵University of California, Los Angeles, CA, USA

(Received 20 September 2011; accepted 2 January 2012; first published online 7 February 2012)



AWAKE Design Report
A Proton-Driven Plasma Wakefield Acceleration Experiment at CERN
CERN-SPSC-2013-013 ; SPSC-TDR-003

FACET Enerji ikiye katlama deneyi

Plasma wakefield acceleration experiments at FACET

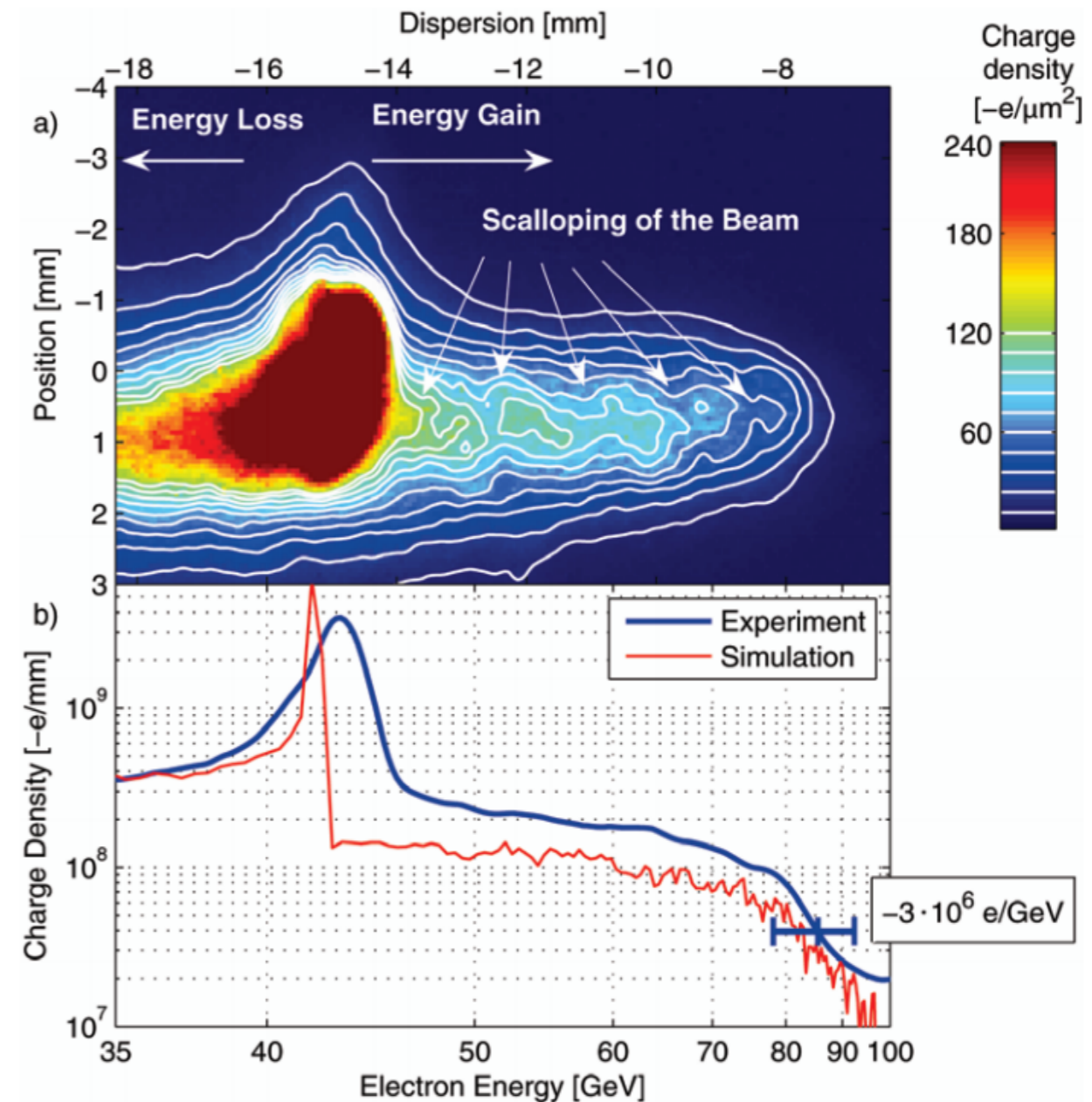
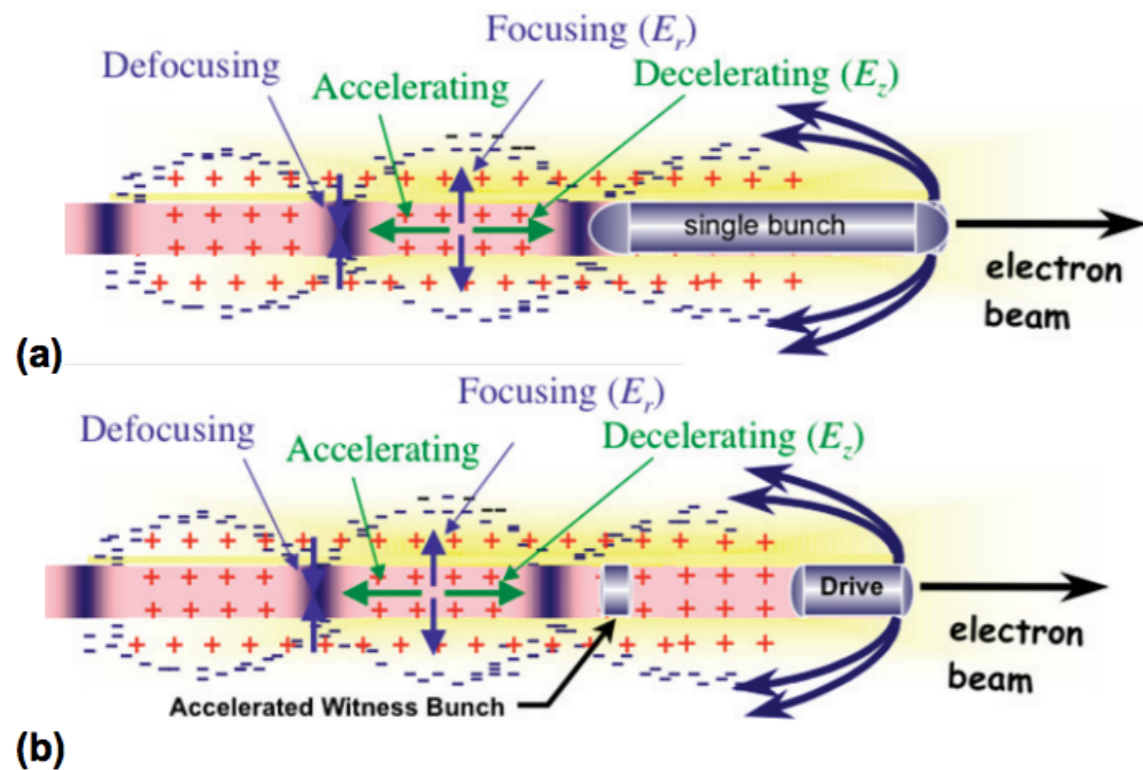
FOCUS ON LASER- AND BEAM-DRIVEN PLASMA ACCELERATORS

M J Hogan¹, T O Raubenheimer¹, A Seryi¹, P Muggli², T Katsouleas³, C Huang⁴, W Lu⁴, W An⁴, K A Marsh⁴, W B Mori⁴, C E Clayton⁴ and C Joshi^{4,5}

Hide affiliations

joshi@ee.ucla.edu

- ¹ SLAC National Accelerator Laboratory, Menlo Park, CA 90309, USA
- ² University of Southern California, Los Angeles, CA 90089, USA
- ³ Pratt School of Engineering, Duke University, Durham, NC 27708, USA
- ⁴ University of California Los Angeles, Los Angeles, CA 90095, USA
- ⁵ Author to whom any correspondence should be addressed.



DİELEKTRİK MİKRO YAPILARDA LAZERLE HIZLANDIRMA

Demonstration of electron acceleration in a laser-driven dielectric microstructure

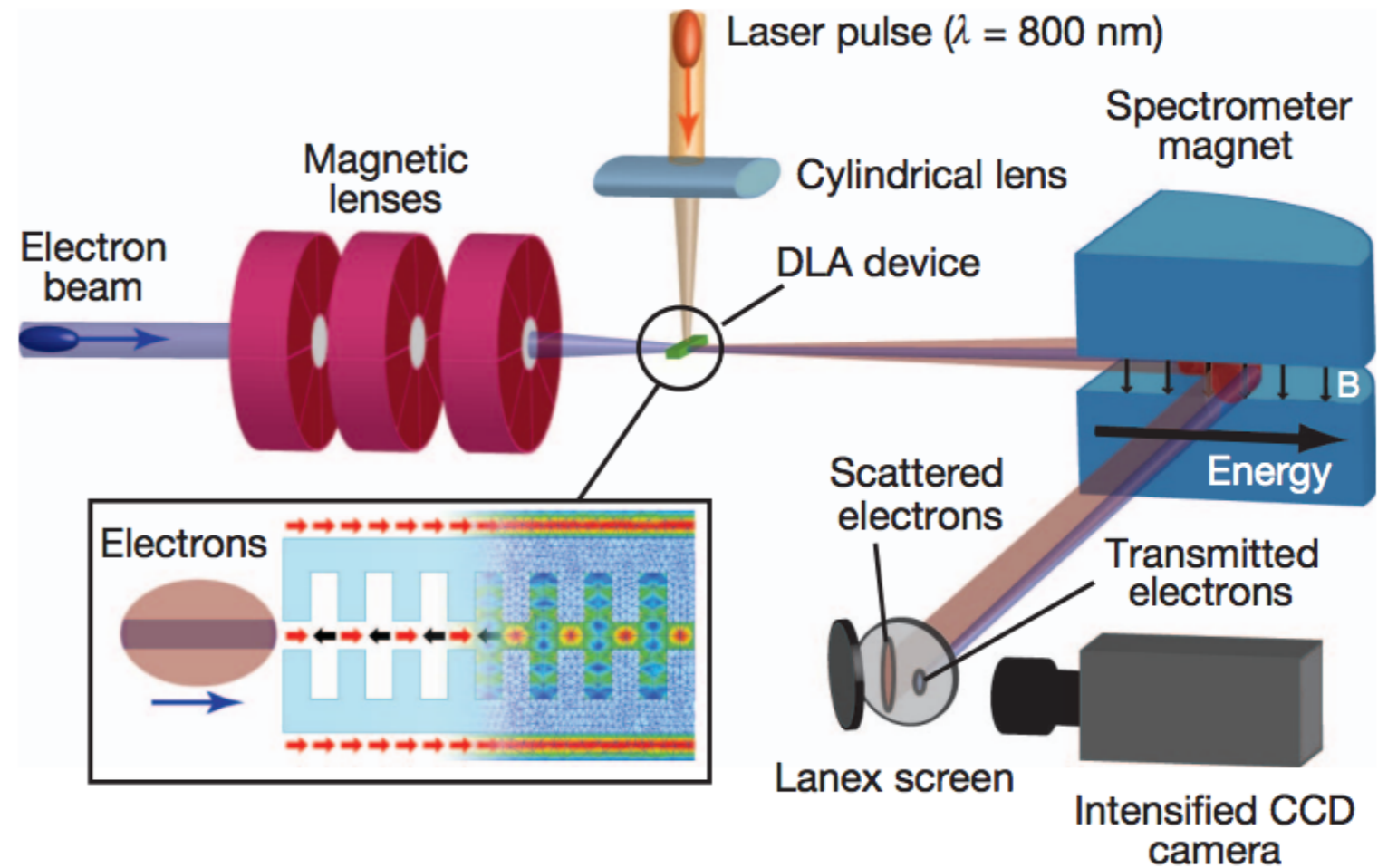
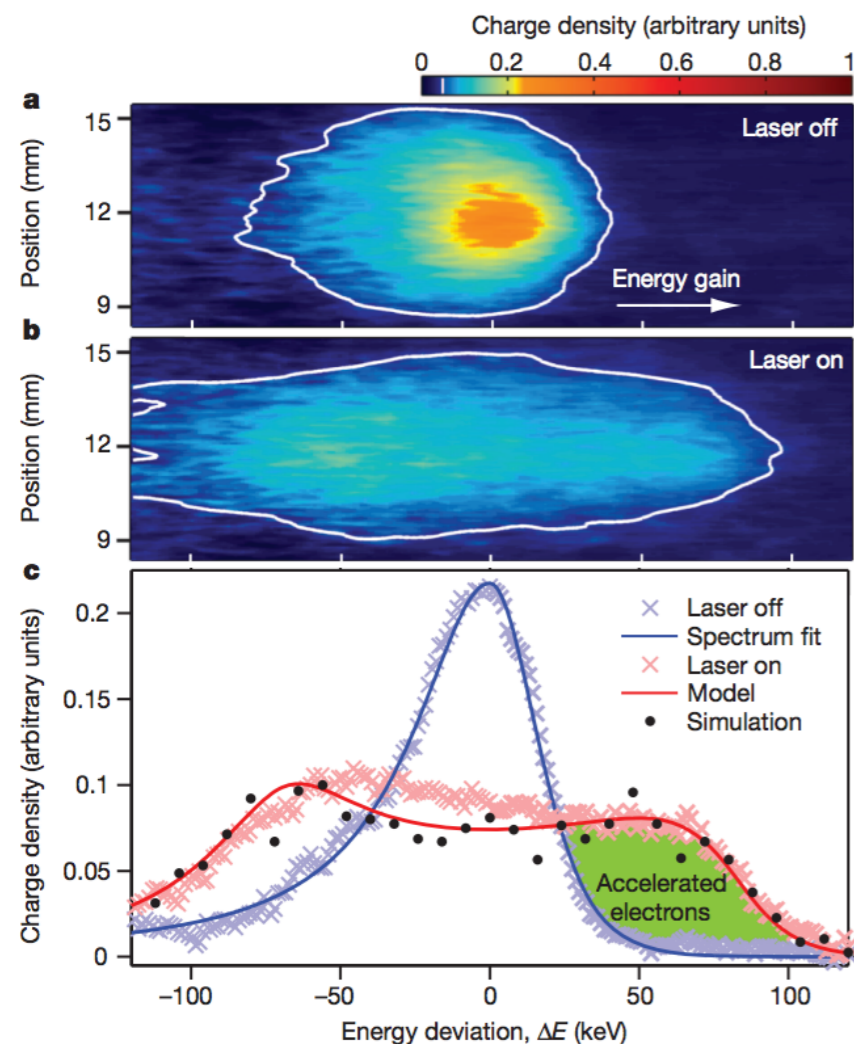
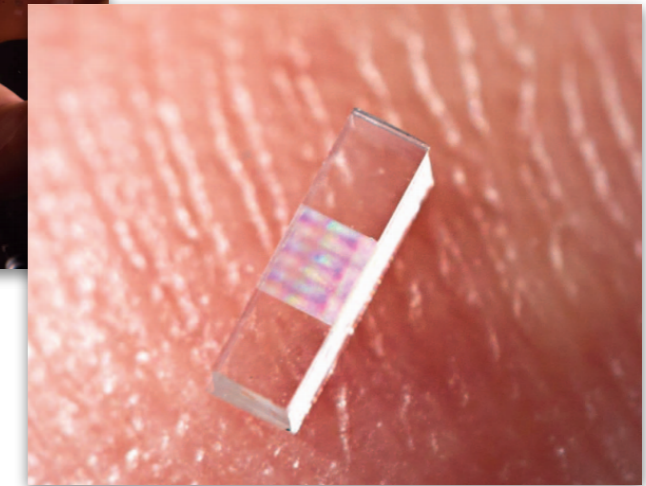
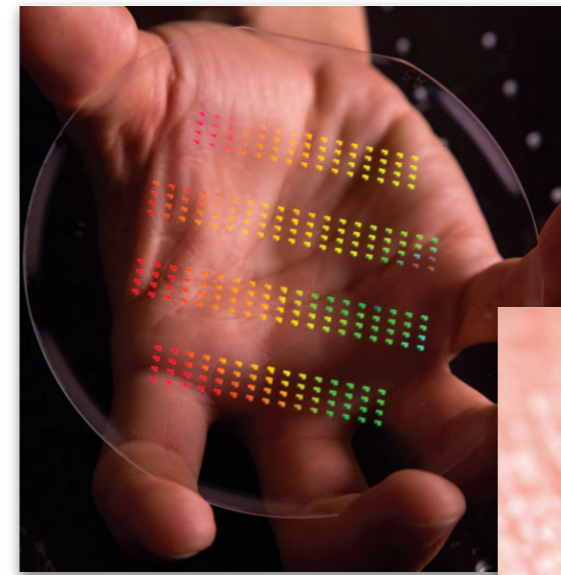
E. A. Peralta, K. Soong, R. J. England, E. R. Colby, Z. Wu, B. Montazeri, C. McGuinness, J. McNeur, K. J. Leedle, D. Walz, E. B. Sozer, B. Cowan, B. Schwartz, G. Travish & R. L. Byer

Affiliations | Contributions | Corresponding author

Nature 503, 91–94 (07 November 2013) | doi:10.1038/nature12664

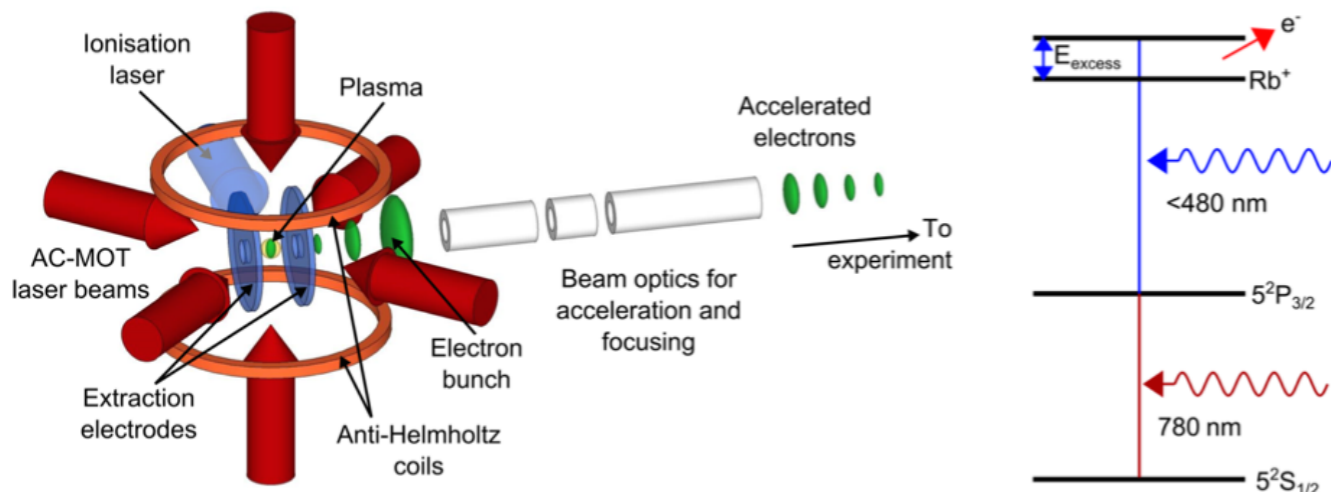
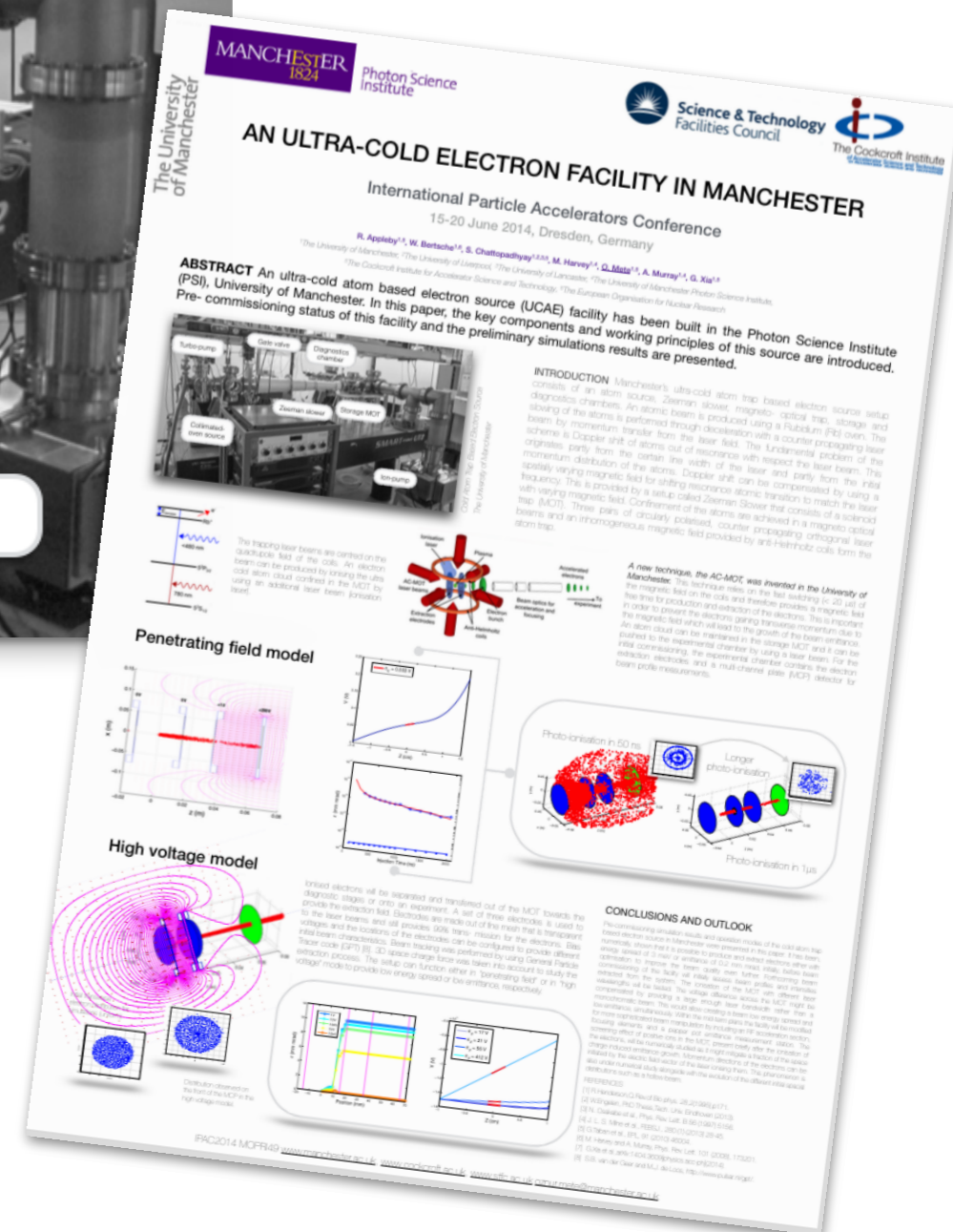
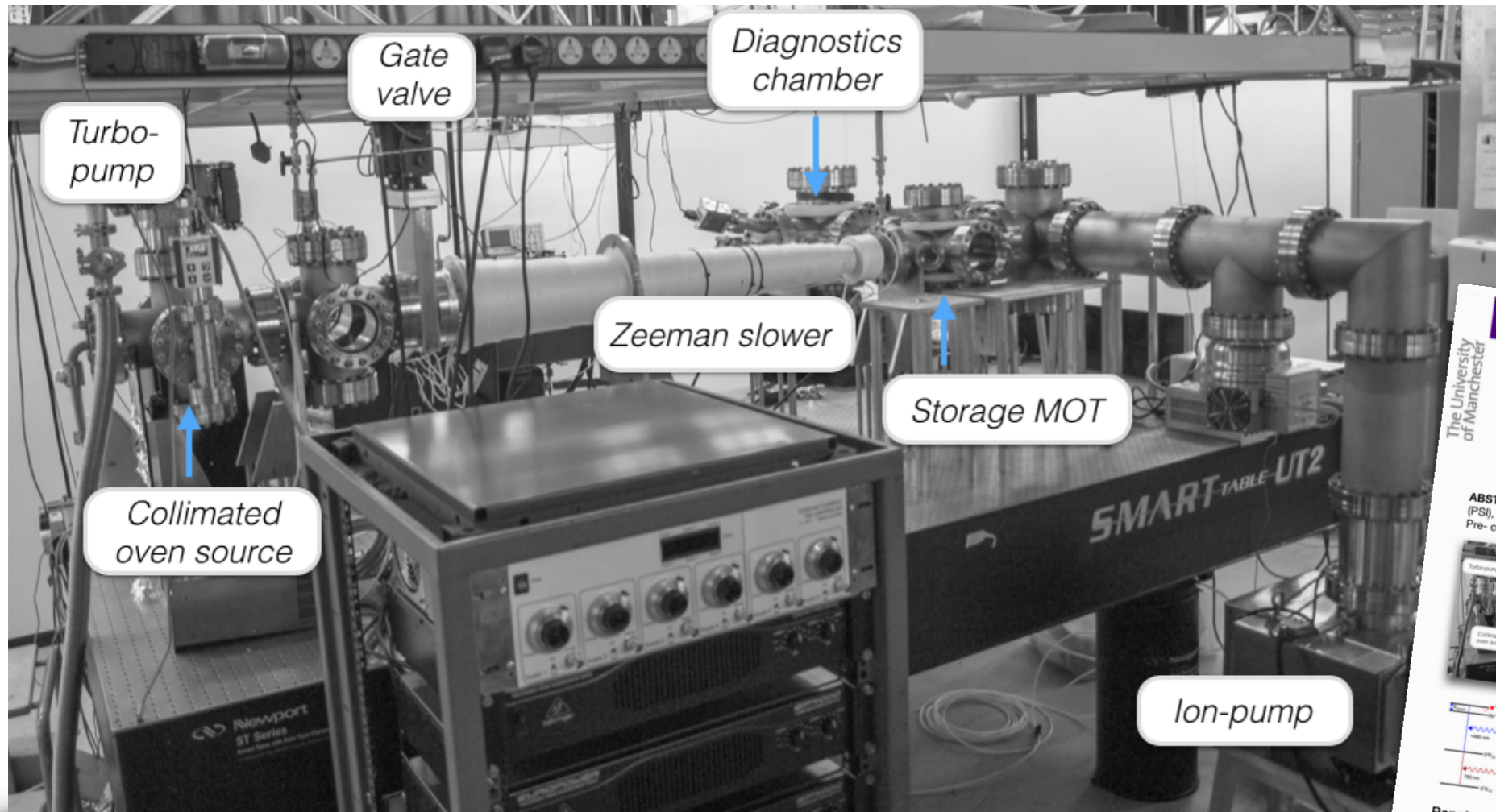
Received 28 June 2013 | Accepted 16 September 2013 | Published online 06 November 2013

| Corrected online 06 November 2013



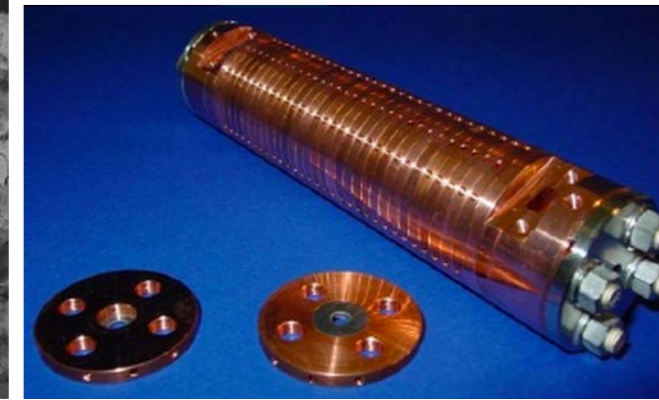
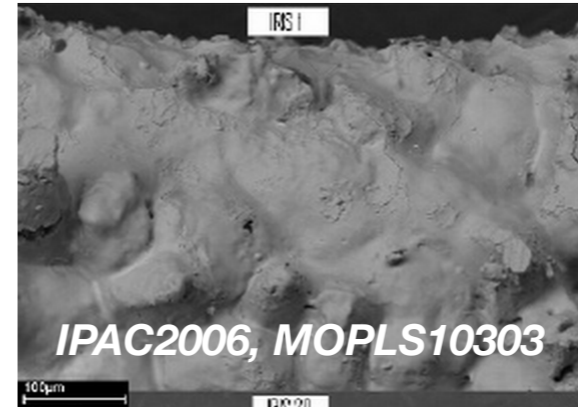
Next Linear Collider Test Accelerator (NLCTA) facility at the SLAC National Accelerator Laboratory

MAGNETO-OPTİK TUZAKLAMA İLE ULTRA-SOĞUK ELEKTRON KAYNAĞI



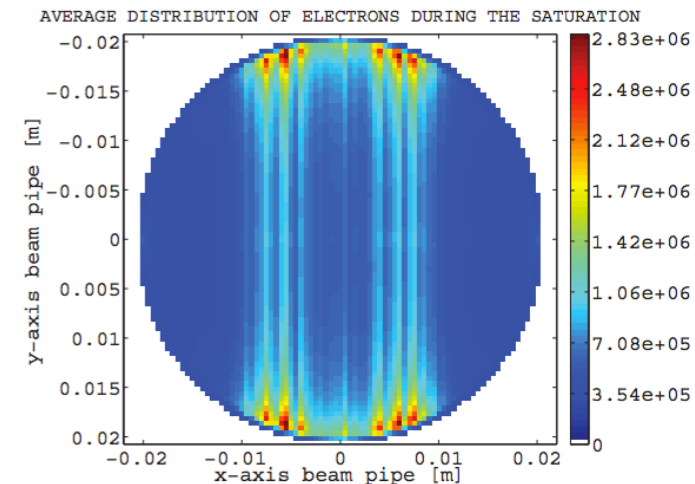
▶ RF kırılmasının doğası ve giderilmesi

- ▶ Yüksek frekans yüksek alan,
- ▶ Yüzeyde "ratgele" gerçekleşen mikroskopik patlamalar, RF kırılma



▶ Proton hızlandırıcılarında eletron bulutu problemi

- ▶ Synchrotron ışınımı,
- ▶ metalik yüzeyden ışıksal elektron yayını ve elastik yansıma ve ikincil yayını.



IPAC2014, TUPRI048

▶ Yüksek çözünürlükte (fs) bohça uzunluğu ölçümü için yeni yöntemler, varolanlar:

- ▶ elektro-optik bağlaşım,
- ▶ çizgileyici (streak) kamera ölçümleri...

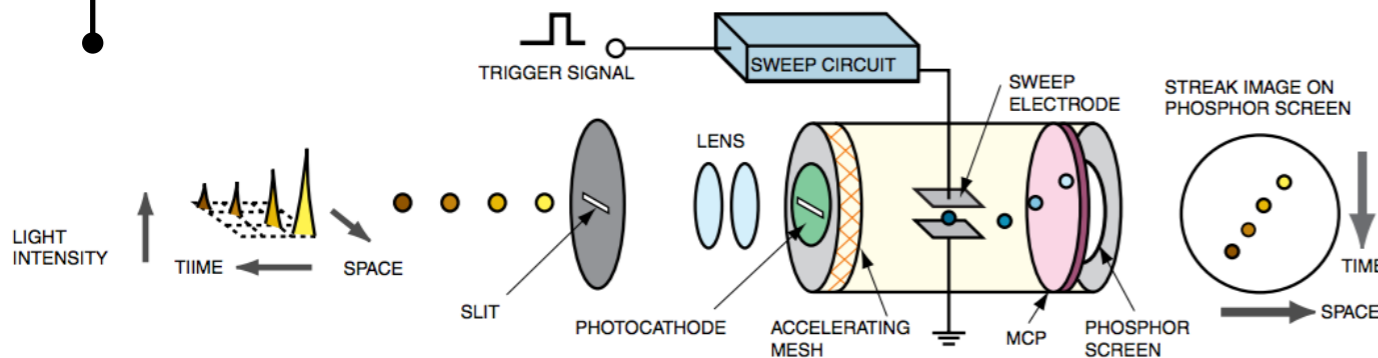
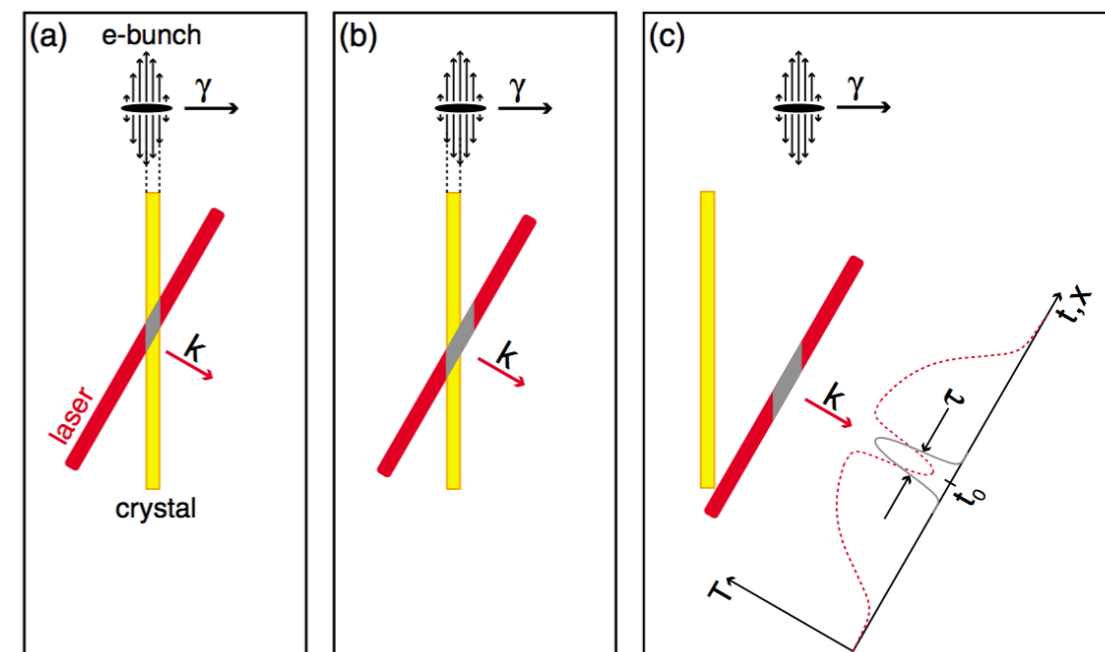


Fig.1 Operating Principle of the Streak Tube

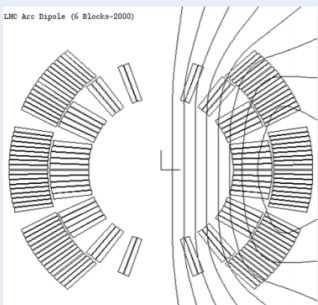


PRL 94, 114801 (2005)

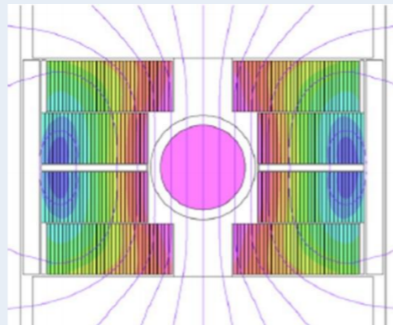
LHC işileştirme, HL-LHC, HE-LHC ve FCC'ye doğru üstüniletken teknolojisi

HTS High-field magnets

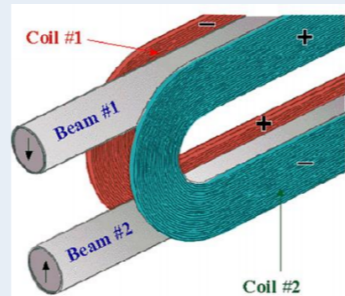
Cos θ - LHC Dipole



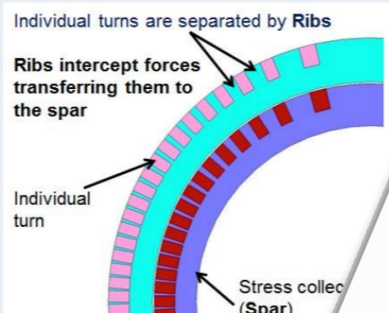
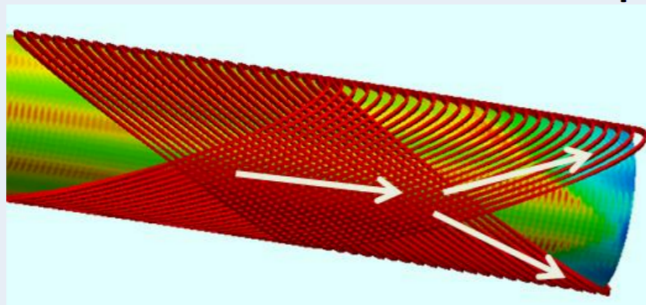
Block design



Common-coil design



Canted Cos θ Dipole



Stress interception and management, S. Caspi et al.

A. Ballarino

IPAC 14, 15-20

High Luminosity LHC Development History (LARP)



HEP Strategy

European Strategy for Particle Physics - Update 2013

Europe's top priority should be the **exploitation of the full potential of the LHC**, including the high-luminosity upgrade of the machine and detectors with a view to collecting **ten times more data** than in the initial design, by around 2030...

US Prioritization for Particle Physics (P5) - May 2014

Complete the LHC phase-1 upgrades and continue the strong collaboration in the LHC with the phase-2 (HL-LHC) upgrades of the accelerator and both general-purpose experiments (ATLAS and CMS). The LHC upgrades constitute our highest-priority near-term large project (**Recommendation to HEPAP**).

HL-LHC from a study to a PROJECT

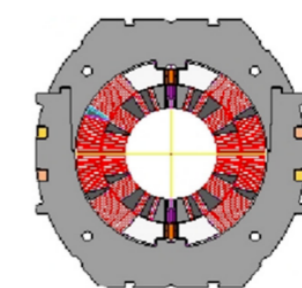
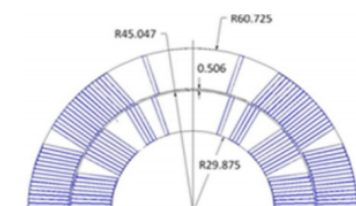
300 fb⁻¹ → 3000 fb⁻¹



0.7 mm Nb₃Sn RRP strand



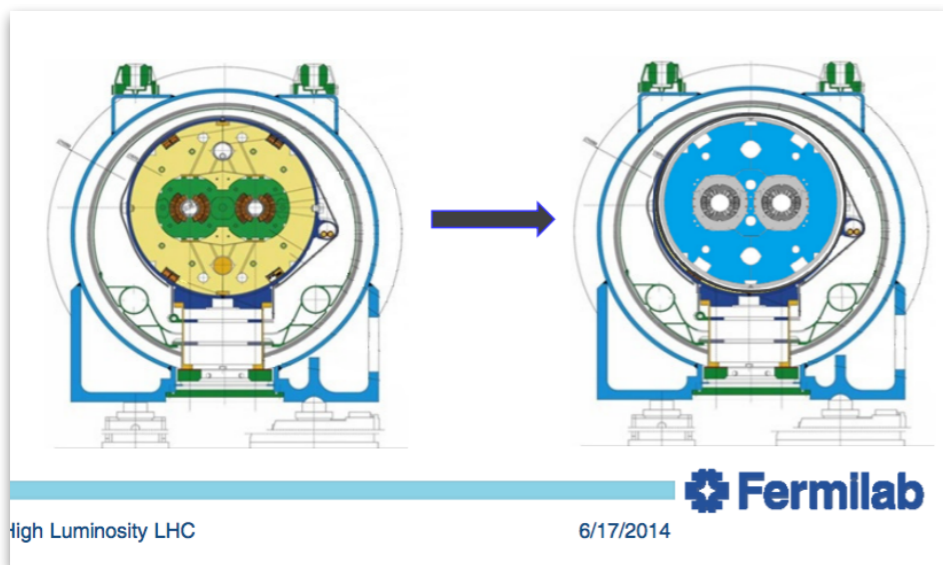
40-strand cable



Stainless steel collar

Fermilab

6/17/2014



High Luminosity LHC

6/17/2014

Fermilab

<http://epaper.kek.jp/IPAC2014/html/clas064.htm>

- ▶ Plazma ardıl alanı ile hızlandırma
 - ▶ alanların çeşitli demet profilleri için türetilmesi
 - ▶ pozitron hızlandırması, oyuk plazma için alan ve demet dinamiği.

$$\rho_b = \rho_{\perp}(r) \rho_{\parallel}(\xi)$$

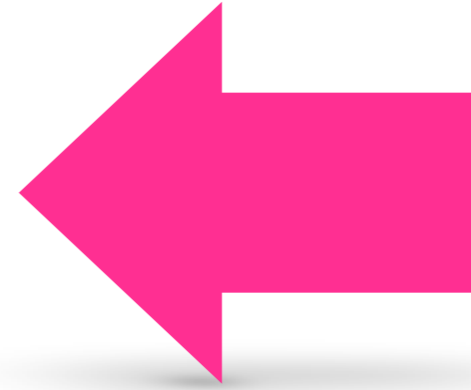
$$E_z(r, \xi) = Z'(\xi) R(r)$$

$$Z'(\xi) = -4\pi \int_{\xi}^{\infty} d\xi' \rho_{\parallel}(\xi') \cos k_p(\xi - \xi'),$$

$$R(r) = \frac{k_p^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\theta \int_0^{\infty} r' dr' \rho_{\perp}(r') K_0(k_p |\vec{r} - \vec{r}'|),$$

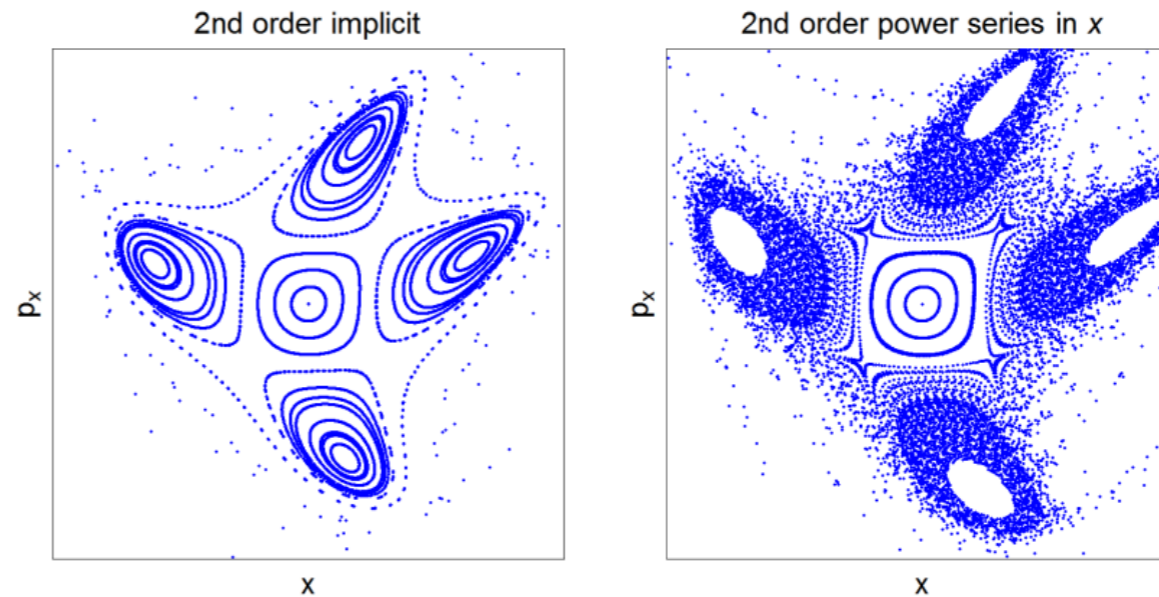
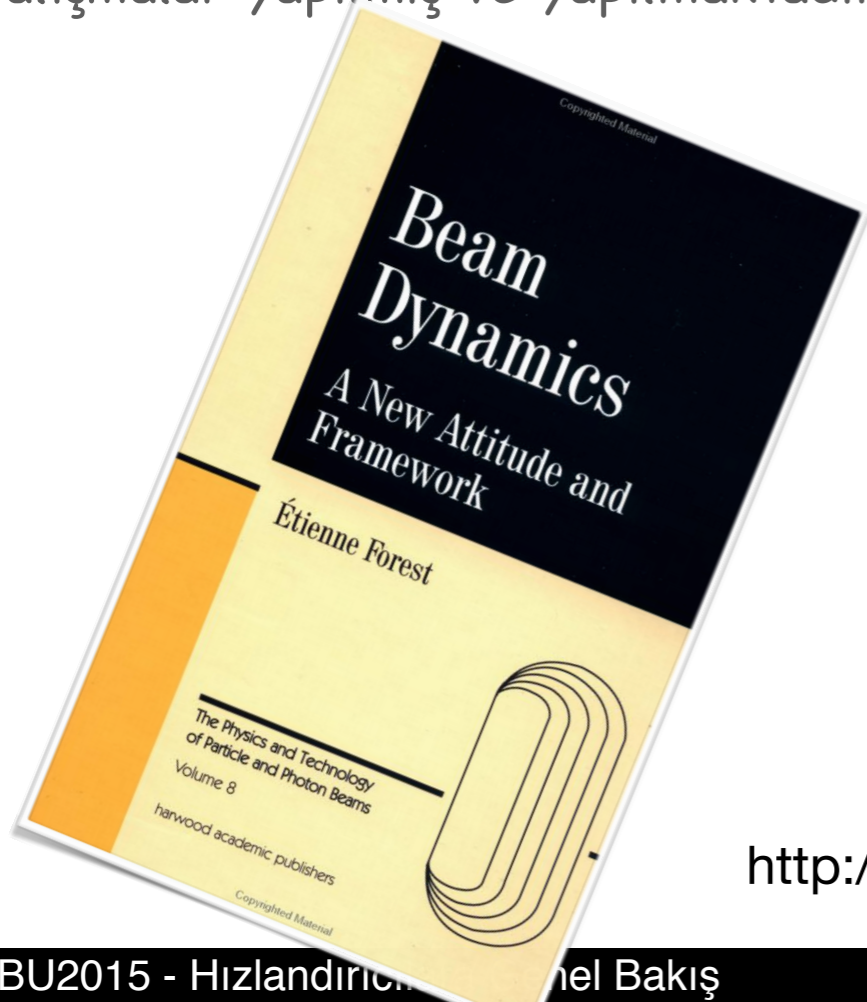
Part. Accel. 22, 81 (1987)

Physics of Plasmas 12, 063101 (2005)



Doğrusal olmayan demet dinamiği/devinimi

- ▶ Günümüz hızlandırıcılarında ya da depolama halkalarında (örnek: LHC) doğrusal olmayan dinamik etkilerin tasarım ve işletim sırasında göz önünde bulundurulması gerekiyor.
- ▶ Bu etkiler bir hızlandırıcının performansını büyük ölçüde etkileyebilir (ayar kayması, evre uzayı kararlılığının bozulması, devinimli çap (dynamic aperture), parçacık kaybı).
- ▶ Doğrusal olmayan hızlandırıcı bileşenleri (doğrusal olan hızlandırıcı bileşenlerindeki hatalardan kaynaklanan doğrusal olmayan etkiler),
- ▶ Demet-demet etkileri ve uzay yükü etkisi.
- ▶ Bu etkilerin hızlandırıcılar doğru tanımlanabilmesi ve olası ise giderilebilmesi için kuramsal çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır (map temelli yöntemler; Taylor maps, Lie maps vs.).



<http://cas.web.cern.ch/CAS/CzechRepublic2014/Lectures/WolskiNLD.pdf>

The Cockcroft Institute of Accelerator Science and Technology

- Home
- Introduction
- News
- Events
- Research
- Education

Latest News on the LHC at CERN [»»CERN public web»»](#)

16 July 2013

CLARA - Conceptual Design Report

We are delighted to announce that the Conceptual Design Report of the proposed new Free Electron Laser Test Facility, CLARA, has been published on the ASTeC website today, and which is available

News

- 5 July 2013
BIG BANG 2013
- 1 July 2013
CI organizes Grand Challenges in Accelerator Optimization

John Adams Institute for Accelerator Science

Royal Holloway University of London Imperial College London UNIVERSITY OF OXFORD

Home

NAVIGATION

- About the John Adams Institute
- Contacts
- More Information
- Sir John Adams
- What the Adams

ABOUT THE JOHN ADAMS INSTITUTE

The John Adams Institute for Accelerator Science is a centre of excellence in the UK for advanced and novel accelerator technology, providing expertise, research, development and training in

Who can I contact?

Who was John Adams?

LATEST NEWS

The JAI hosts the 3rd Low Emittance Ring Workshop in Oxford
Posted: 2013-07-29 12:14

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

YOU ARE BY SCHOOL ABOUT EPFL

Find a person

français English

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE EPFL

INNOVATION

Science Q&A

Why do some planets have rings?

- It's due to dissipation of their gaseous atmosphere
- Because they're more than 7 million km away from the Sun
- It's the effect of powerful tidal forces

Start-up EPFL

Startups and the Black Swan

EPFL in images

About EPFL

- Education
- Research
- Tech. Transfer
- Sustainability
- EPFL Middle
- Rolex Learning
- Information de

Downloads Boosted by Cooperation

30.08.13 The technology developed by Shoelace Wireless enables devices connected to a Wi-Fi or...

Alumni Planet

Events

04 SEP Reading minds...By imaging brains >>

August 2013

Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa	Su
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18

CERN Accelerating science

Careers at CERN

Work at CERN Join us Apply now Get help News Media Corner Intranet

Professionals

Imagine being involved in the world's biggest...

MANCHESTER 1824

The University of Manchester

Website Staff Search

Home | A-Z

Undergraduate Postgraduate International Our research Business Alumni About us

ANKARA ÜNİVERSİTESİ

HIZLANDIRICI TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ

Kuruluş Yönetim Personel Hızlandırıcı Tesisi İşbirlikleri Projeler Yayın ve Tanıtım Etkinlikler

HIZLANDIRICI ve LAZER TESİSİ
ACCELERATOR AND LASER FACILITY

Study here

Nearly 40,000 students from 180 countries chose Manchester last year.

Study Research Manchester

Courses

- Undergraduate
- Postgraduate research
- Postgraduate taught

Search courses

Course keywords

- Undergraduate
- Postgraduate research
- Postgraduate taught

Search courses

TAEK SANAEM Teknoloji Bölümü Hızlandırıcı Teknolojisi Birimi

Kaliteyi uzaklarda aramayanların tercihi

SPP BEAMLINE DESIGN AND BEAM DYNAMICS

G. Türemen*, B. Yazatekin, Z. Sali, Ankara University, Ankara, Turkey; V. Yildiz, Bogazici University, Istanbul, Turkey; M. Celik, Gazi University, Ankara, Turkey; A. Alacakir, TAEK-SNRTC, Ankara, Turkey; G. Unel, UCI, Irvine, California, USA; O. Mete, UMAN, Manchester, UK

ABSTRACT
The Radio Frequency Quadrupole (RFQ) Accelerator is a linear and advanced machine which will accelerate protons from 20 keV to 1.5 MeV. The project is funded by Turkish Atomic Energy Authority and will be located at Ankara Nuclear Research and Education Center in Ankara. The SPP beamline consists of a water-cooled multi-cusp source (MCS) and a 1.5 MeV RFQ operating at 352.2 MHz. The design studies for the construction of the source and the RFQ were performed with SIMION and LIDOS software packages. The source has already been produced and currently undergoes extensive testing. There is also a preliminary design for the solenoid based low energy beam transport (LEBT) line leading into a Radio Frequency Quadrupole (RFQ) and the RFQ will be used in parallel for the prototype design. The solenoid magnets were designed using POISSON and FEMM software packages and the initial beam dynamics studies have been performed with LIDOS and TOUTATIS. This paper discusses the design of the SPP beamline focusing on the RFQ beam dynamics.

INTRODUCTION
Turkish Atomic Energy Authority's (TAEK) Savaşkoç Nuclear Research and Education Center (KANAFEM) started the Synthesis Project (SP), which aims to construct a proton beamline including a Proof Of Principle (POP) accelerator. The POP machine has the very humble requirements of achieving at least 1.5 MeV proton energy, with an average beam current of at least 1 nA, and also a challenging goal of having the design and construction of the entire machine in Turkey, from its ion source up to last diagnostic station, including its RF power supply and to complete it within three years i.e. by the end of 2015. There are also two secondary goals of this project: 1) To train the first generation of accelerator physicists and RF engineers on the job; 2) To involve the local industry in accelerator component construction.

SPP BEAMLINE
SPP beamline is approximately 3.5 m long including diagnostic stations. After the extraction of H⁺ particles from an ion source at 20 keV, these ions will be sent to a solenoid based low energy beam transport (LEBT) line leading into a Radio Frequency Quadrupole (RFQ) to reach 1.5 MeV which will be followed by a diagnostic station.

Ion Source Design
A water-cooled multi-cusp source is designed to supply H⁺ ions to the RFQ. The output beam energy and emittance of ion source are required to be 40 eV and 41 eV mm mrad respectively, to match with input parameters of the RFQ. The H⁺ ion source design is made by using SIMION [1] computer program which includes a positive plasma model. As an example, the effects of different current densities on plasma meniscus shapes can be seen in the Figure 1.

RFN for Pulsed Beam
As the RFQ will be operated in pulsed mode, it should be the beam injection into it. This will be achieved by a Pulse Forming Network (PFN) which will supply voltage to extraction electrode of ion source. PFN circuit design and simulation was performed with CADENCE-SPICE [2] software. Condensers on the PFN circuit will be charged with 40 kV in order to have the 20 kV extraction voltage. The PFN circuit diagram and the output voltage simulation can be seen in Figure 3.

LEBT Design
To provide a good match between ion source output and the RFQ input, a LEBT line with two solenoid magnets will be built. The solenoids were designed using POISSON [3] and FEMM [4] computer programs. Hard edge solenoid simulations show that the two solenoids should create 2500-2800 G magnetic field for a 50 mm radius beam pipe.

RFQ Beam Dynamic Design
The SPP-RFQ will accelerate 20 keV H⁺ ions to 1.5 MeV within 1.64 m. RFQ design and beam dynamics simulations are performed by using LIDOS, RFQ Design [6], DDM3C [7] and TOUTATIS [8] computer programs. Basic information about SPP RFQ design and comparisons of design software can be found elsewhere [9]. Recent machining capability investigations in Turkey, opened up the possibility for building the entire RFQ from a single piece, instead of from two segments, as thought before. In the two segment case, it is inevitable to have particle losses at the gap region. The new design would prevent such losses. Moreover, it has a number of advantages from mechanical and electromagnetic considerations. The simulations for the new design are performed with 50000 macro particles using a waterbag intensity distribution. The SPP RFQ parameters are listed in Table 1.

Table 1. SPP RFQ Main Design Parameters.

Parameter	Value	Unit
Resonant Frequency	352.2	MHz
Dees Radius	2.2	cm
Beam Current	1	nA
Input Normalized Emittance	4	normalized
Input-Beam Voltage	40	kV
Extraction Line	1.5	m
Output Beam Radius	2.796	mm
Input-Beam Offset	1.2	mm
Output Energy	1.56	MeV
Output Beam Size (at 1.5 MeV)	3.0	mm
Transmission (at 1.5 MeV)	96.2	%
Beam Length	1.64	m

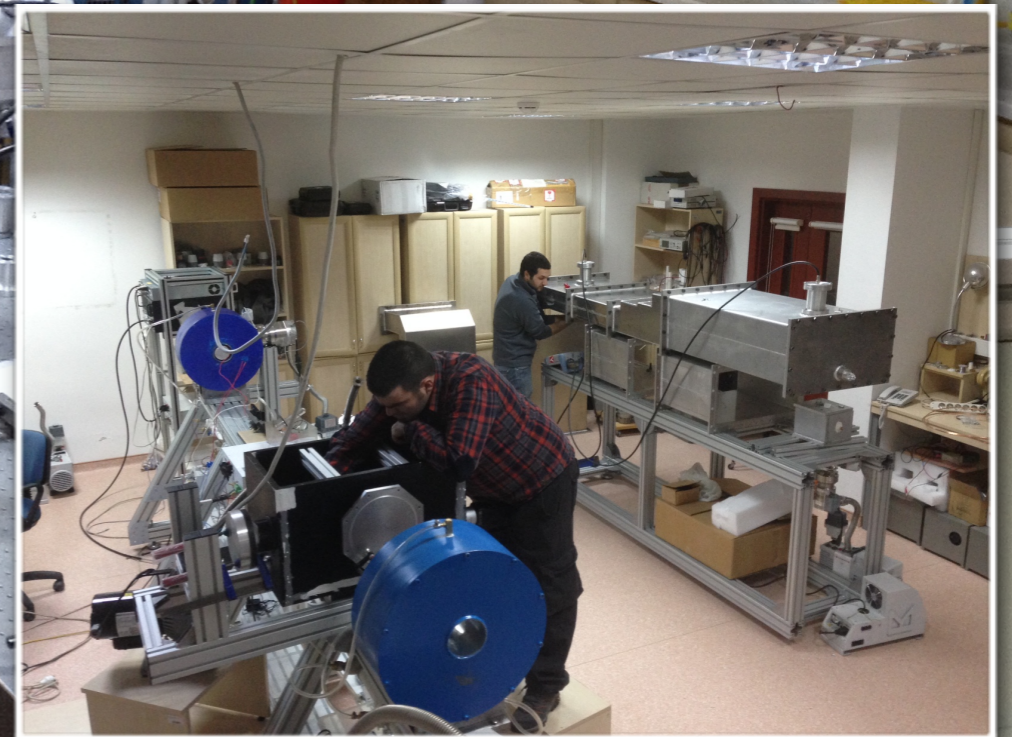
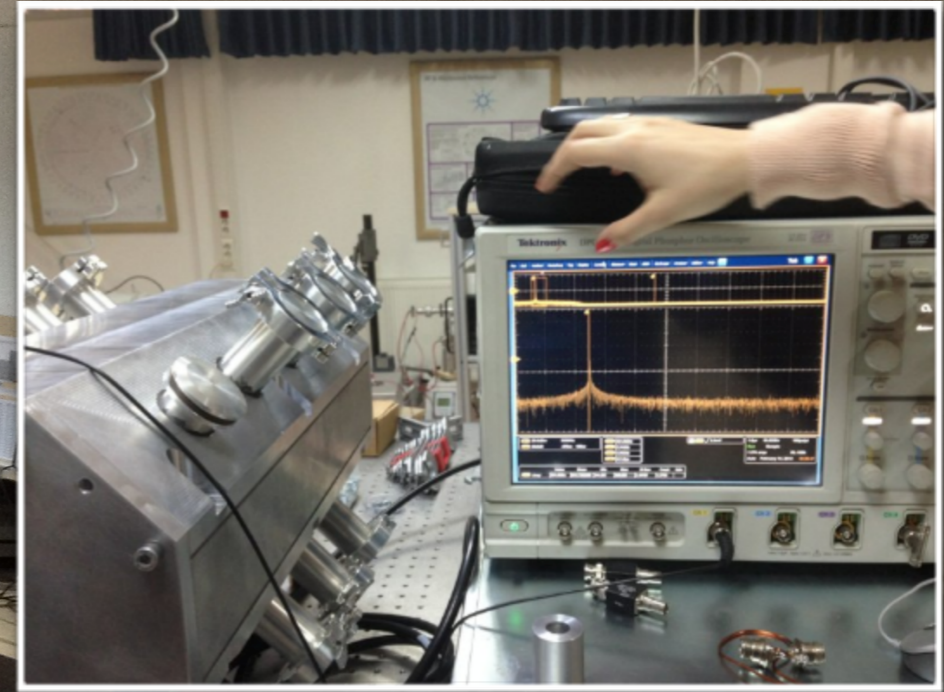
Table 2. Tolerances

Parameter	Value	Tolerance	Unit
Beam Current	1	±0.1	nA
Beam Current	1	±1	normalized
Input-Beam Voltage	40	±5	kV

CONCLUSION
This paper summarizes the status of the SPP beamline, including its design, simulations and the results prototype tests. The ion source and the LEBT are currently being built. There is a new RFQ design based on a single piece manufacturing under consideration. If the project timeline is kept, the first MeV range protons are expected by the end of 2015.

ACKNOWLEDGMENT
This project is funded by TAEK with a project code A1144.F1.03. We would like to thank Taneli Kahus and Ece Atilar for many helpful discussions.

REFERENCES
[1] T. Kalkas et al., "SIMION: A three-dimensional simulation software for charged particle optics", Rev. Sci. Instrum. 81, 02B703, 2010.
[2] Cadence Design Systems, "OrCAD Capture User Guide" Version 16.6, 2012.
[3] J. Blomquist, M. Young, "POISSON SUPERFISH Reference Manual", LA-UR-96-1884.
[4] D. Meeker, "Finite Element Method Magnetics User Manual", Version 4.2, 2010.
[5] LIDOS, RFQ DESIGNER, Version 1.3, <http://www.giga.com/accelerol/>
[6] LIDOS, RFQ DESIGNER, Version 1.3, <http://www.giga.com/accelerol/>
[7] A. Ustinov, "LIDOS: A Graphical Approach to Radio Frequency Quadrupole Design", <http://arxiv.org/pdf/1401.2196.pdf>
[8] E. Duperrier, "TOUTATIS: A Radio Frequency quadrupole code", Phys. Rev. Vol. 3, 124201, 2000.
[9] G. Türemen, B. Yazatekin, O. Mete, M. Celik, Z. Sali, V. Akgun, A. Alacakir, S. Bolukbasi, M. Celik, B. Yazatekin, B. Yazatekin, E. Celik, G. Unel and E. Ersoy, "Status of the Synthesis Project: Design and Construction of a Radio Frequency Quadrupole at TAEK", IBIC'13, Oxford, September 2013, WOPC02, p. 606. <http://arxiv.org/pdf/1310.0790v1.pdf>



- Yüklü parçacıkların hızlandırıcı boyunca manyetik alanlar etkisinde devinimi: **Enine Demet Dinamiği I, MADX,**
- Verilen demet özelliklerine göre hızlandırıcının magnetik örgüsünün tasarımı: **Enine Dinamik II, MADX,**
- Işınım kaynaklarına giriş ve üretilecek ışınımın özelliklerinin benzetimi: **Kuramsal bilgiler, SPECTRA,**
- Hem odaklama hem hızlandırma sağlayabilen RF dört-kutuplusunu fiziği ve tasarımı: **RFQ, Demirci,**
- Yüklü parçacıkların hızlandırılması, hızlandırıcı boyunca elektrik alanlar etkisinde devinimi, kovuk tasarımı ve parçacık izleme: **Boyuna Demet Dinamiği, Hızlandırıcılar için RF sistemler, SUPERFISH, CST, MADX, PTC, PARMILA,**
- Demetin özelliklerinin ölçülmesi ve çözümlenmesi: **Elektron ve proton demetleri için tanı yöntemleri, MATLAB,**
- Elektron demeti üretimi: **Işıksal elektron kaynakları, PARMELA,**
- Yeni hızlandırma teknikleri: **Plazma Girdabıyla Hızlandırma, LCODE, VSIM,**
- Eksensel olmayan devinim ve tasarım stratejileri,
- Hesaplama ve sonuçlarımızı çizmek için **MATLAB/Octave** programları.

Periyodik odaklama koşulları altında hareket denklemleri...
George William Hill (1838 - 1914) Mathematician - Astronomer
<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Hill.html>

Hill Denklemleri
 $x''(s) - k(s)x(s) = 0$

Genel Çözümü
 $x(s) = \sqrt{\epsilon} \sqrt{\beta(s)} \cos(\psi(s) + \phi)$

k(s) demet, odaklama özellikleri hızlandırıcı boyunca konuma bağlı demektir.

CERN'de bulunan Super Proton Synchrotron'undan LHC'ye aktarılacak demetin enine genişliğinin hesaplanması.

ALICE, LHC, CMS, ATLAS, SPS, LHCb, CNGS

Konum = 3969.26 m ("@QF41610")
 $\beta_x = 106.6$ m
 $D_x = -0.44$ m

$E_x = 1 \times 10^{-8}$ m
 $\Delta p/p = 0.287 \times 10^{-3}$

HIRadMat

Demetin x-x

Korunumludur.

$\epsilon = \gamma(s)x^2(s) + 2\alpha(s)x(s)x'(s) + \beta(s)x'^2(s)$

$(\sqrt{\epsilon/\gamma}, -\alpha\sqrt{\epsilon/\gamma})$
 $(\sqrt{\epsilon/\beta}, -\alpha\sqrt{\epsilon/\beta})$
Max. genlik

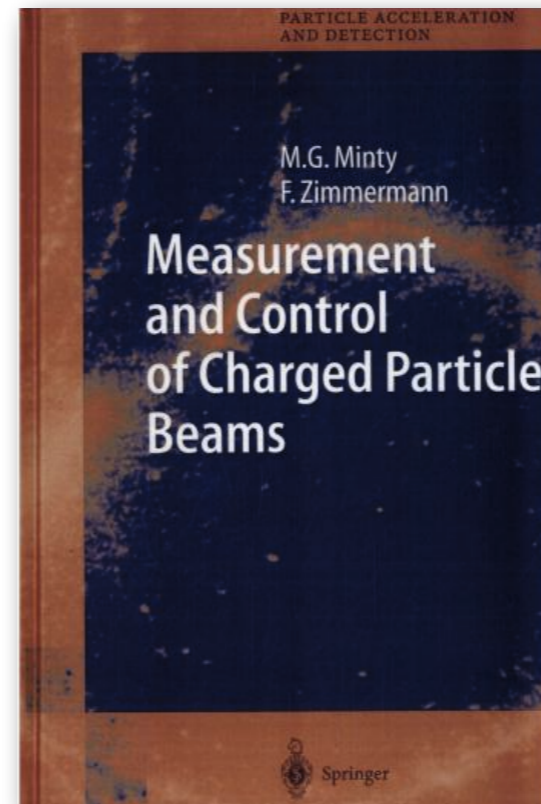
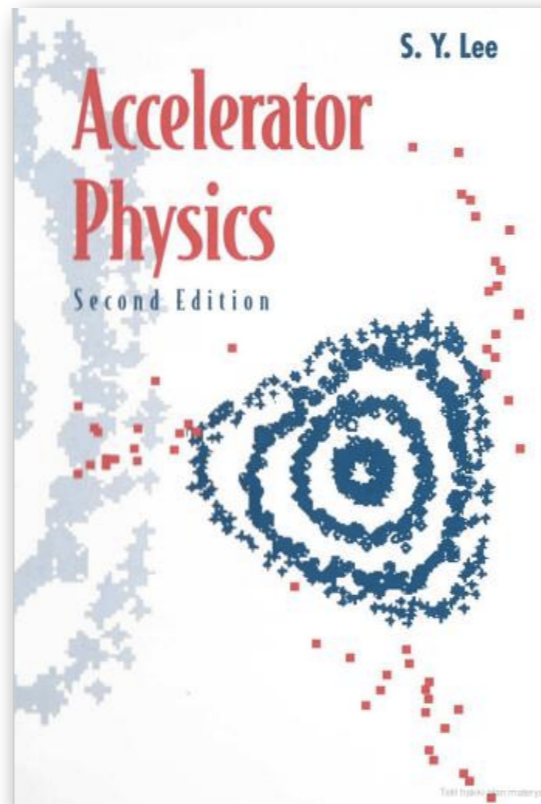
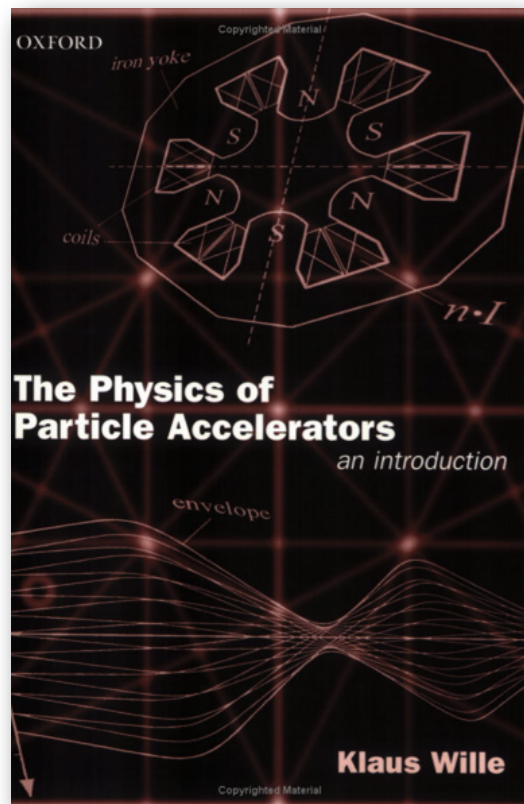
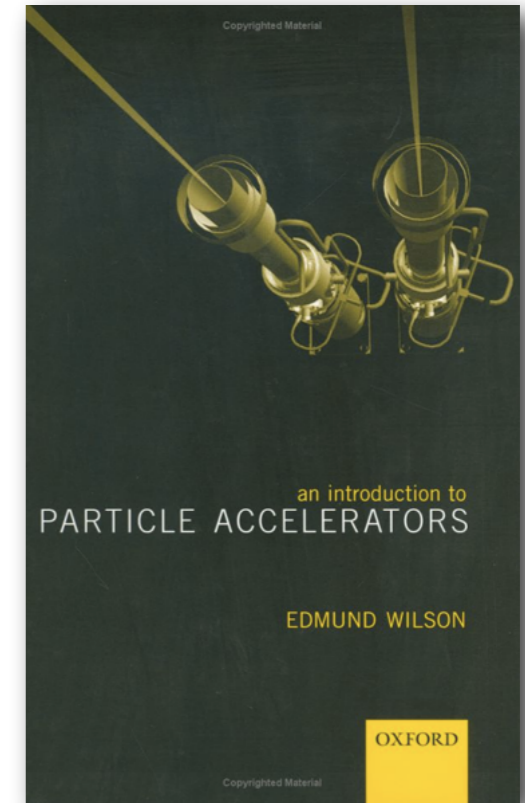
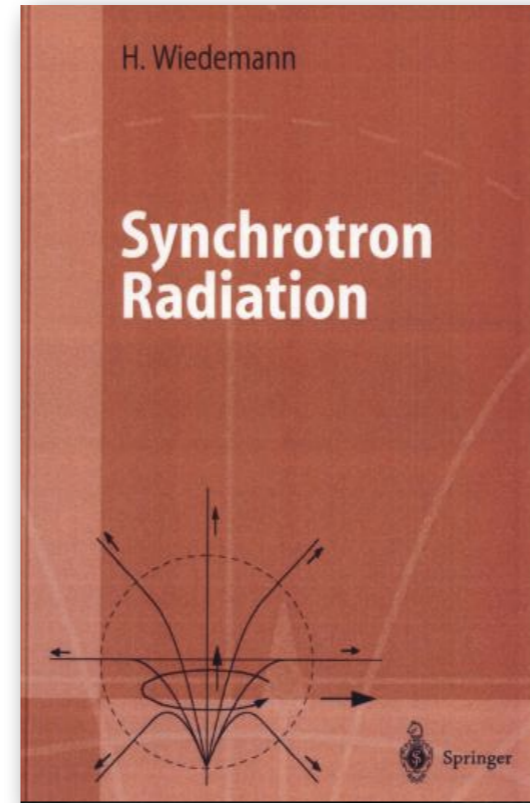
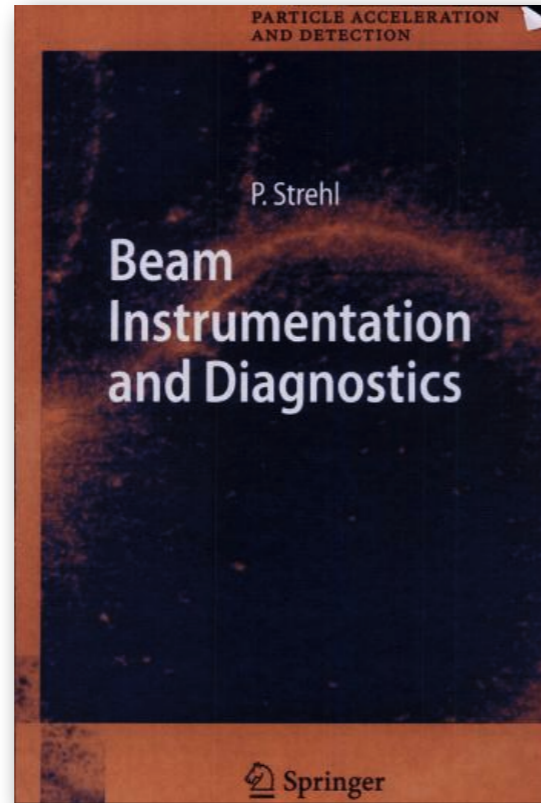
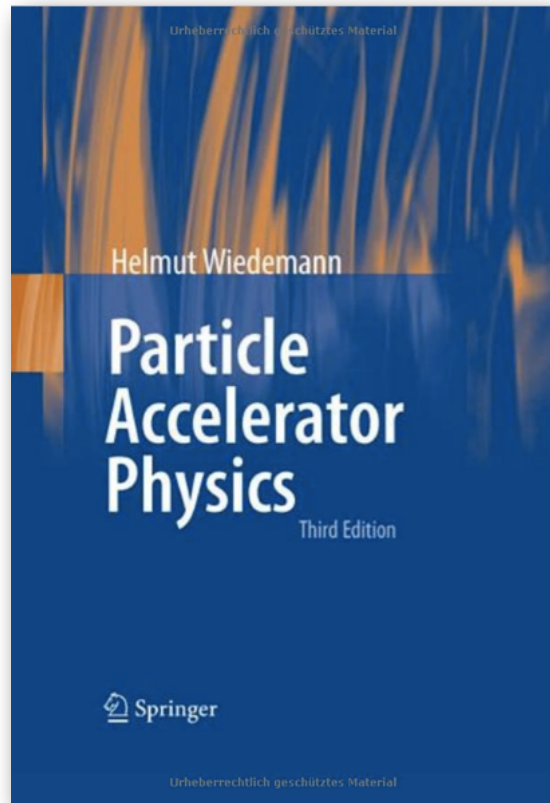
Büyük beta fonksiyonu geniş bir demetin ve düşük açılmanın (divergence) göstergesidir. Tersini de doğrudur.

Dört-kutuplu magnetin ekseninin ortasında, $\beta = \text{maximum}, \alpha = 0 \rightarrow x' = 0$

x, x' uzayında bir elipsin parametrik gösterimini belirler.

Tasarım yarışması için çeşitli projeler

- Işıksal elektron kaynağına örneği üzerinden demetin evre uzayı parametreleri için iletim matrisini çıkarmak,
- Verilen bir RF kovuğun farklı bir frekansta rezonansa gelecek şekilde geometrisinin ölçeklendirilmesi ve bu yeni geometride oluşacak elektromanyetik modların gösterimi,
- Bir proton hızlandırıcısında kaynaktan sürüklenme tüpü sonrasına kadar parçacık izleme,
- Bir plazma içinde elektron demetinin süreceği boyuna elektrik alanı öngören doğrusal kuramın kırılmasının gösterimi,
- Bir proton makinesi tasarımını farklı benzetim programlarını yinelemeli olarak kullanarak gerçekleştirecek ve iş akışını kontrol edecek bir çerçeve programın yazılması.
- Aklımıza okul sırasında gelebilecek parlak fikirler :)



Bilgisayar görüntünüzde bulunan Radiation 2D programı ile oynamayı sakın unutmayın!