

우주과학통계실습 Project

2023. 6

일반사항

- 제출기한: 2023. 6. 22 (목) 저녁 6시
- 필요시 프로젝트 관련한 중간질문은 zoom을 이용해 한시간 정도 진행 (날짜: 추후 공지)
<https://khu-ac.zoom.us/j/8233508733?pwd=ZjlLYUJsRUt4S0kyWnJ3N3NOBGlpZz09>
- 그 외 질문은 e-campus의 게시판을 이용바랍니다 (개인 이메일 교신은 정보공유를 위해 지양해 주세요).
- Python code 를 작성할 때 Comment인 # 혹은 ''' ''' 등을 이용하여 아래 각 문제에 해당하는 번호 별 문제 내용을 복사 한 후 작성하십시오 (채점 진행용).
- 작성된 code는 숙제 제출과 동일한 방법을 따르면 됩니다 (이메일 제출).
- 제출된 Python code는 e-campus의 Gradescope 등을 통해 표절 및 복사에 대한 check를 시행합니다. 표절/복사가 확인되면 제공한 사람(들)과 이를 이용한 사람(들) 모두 0점 처리합니다.
- Code는 *.py 형식으로 과목 조교에게 제출하십시오.

문제의 배경

- 우주의 대전입자를 검출하는 장치는 검출기가 측정하는 신호를 전압의 형태로 생성하고 이를 교정 (Calibration) 하기 위하여 에너지가 알려진 방사성동위원소를 사용하여 장치에 조사 (Irradiation)하는 과정을 거친다.
- 본 문제의 5개 DATA FILE들은 각각 에너지가 알려진 4가지 방사성동위원소 (Am^{241} ¹, Ba^{144} ², Cs^{137} ³, Eu^{152} ⁴)를 우주대전 입자검출기에 조사하여 얻은 결과이고 나머지 한 파일은 방사성동위원소 없이 배경 (Background)을 측정한 파일이다.
- 본 과제의 목표는 이 입자검출기의 측정값과 방사성동위원소의 에너지의 관계식인 Energy와 전압 (ADC Channel 혹은 간단히 Channel이라 부름)사이의 관계식을 구하는 것이다.



Figure 1 본 과제의 자료를 제공하는 장치 (좌)와 방사성동위원소의 예 (우)

¹ http://www.lnhb.fr/nuclides/Am-241_tables.pdf

² http://www.lnhb.fr/nuclides/Ba-133_tables.pdf

³ http://www.lnhb.fr/nuclides/Cs-137_tables.pdf

⁴ http://www.lnhb.fr/nuclides/Eu-152_tables.pdf

① (10점) 주어진 5개의 data set (Am241_countrate.csv, Ba133_countrate.csv , Cs137_countrate.csv, Eu152_countrate.csv , Background_countrate.csv 을 각각 읽어 들이시오.

- 각 file 첫번째 열(column) 은 ADC Channel 번호, 두번째 열 은 count rate (#/s)

② (10점) 이제 각각의 file에서 자료 count rate의 불확실성 (uncertainty)를 구하려 한다. 검출기의 count가 Poisson 분포를 따른다고 가정하고 count rate 의 불확실성을 구한 후 읽어 들인 5개의 dataset의 3번째 열에 계산 값을 추가하시오.

| 실험이름 | 누적시험시간 (초) |
|------------|------------|
| Am-241 | 3,600 |
| Ba-133 | 28,252 |
| Cs-137 | 22,880 |
| Eu-152 | 23,352 |
| Background | 4,328 |

※ count rate 의 불확실성을 구하는 방법에 대하여는 강의자료 B2의 48쪽 "30분동안 49개 Alpha측정실험" 내용 참조

③ (10점) 방사선원을 사용하여 획득한 4개 자료의 2번째 열에 기록된 값은 방사선원과 배경의 영향이 혼합되어 있다고 추정된다 ($C_{isotope + backgorund}$). 4개 자료의 2번째 열에서 background coutrate 을 ($C_{background}$) 제거하여 4번째 column에 삽입하라

④ (10점) 5번째 열에는 4번째 열값의 불확실성을 계산하라. (5번째 열의 불확실성은 아래의 관계식을 참조하여 Error Propagation 공식을 따라 계산하면 된다)

$$C_{net} = C_{isotope + backgorund} - C_{background}$$

⑤ (10점) 이제 3에서 계산한 4번째 열의 값이 방사선원에 대한 장치의 순수 반응으로 간주하자. 4개의 방사선원에 대한 count rate값 (4번째 열 값)의 그림을 각각 그리시오.

- 그림의 X축은 ADC Channel 번호, Y축 count rate으로 설정하여 그릴 것.

⑥ (10점) 이 그림에서 발견되는 눈에 띄는 선명한 Peak들을 python function 을 이용하여 찾고 Peak 의 X-값 (ADC channel) 을 그림에 표시 하시오

※ "from scipy.signal import find_peaks" 구문을 통해 find_peaks등을 호출하면 해당기능을 code상에서 수행할 수 있다

https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.find_peaks.html

<https://plotly.com/python/peak-finding/>

⑦ (10점) 자료에 존재하는 Peak중 에너지가 잘 알려진 Peak들 중 일부를 선정하여 Energy-Channel의 관계식에 사용하려 한다. 아래의 그림과 같이 15개의 peak을 이용하려 하니 이들 peak의 ADC channel 값을 찾아 numpy array로 저장하시오.

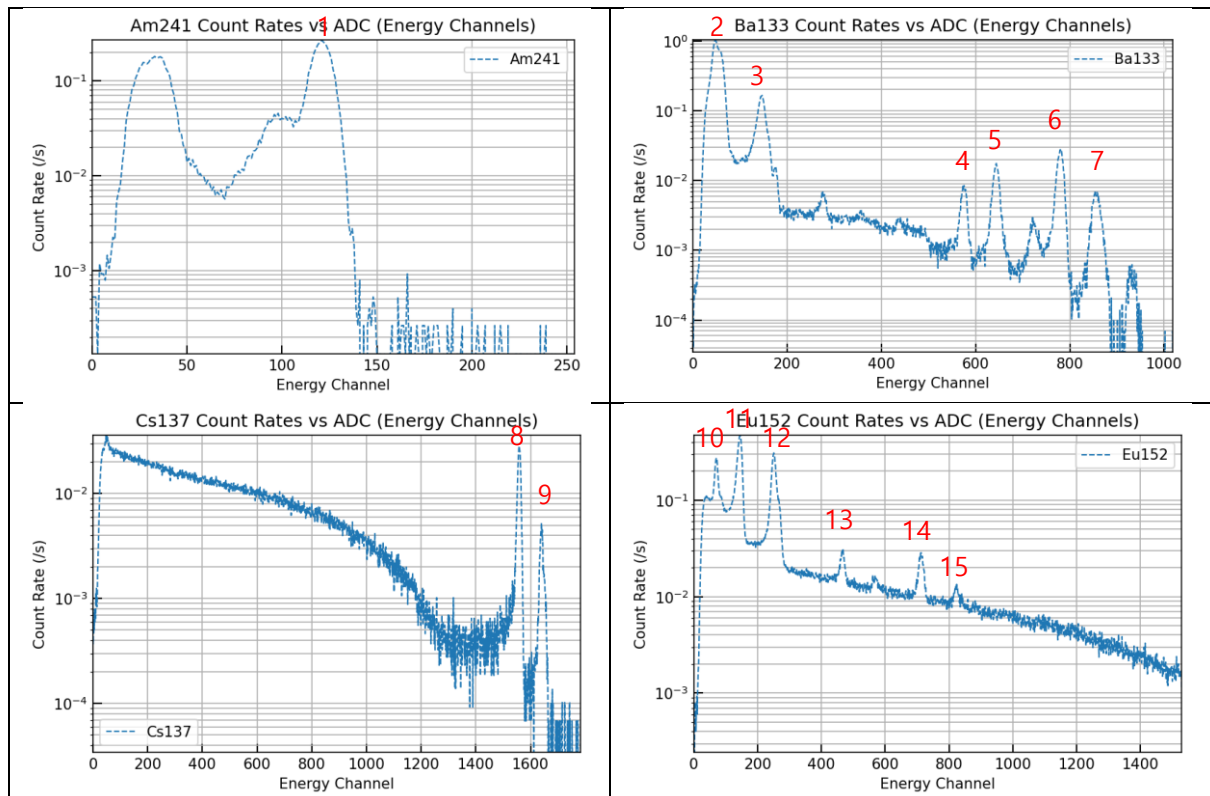


Figure 2 방사성 동위원소별 사용할 Peak의 위치

- ⑧ (10점) 아래의 표를 참조하여 ⑦에서 구한 array에 대응하는 별도의 array로 저장하시오.
(Energy array)

Table 1 Least Square Fitting 을 위해 사용할 15 Peak 의 Energy 값

| Peak 번호 | Isotope | Energy(keV) |
|---------|---------|-------------|
| 1 | Am-241 | 59.5 |
| 2 | Ba-133 | 30.9 |
| 3 | Ba-133 | 79.0 |
| 4 | Ba-133 | 240.0 |
| 5 | Ba-133 | 267.0 |
| 6 | Ba-133 | 320.0 |
| 7 | Ba-133 | 350.3 |
| 8 | Cs-137 | 624.2 |
| 9 | Cs-137 | 656.7 |
| 10 | Eu-152 | 40.1 |
| 11 | Eu-152 | 74.9 |
| 12 | Eu-152 | 114.5 |
| 13 | Eu-152 | 190.5 |
| 14 | Eu-152 | 294 |
| 15 | Eu-152 | 335.9 |

- ⑨ (20점) ⑦에서 찾은 ADC Peak의 불확실성에 해당하는 값을 찾기 위해 Figure 2에 나열된 15개 Peak의 모양을 Gaussian 함수를 이용하여 Fitting 하려 한다. 사용할 함수의 모양은 일반적으로 아래와 같다. 여기서 찾고자 하는 Fitting parameter는 (A , x_0 , σ) 이고 각각 A 는 peak 에서의 p 크기 (peak count rate), x_0 는 peak의 x 위치 (peak의 channel 값), σ 는 해당 peak의 폭을 나타낸다. Figure 2의 15개의 peak 각각에 대하여 Gaussian fitting을 수행하여 최적의 parameter (A , x_0 , σ)를 찾고 그 결과를 그림으로 표시 하시오.

$$f(x) = Ae^{-(x-x_0)^2/\sigma^2}$$

- Fitting에 사용할 초기값으로 A = peak에서의 관측 count rate, x_0 =peak의 위치 (⑦에서 찾은 값 이용), σ =10을 가정하시오.
- 각 Peak의 Fitting에 사용할 ADC의 범위는 닫힌 구간 $[x_0 - 20, x_0 + 20]$ 을 적용하시오.

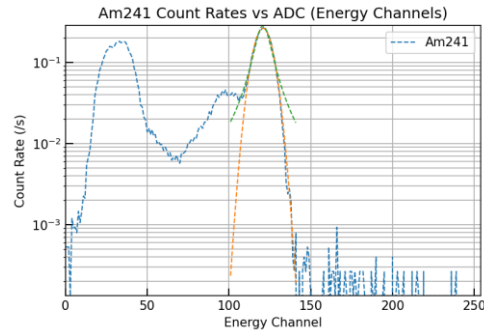


Figure 3 Energy Channel vs. count rate의 Gaussian Fitting의 예

⑩ (20점) ⑨에서 찾은 최적의 Fitting Parameter를 이용하여 Energy 와 Channel 사이의 관계식을 선형으로 표시하려 한다. Linear Least Square Fit을 통하여 Energy-Channel 관계식을 구하시오

- Table 1의 Peak Energy 값을 Linear Least Square Fit 의 x 값으로 간주
- ⑨에서 찾은 x_0 와 σ 를 각각 Linear Least Square Fit 의 y , σ_y 로 간주

⑪ (15점) ⑩ 에서 구한 Fitting 결과에 따르는 Fitting constant의 불확실성은 얼마인가?

⑫ (15점) ⑩ 에서 수행한 Fitting을 이차식에 대하여 수행할 때 이차항의 계수는 얼마인가? 에너지와 ADC사이의 관계식은 Correlation Coefficient 를 통해 정량적으로 판단할 때 선형적인가?