

Plasmakiihdyttimet

Teoreettisen fysiikan syventävien opintojen
seminaari, lyhyt esitelmä

Reko Hynönen
15.12.2011

Esityksen sisältö

1. Motivaatio plasmakiihdyttimien kehittämiseksi
2. Plasmakiihdyttimien periaate plasma-aalloissa
3. Tekniset ongelmat ja saavutukset
4. Tulevaisuudennäkymät ja sovellukset

Mikä määttää nykyisissä hiukkaskiihdyttimissä?

Ne ovat:

- Valtavan isoja
 - SLAC Linac: pituus 3 km
 - CERN LHC: piiri 27 km



→ Erittäin kalliita
Mitä asialle voitaisiin
tehdä?

Plasmakiihdyttimiä!

- Plasmakiihdyttimillä voi saavuttaa GeV-luokan energioita tavallisella työpöydällä
- Teoria johdettiin 70- ja 80-luvuilla

Seurauksia:

- Pienemmät tilat ~ pienemmät kulut
- Pienemmät kulut ~ suurempi potentiaalinen käyttäjäryhmä

Useita erilaisia mutta sama periaate: plasma-aallot

- Kiihdytintyyppi riippuu plasma-aallon tuottavasta menetelmästä:

PWFA: Plasma wakefield acceleration

- Elektronisuihku

LWFA: Laser wakefield acceleration

- Nopeataajuiset laserpulssit

LBWA: Laser beat-wave acceleration

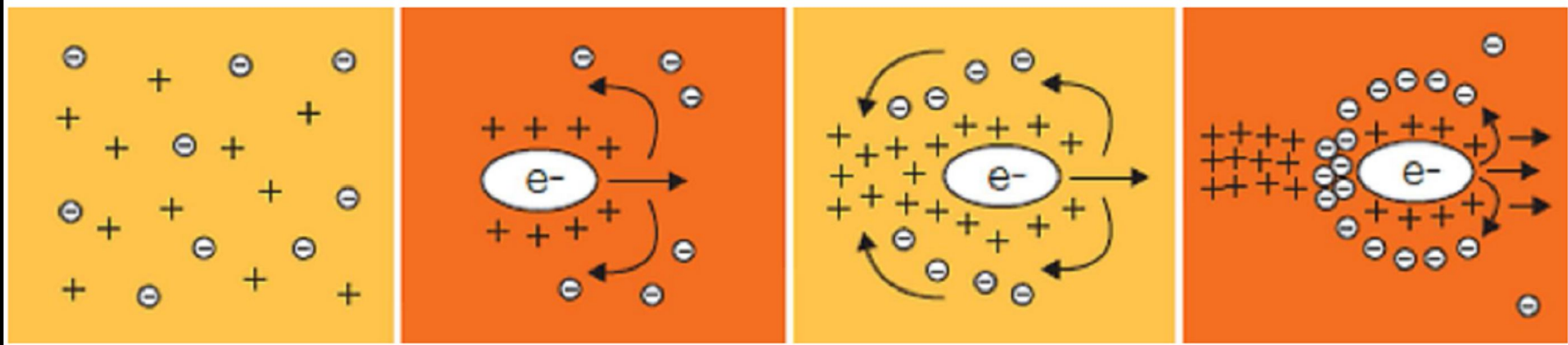
- Kaksi eritaajuista laserpulssia yhdessä

(Muitakin on)

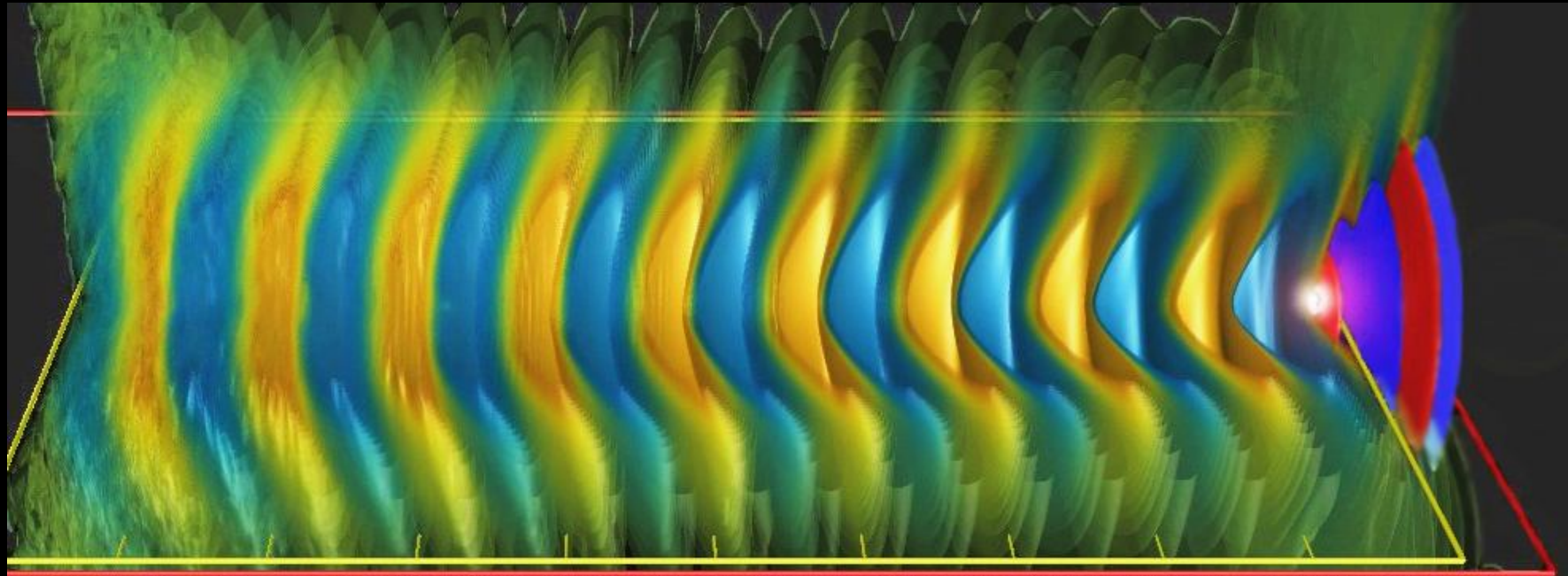
Kaikki näistä perustuvat plasma-aallon synnyttämiseen.

Tutustutaan yhteen näistä, so. PWFA:an kuvan avulla:

Elektronit surffaavat plasma-aallolla



1. Plasmaa kammiossa, korkeassa lämpötilassa (väh. 600 °C).
2. Elektronisuihku iskeytyy plasmaan työntäen elektroneja tieltään ja jättäen positiivisten ionien kasaantumana.
3. Vapaat elektronit kasaantumana ympärillä kokevat vetovoimaa kohti positiivisia ioneita.
4. Vapaat elektronit aiheuttavat ionien kanssa sähkökentän, joka kiihdyttää elektronisuihku entisestään.



Simulaatio laserplasmakiihdyttimelle laboratoriokoordinaatistossa (Berkeleyyn laboratorion)

15.12.2011

Plasmakiihdyttimien periaate
plasma-aalloissa

7

Kuulostaako liian hyvältä ollakseen totta?

- Tarvitaan edelleen vahvoja elektronilähteitä tai nopeita femtosekuntiluokan lasereita
- Maksavat (silti) miljoonia euroja
- Laserkiihdyttimissä kiihdytysmatkaa rajoittavat diffraktio, fokus ja laserin teho
- Eikä mahdukaan pöydälle (ainakaan vielä)

- Elektronisuihku-menettelmällä on päästy 42 GeV energiaan 85 cm matkalla
- Lasermenetelmillä luvut ovat 1 GeV / 3,3 cm

Tulevaisuus ja mahdolliset sovellukset

- Teoriassa menetelmän potentiaali on TeV-skaalan energioissa
- Tärkeämpää onkin suuri resoluutio: pulssien pituus luokkaa ~ 50 fs
- Pienemmilläkin laboratorioilla ja sairaaloilla mahdollisuus tutkimukseen ja erikoissovelluksiin
- Menetelmällä myös intensiivisiä, lyhyitä röntgenpulsseja!

15.12.2011

Tulevaisuudennäkymät ja sovellukset

→ Lääke- ja materiaalitieteilijät kiittävät

Lähdeviitteet

- Kattava kuvaus laser-plasmakiihdyttimien nykytilanteesta:
Victor Malka, Jérôme Faure, Yann A. Gauduel, Erik Lefebvre, Antoine Rousse ja Kim Ta Phuoc,
["Principles and applications of compact laser-plasma accelerators"](#), Nature Physics, vol. 4, June 2008
- Yleistajuisempi teksti, josta myös kalvon 6 kuva:
Matthew Early Wright,
["Riding the Plasma Wave of the Future"](#), Symmetry magazine, vol 02, issue 03, April 2005
- Paljon hypetystä Berkeleystä:
Paul Preuss,
["Beams to Order from Table-Top Accelerators"](#), Newscenter.lbl.gov/news-releases/2011/08/22/beams-to-order/
Berkeley Lab News Center, August 2011 (15.12.2011)
- Kalvon 7 simulaatio: www.youtube.com/watch?v=gG2KlgfdS2Q
- Lisätietoa kaipaavalle:
New Journal Of Physics, IOP Science,
["Focus on Laser- and Beam-Driven Plasma Accelerators"](#)
iopscience.iop.org/1367-2630/12/4/045003