

# Analyysiharjoitus hiukkasfysiikassa

Joona Havukainen

Helsinki Institute of Physics

2018



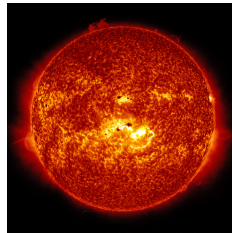
- Erotetaan  $W^\pm$  bosonit  $Z$  bosoneista
- Määritetään  $e/\mu$  suhdeluku
- Määritetään  $W^+/W^-$  suhdeluku
- Saammeko massajakaumasta näkyviin eri hiukkaset?
- Löydämmekö harvinaisia Higgsin bosonin hajoamisia?

# Heikon vuorovaikutuksen bosonit $W^\pm$ ja $Z$

- Välittävät heikkoa vuorovaikutusta, joka mahdollistaa radioaktiivisten ydinten hajoamisen sekä vedyn fuusioreaktion
- Ovat raskaita ja hajoavat nopeasti  $\Rightarrow$  heikko vuorovaikutus ulottuu vain lyhyelle etäisyydelle



Ydinvoimalat tuottavat energiaa hallitulla fissiolla <sup>1</sup>



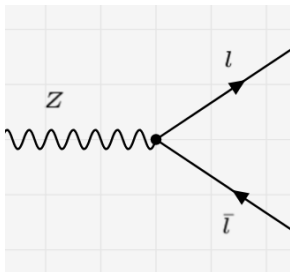
Tähtien energia on peräisin fuusiosta <sup>2</sup>

<sup>1</sup><https://www.decisionsciences.com/solutions/nuclear/>

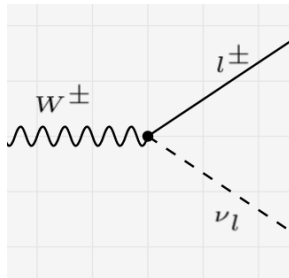
<sup>2</sup>[https://www.nasa.gov/sites/default/files/jan\\_7\\_x\\_flare\\_1600-304.jpeg](https://www.nasa.gov/sites/default/files/jan_7_x_flare_1600-304.jpeg)

# $W^\pm$ ja $Z$ hajoamiset

- Tarkastellaan  $W^\pm$  ja  $Z$  hajoamisia leptoneiksi  $e^\pm$  ja  $\mu^\pm$
- $Z \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$        $W^+ \rightarrow e^+\nu_e, \mu^+\nu_\mu$



Lopputilassa leptoni- pari  
 $e^+e^-$  tai  $\mu^+\mu^-$

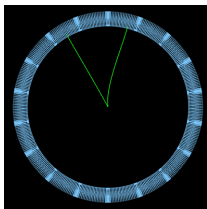


Lopputilassa leptoni ja  
neutriino  $e^+\nu_e$  tai  $\mu^+\nu_\mu$

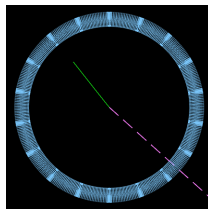
# $W^\pm$ ja $Z$ hajoamiset



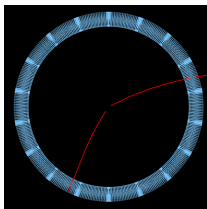
$$Z \rightarrow e^+ e^-$$



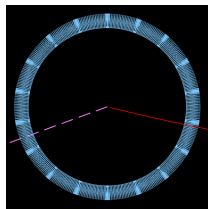
$$W^+ \rightarrow e^+ \nu_e$$



$$Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$$



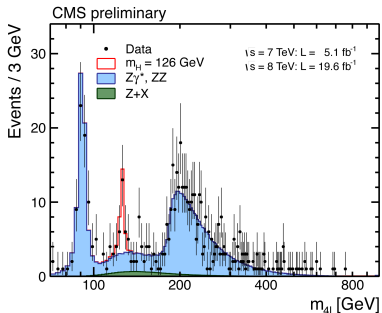
$$W^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$$



- Higgsin mekanismi antaa  $W^\pm$  sekä  $Z$  bosoneille niiden massat
- Mekanismi vaatii Higgsin bosonin olemassaolon
- Hiukkanen löydettiin vuonna 2012 CERNin LHC kiihdyttimellä ATLAS ja CMS koejärjestelyissä

# Uusien hiukkasten löytäminen

- Uusia hiukkasia voidaan havaita tutkimalla törmäyksissä syntyneiden hiukkasten massajakaumia
- Havaintoja verrataan teorioiden ennustuksiin → poikkeamat merkki jostain uudesta



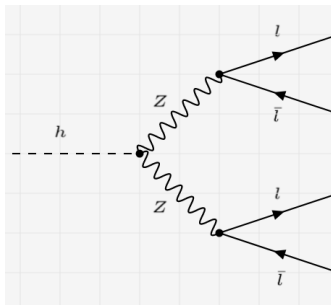
3

# Higgsin bosonin hajoamiset

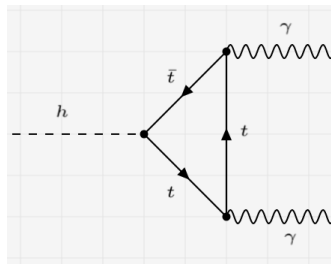
- Tänään etsitään kahta mahdollista lopputilaa

- $h \rightarrow ll\bar{l}$

$$h \rightarrow \gamma\gamma$$



Lopputilassa neljä leptonia.  
Vaihtoehdot:  $e^-e^-e^+e^+$ ,  
 $\mu^-\mu^-\mu^+\mu^+$  tai  $e^+e^-\mu^+\mu^-$



Lopputilassa kaksi fotonia,  
 $\gamma\gamma$

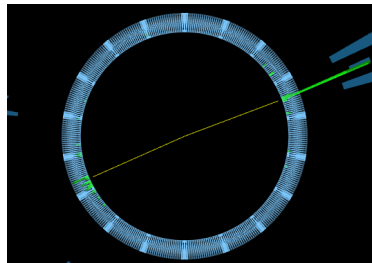
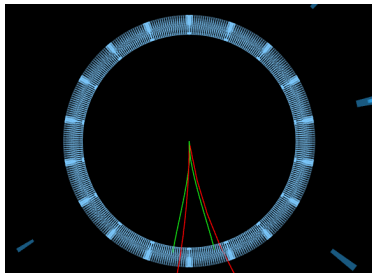


# Higgsin bosonin hajoamiset

- Tänään etsitään kahta mahdollista lopputilaa Higgsille

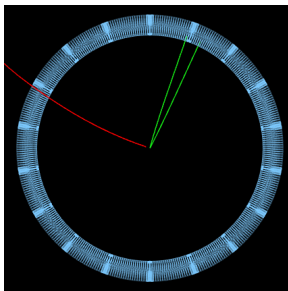
- $h \rightarrow ll\bar{l}$

$$h \rightarrow \gamma\gamma$$




# Zoo event

- Mikäli törmäystapahtuma ei vastaa mitään edellä mainittua, kyseessä on "Zoo"-tapahtuma
- Jokin jälki on saattanut jäädä huomaamatta, tai törmäys edustaa tapahtumaa jonka lopputilasta tekemässämme analyysissä ei olla kiinnostuneita
- Zoo-tapahtumat hylätään ja poistetaan analyysistä







$e^+e^- \mu^+$  lopputila on "Zoo"-tapahtuma

- CIMA log: <https://tinyurl.com/cimaMC2018>



CIMA  
CMS Instrument for Masterclass Analysis

Choose your Masterclass





LArSoft (2017/2017)  
 MIP-2017  
 Reaktor (2016/16)  
 Proton-Proton (2016/16)  
 CMS17 (2016/16)  
 CMS18 (2016/16)  
 CMS19 (2016/16)  
 CMS20 (2016/16)  
 CMS21 (2016/16)  
 CMS22 (2016/16)  
 CMS23 (2016/16)  
 CMS24 (2016/16)  
 CMS25 (2016/16)  
 CMS26 (2016/16)  
 CMS27 (2016/16)  
 CMS28 (2016/16)  
 CMS29 (2016/16)  
 CMS30 (2016/16)  
 CMS31 (2016/16)  
 CMS32 (2016/16)  
 CMS33 (2016/16)  
 CMS34 (2016/16)  
 CMS35 (2016/16)  
 CMS36 (2016/16)  
 CMS37 (2016/16)  
 CMS38 (2016/16)  
 CMS39 (2016/16)  
 CMS40 (2016/16)  
 CMS41 (2016/16)  
 CMS42 (2016/16)  
 CMS43 (2016/16)  
 CMS44 (2016/16)  
 CMS45 (2016/16)  
 CMS46 (2016/16)  
 CMS47 (2016/16)  
 CMS48 (2016/16)  
 CMS49 (2016/16)  
 CMS50 (2016/16)  
 CMS51 (2016/16)  
 CMS52 (2016/16)  
 CMS53 (2016/16)  
 CMS54 (2016/16)  
 CMS55 (2016/16)  
 CMS56 (2016/16)  
 CMS57 (2016/16)  
 CMS58 (2016/16)  
 CMS59 (2016/16)  
 CMS60 (2016/16)  
 CMS61 (2016/16)  
 CMS62 (2016/16)  
 CMS63 (2016/16)  
 CMS64 (2016/16)  
 CMS65 (2016/16)  
 CMS66 (2016/16)  
 CMS67 (2016/16)  
 CMS68 (2016/16)  
 CMS69 (2016/16)  
 CMS70 (2016/16)  
 CMS71 (2016/16)  
 CMS72 (2016/16)  
 CMS73 (2016/16)  
 CMS74 (2016/16)  
 CMS75 (2016/16)  
 CMS76 (2016/16)  
 CMS77 (2016/16)  
 CMS78 (2016/16)  
 CMS79 (2016/16)  
 CMS80 (2016/16)  
 CMS81 (2016/16)  
 CMS82 (2016/16)  
 CMS83 (2016/16)  
 CMS84 (2016/16)  
 CMS85 (2016/16)  
 CMS86 (2016/16)  
 CMS87 (2016/16)  
 CMS88 (2016/16)  
 CMS89 (2016/16)  
 CMS90 (2016/16)  
 CMS91 (2016/16)  
 CMS92 (2016/16)  
 CMS93 (2016/16)  
 CMS94 (2016/16)  
 CMS95 (2016/16)  
 CMS96 (2016/16)  
 CMS97 (2016/16)  
 CMS98 (2016/16)  
 CMS99 (2016/16)  
 CMS100 (2016/16)

Choose your location

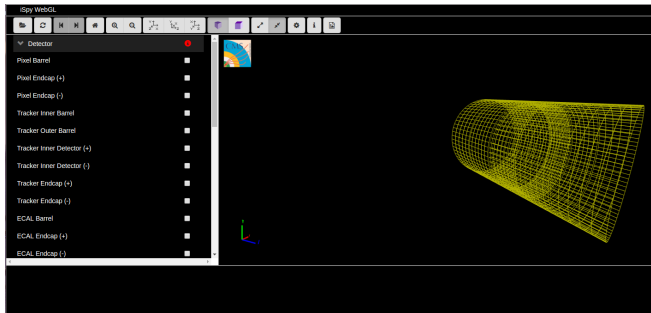
Workshop

Choose your group

Workshop

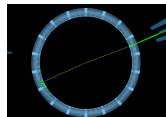
- iSpy Event Display: <https://tinyurl.com/iSpyMC2018>



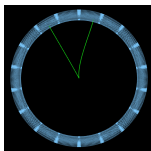
- CIMA: <https://tinyurl.com/cimaMC2018>
- iSpy: <https://tinyurl.com/iSpyMC2018>
- Myötäpäivään kaartuvat varatut hiukkaset ovat positiivisesti varattuja



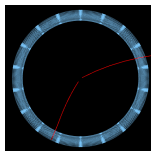
$$H \rightarrow \gamma\gamma$$



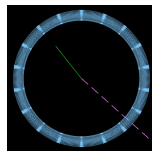
$$H \rightarrow \mu\mu$$



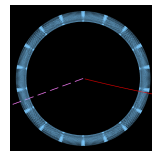
$$Z \rightarrow e^+e^-$$



$$Z \rightarrow \mu^+\mu^-$$



$$W \rightarrow e\nu_e$$



$$W \rightarrow \mu\nu_\mu$$