

2014 년 고등과학원 겨울 학교 프로젝트: ROOT

서울대학교 물리천문학부 유휘동 (hdyoo@snu.ac.kr)

2015 년 1 월 19-24 일

Z 보손은 W 보손과 함께 1983 년 CERN 연구소의 SPS 실험에서 처음 발견되었고 이 발견을 이끈 카를로 루비아와 반 데르 미어에게 이듬해 노벨상을 안겨 주었다. Z 보손은 중성의 전하를 가진 기본입자로 입자간의 상호작용에서 약력을 매개하는 입자로 알려져있다. 같은 연구소의 LHC 실험은 2010 년 첫 가동을 시작하였으며 7 TeV 에너지 충돌실험을 거쳐 2012 년 8 TeV 충돌실험을 실시하였다. LHC 실험은 SPS 에 비해 비약적인 Z 보손 생산성 향상이 이루어졌으며 약 $\sigma \cdot \text{Br}(Z \rightarrow ll) = 1.13 \text{ nb}$ 의 산란단면적(cross section)을 가지고 있다. LHC 는 2012 년 총 20/fb 의 데이터를 축적하였다. CMS 검출기의 acceptance 는 0.5 라 가정한다.

- 1) 8 TeV 에서 Z 보손이 두개의 전자로 붕괴하는 채널에서 CMS 검출기의 효율이 70%일 때 검출된 Z 보손의 갯수를 구하라.
- 2) 8 TeV 에서 Z 보손이 두개의 뮤온으로 붕괴하는 채널에서 CMS 검출기의 효율이 75%일 때 검출된 Z 보손의 갯수를 구하라.
- 3) Z 보손은 $\text{mass} = 91 \text{ GeV}$, $\text{width} = 2.5 \text{ GeV}$ 이다. Z boson resonance 분포 형태는 가우시안(Gaussian)의 형태로 가정한다. ROOT 매크로를 작성하여 Z 보손의 분포를 그려라. 사건의 갯수는 1000 개로 하고 gRandom 함수를 이용한다.
- 4) 3)에서 그린 Z 보손의 분포를 ROOT 내에 있는 TF1 을 이용하여 fit function 을 정의하고 fit 을 실행하여 그 결과 값(χ^2)을 구하라.
- 5) 제공된 sample.root 파일에서 histMC 와 histData 라는 이름의 히스토그램을 불러들이는 매크로를 작성하라. 여기서 histMC 는 몬테카를로 (Monte Carlo) 방법을 이용해 Z 보손 및 배경사건 (background)을 생산한 시뮬레이션 사건이다. histData 는 8 TeV 데이터로부터 얻은 사건의 분포이다.
- 6) (advanced) 두개의 히스토그램을 하나의 TCanvas 에 겹쳐서 분포도를 그려라. 그 분포도에서 x 축의 범위는 80-100 GeV 로 한정한다. TPad 를 둘로 나누어 아래의 TPad 에는 두 히스토그램의 ratio (data/MC)를 그려라. (예시: figure 2, <http://arxiv.org/pdf/1402.0923v2.pdf>)
- 7) (advanced) histData 분포는 final state radiation 효과로 인해 정확한 가우시안 형태가 아니며 fit 함수를 4)에서와 같이 가우시안만으로 할 경우 정확한 fit 결과를 얻을 수 없다. Cristal Ball 함수와 가우시안 함수를 정의하고 이를 이용하여 histData 를 fit 하고 결과 값에서 mass 와 width 를 추출하라.
- 8) (advanced) 같은 방법으로 histMC 의 mass 와 width 를 구하고, 7)의 결과와 비교하라.

- 9) (advanced) 주어진 `sample.root` 에 `histZ`, `histTop`, `histWW` 분포가 있다. 이 세 분포는 모두 몬테카를로 방법을 이용하여 만들어진 시뮬레이션 사건이며 `histZ` 는 Z 보존 (signal), 나머지는 배경사건 (background)를 나타낸다. 이 세 분포의 합은 `histMC` 와 동일하다. 이 세 분포를 `THStack` 을 이용하여 새로운 히스토그램을 정의하고 6)에서 `histMC` 를 대체하여 다시 그리도록 한다. 여기서 색은 `histZ(yellow)`, `histTop(red)`, `histWW(blue)`로 하도록 한다. `TLegend` 를 이용하여 사용된 모든 히스토그램들의 `legend` 를 만든다.