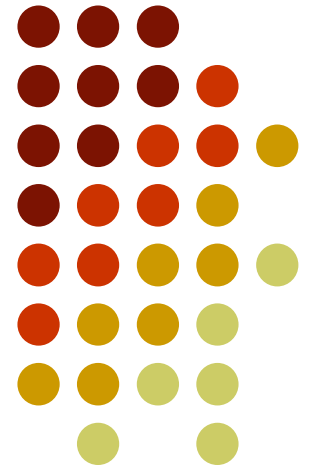


베타핵종 분석

**Analysis of
Better Emitters**



이해영

개요

방사성 핵종 분석의 목적



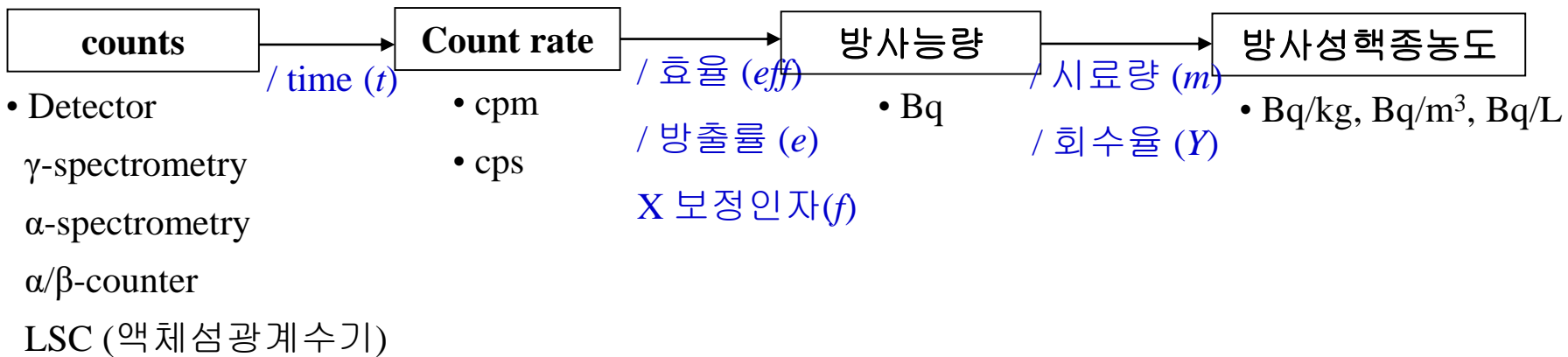
- 방사능 폐기물 준위
 - 환경 오염 및 주민 피폭을 최소화하기 위해 소외로 방출되는 방사성 핵종을 분석 → 방출량 평가
- 환경 방사능 준위
 - 피폭선량 평가
 - 축척 경향 평가
 - 방사능 변동준위 파악 → 원자력시설의 이상 유무 감시
사고의 조기탐지 (국내외)
- 생명공학, 지구과학 등

개요

방사능 분석의 개요



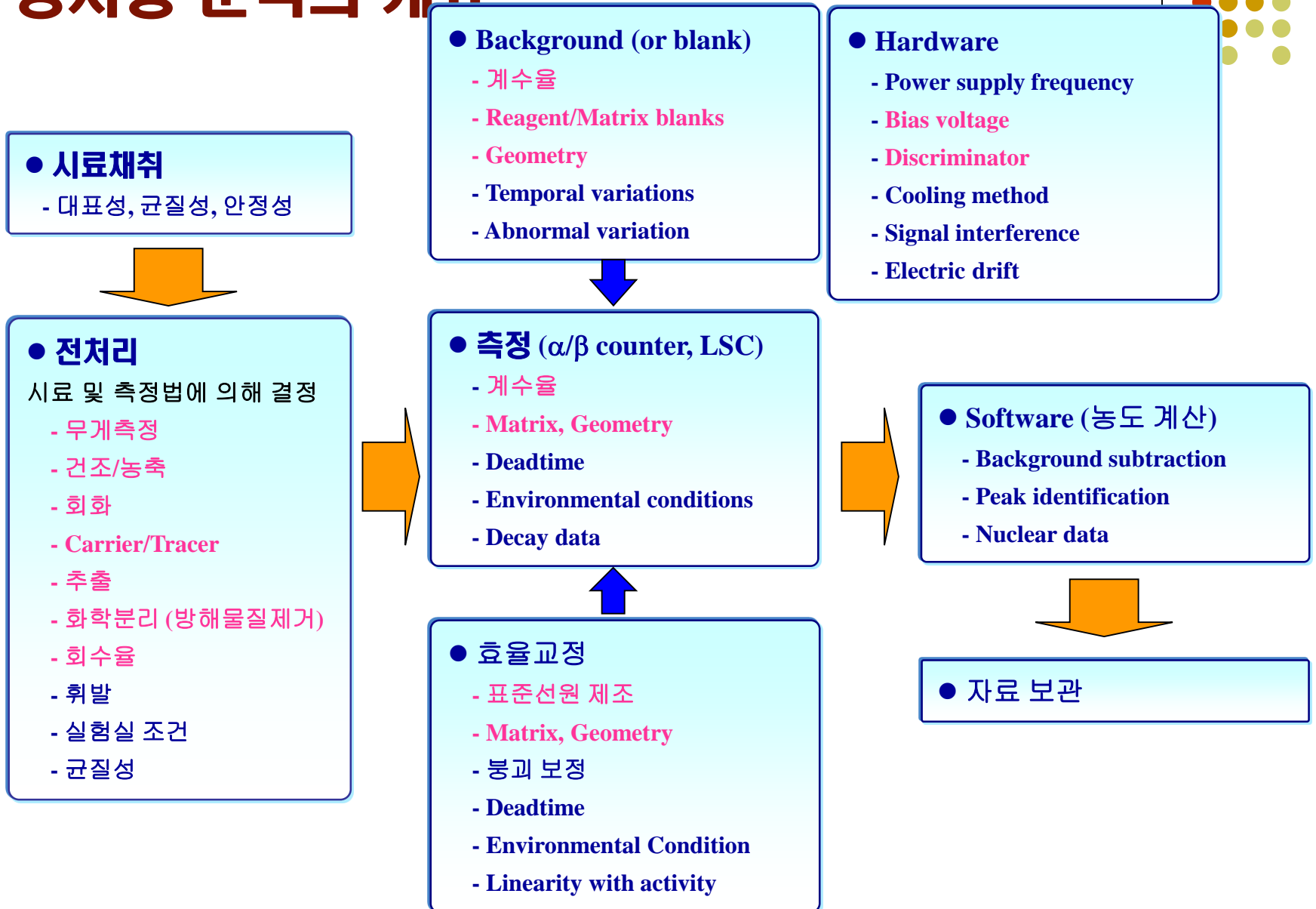
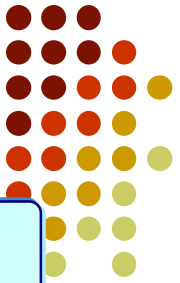
- 방사성 핵종 분석 (측정 및 계산)



$$activity(Bq/kg) = \frac{count}{t \cdot eff \cdot e \cdot m \cdot Y} \times f(1, 2, 3 \dots)$$

개요

방사능 분석의 개요



개요

베타선 방출 핵종

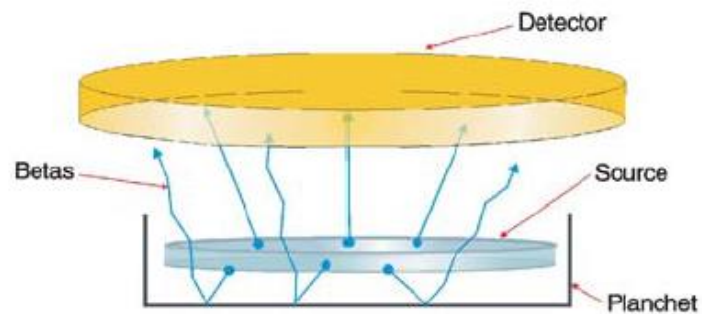


- 순수 베타선 방출핵종
 - Sr-90 (Sr-89)
 - H-3, C-14
 - α/β counter or LSC

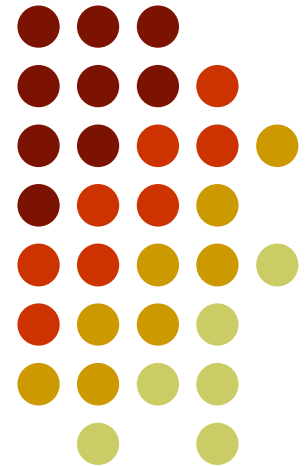
- 감마선 방출 베타핵종
 - Cs-137, I-131 등
 - Co-60 등
 - Gamma spectrometry

Source	Radionuclides	
Uranium Series	^{238}U , ^{234}U	α
	^{234}Th	β
	^{230}Th , ^{226}Ra	α
	^{218}Po , ^{214}Po	α
	^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{210}Bi	β β
Thorium Series	^{232}Th	α
	^{228}Ra , ^{228}Ac	β
	^{228}Th , ^{224}Ra , ^{216}Po	α
	^{212}Pb , ^{212}Bi	β
Fission Products	^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr	β
	^{131}I , etc.	β
Others	^3H	β
	^{14}C , ^{40}K , ^{60}Co	β
	^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	α

전베타 방사능 측정



Backscatter Effect



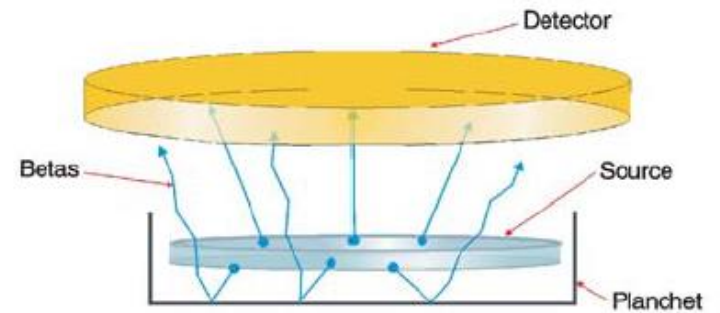
전베타 방사능 분석 목적

- **목적**

- Screening
 - 추가적인 정밀 핵종분석 여부 판단
 - 기준치 초과 여부 판단
 - 개략적인 환경방사능 변동 추세 정보 획득
- ex> Screening level (음용수, WHO)
- gross 알파 : 0.5 Bq/L
- gross 베타 : 1.0 Bq/L

- **전베타 방사능 분석의 장점**

- 핵종 구별 없이 시료에서 방출되는 베타선을 측정함
- 다량의 시료를 빠르게 측정 가능
- 대부분의 베타선 방출 핵종에 대하여 감시 가능
- Gamma spectrometer의 보급으로 중요성 떨어짐



Backscatter Effect

전베타 방사능 분석 목적



- 단점

- 핵종 구분 불가
- Uncertainty가 큼
- α -Spectrometry 보다 bkg가 큼
- No Spectrum
- 흡수보정하기 위한 균질한 calibration source 제조가 어렵다
- 천연 방사성핵종 기여가 큼 (U-계열, Th-계열, K-40 등)
- 100 keV 이하 핵종은 screening 곤란
 - H-3, Ni-63, Pb-210, Ra-228, Pu-241, etc.
 - 이들 핵종 감시에는 LSC가 더 유리
- 선량추정이나 시설 기여분의 저준위 방사능 측정에는 부적합
- 계측장비의 발달로 그 의미가 퇴색되어감.

전베타 방사능 분석 목적



- 관련 핵종
 - 일반적으로 천연핵종이 대부분

Source	Radionuclides	
Uranium Series	^{238}U , ^{234}U ^{234}Th ^{230}Th , ^{226}Ra ^{218}Po , ^{214}Po ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{210}Bi	α β α α β β
Thorium Series	^{232}Th ^{228}Ra , ^{228}Ac ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{216}Po ^{212}Pb , ^{212}Bi	α β α β
Fission Products	^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{90}Sr ^{131}I , etc.	β β
Others	^3H ^{14}C , ^{40}K , ^{60}Co ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am	β β α

Gas proportional α/β counter 계수(計數) 원리



- Low background gas proportional α/β counter

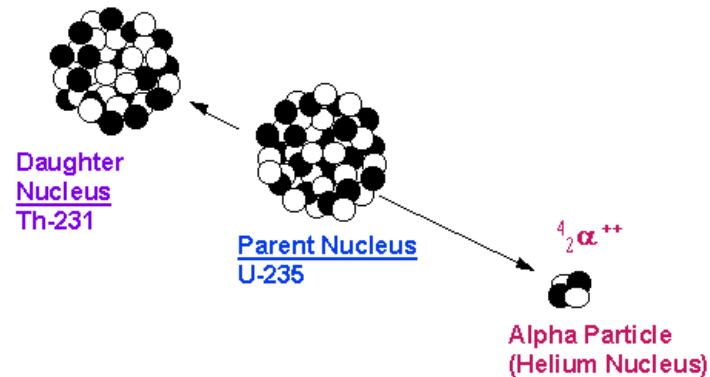


Gas proportional α/β counter 기초



- α 선, β 선, γ -선, 우주선이 관여
- α 입자
 - +2 전기를 띤 하전입자 (He 원자핵)
 - 단일의 특성 에너지
 - 낮은 투과력
 - 느린 비행속도

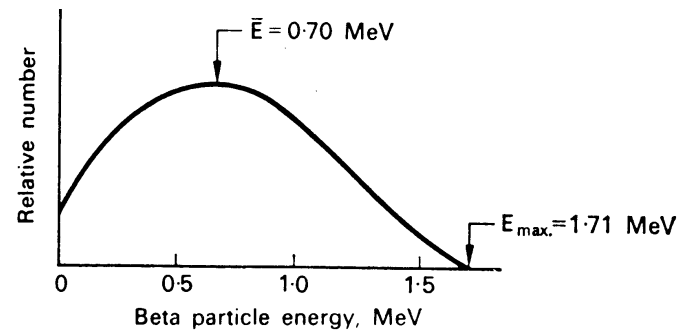
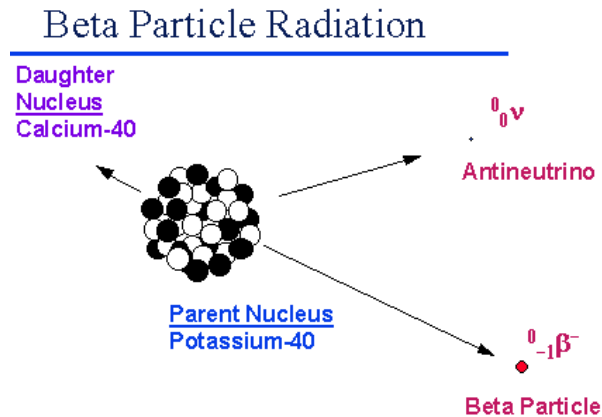
Alpha Particle Radiation



Gas proportional α/β counter 기초



- β 입자
 - - 베타
 - 반중성미자(anti-neutrino)
 - + 베타

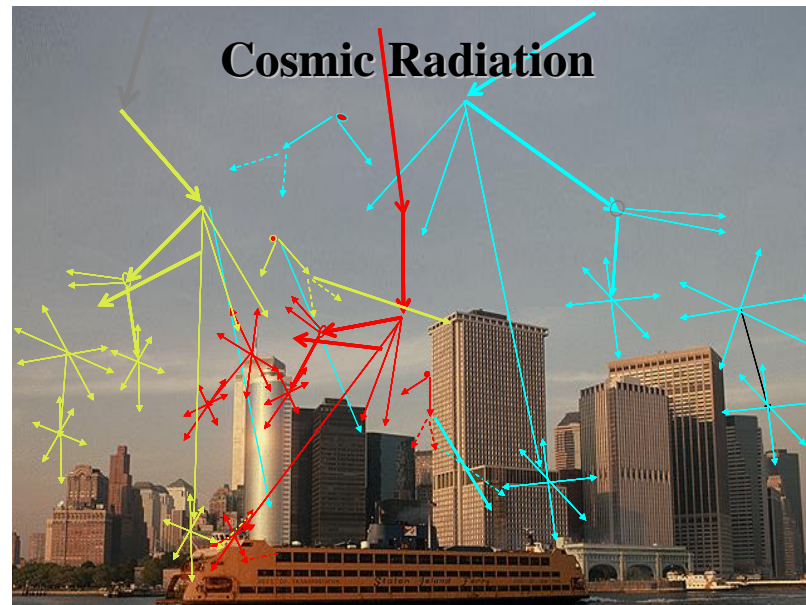


Gas proportional α/β counter 기초



- 우주선

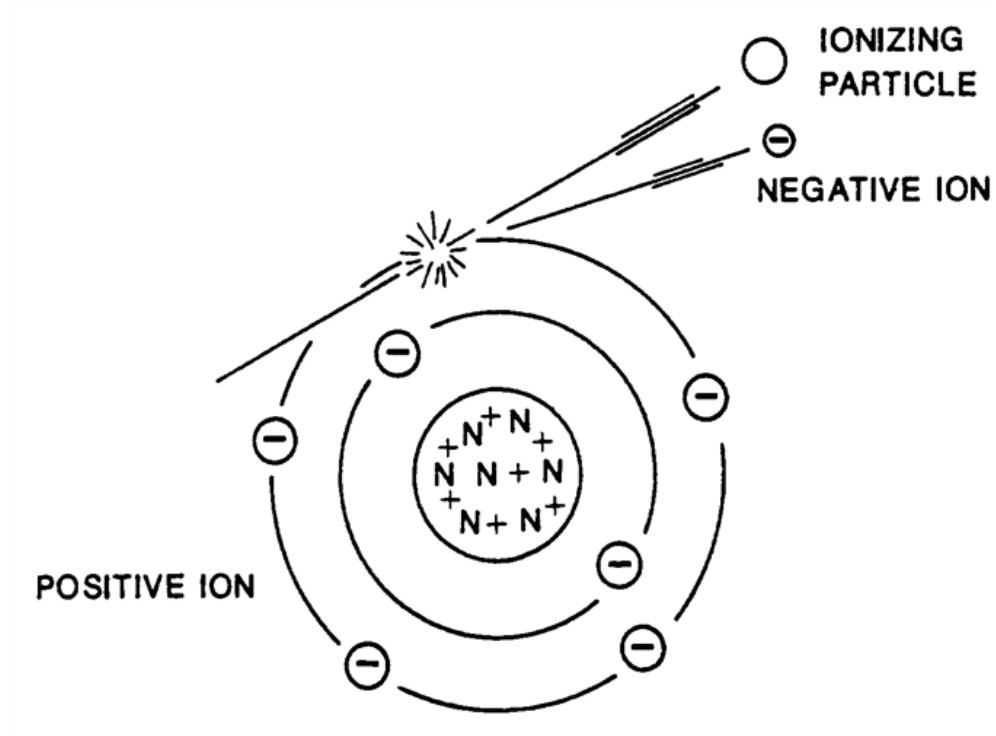
- 외계서 생성된 매우 에너지가 큰 방사선
- 대부분 지표 도달전 소멸하나 Muons은 해수면까지 도달
- 큰 에너지, 큰 투과력,
- 알파선 및 베타선과 같은 방법으로 매질과 반응



Gas proportional α/β counter 기초

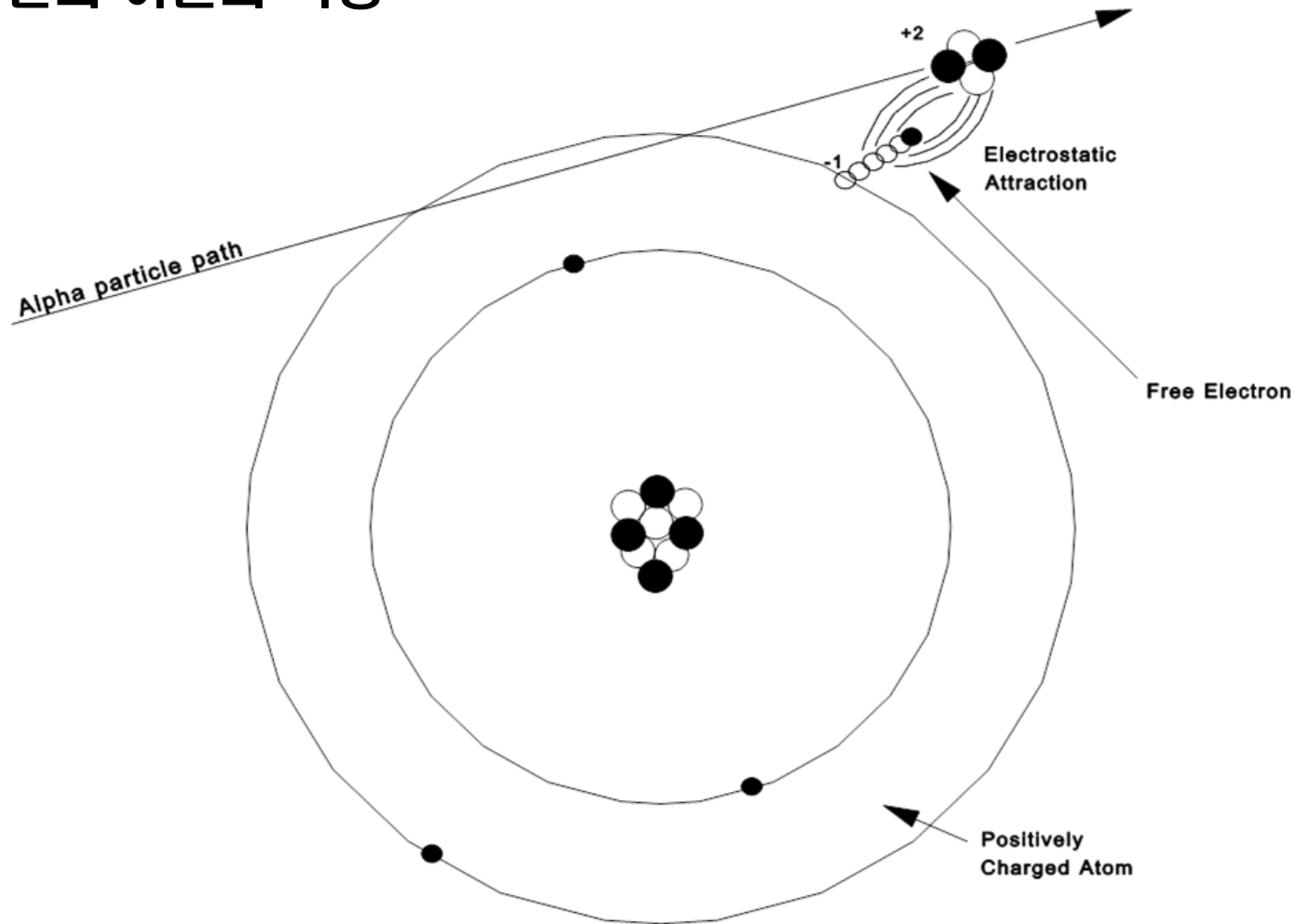


- 베타선의 이온화 특성



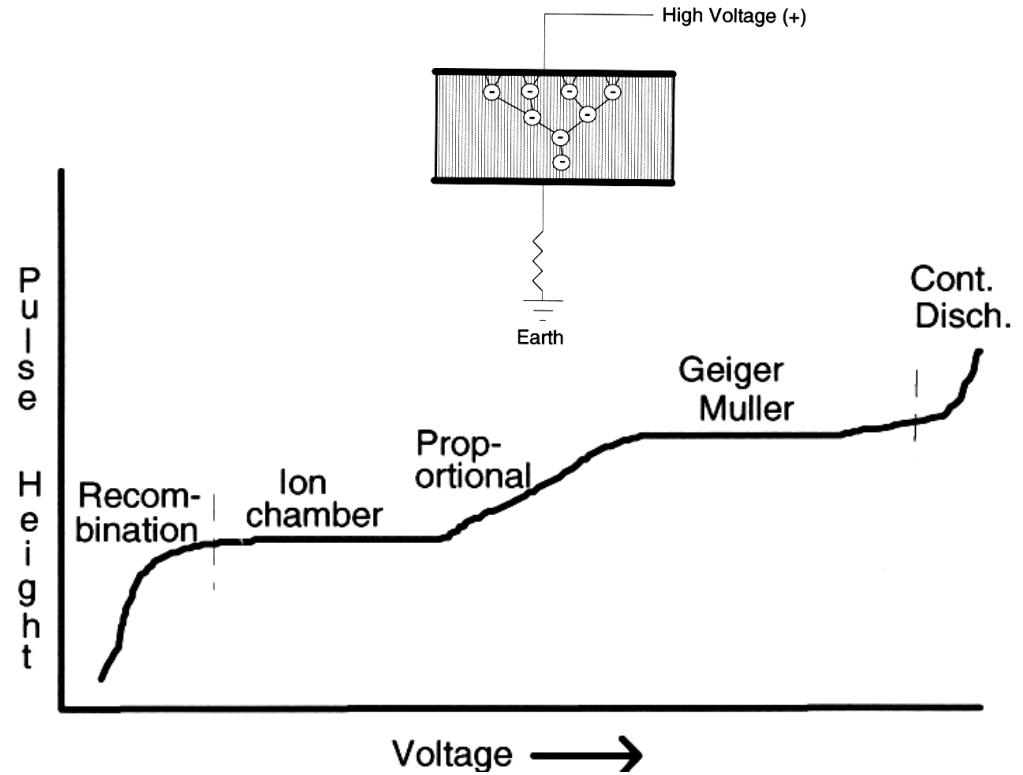
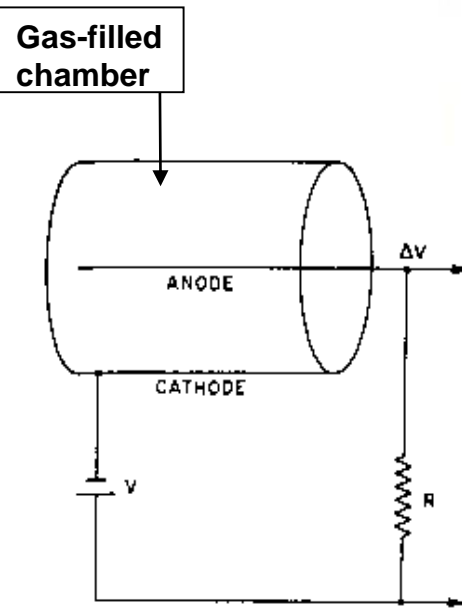
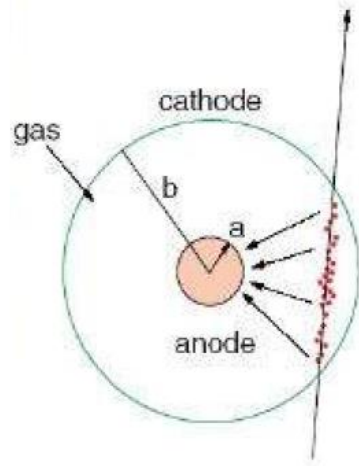
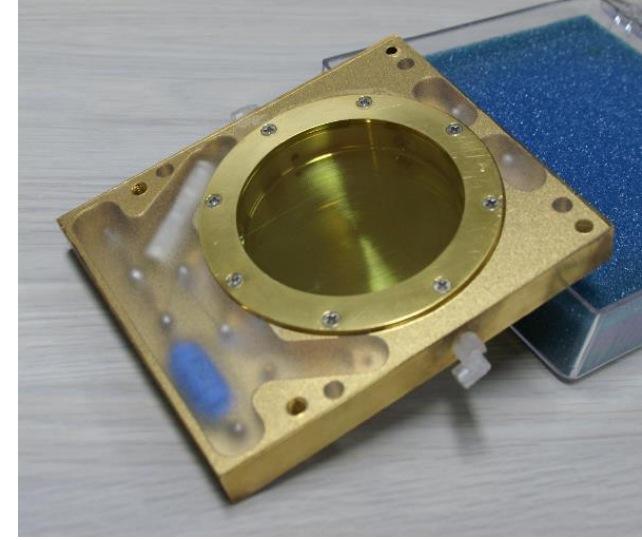
Gas proportional α/β counter 기초

- 알파선의 이온화 특성



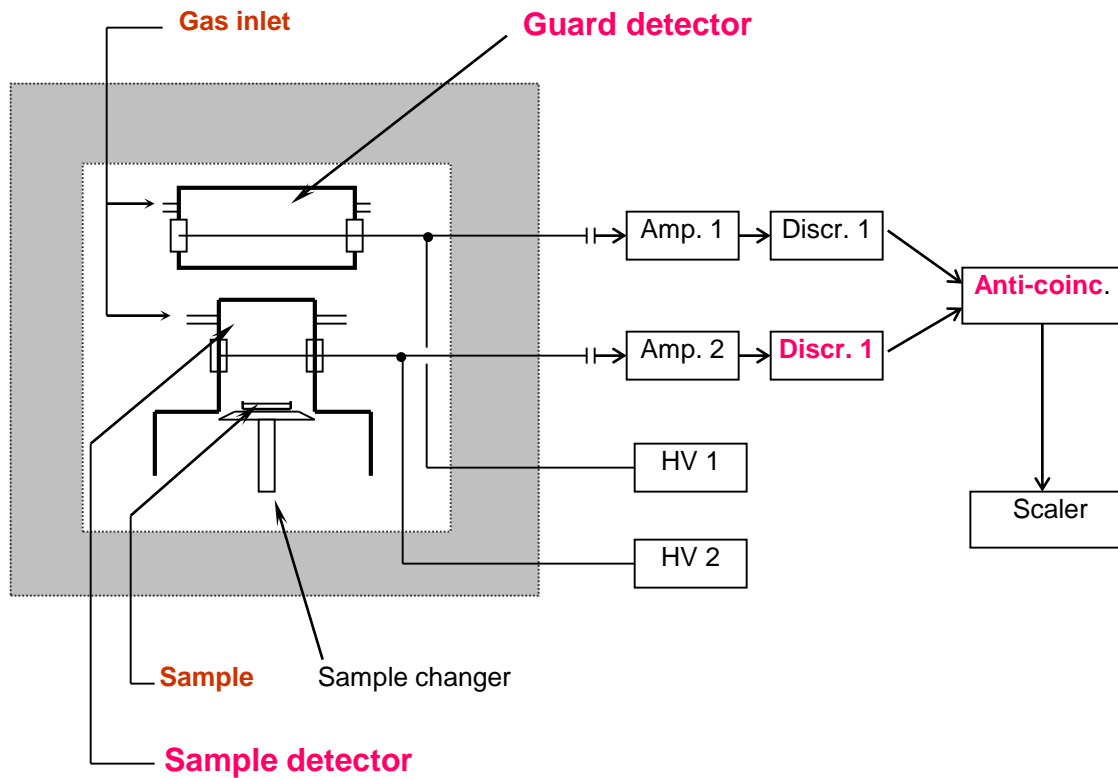
Gas proportional α/β counter 계수(計數) 원리

- 검출기 반응



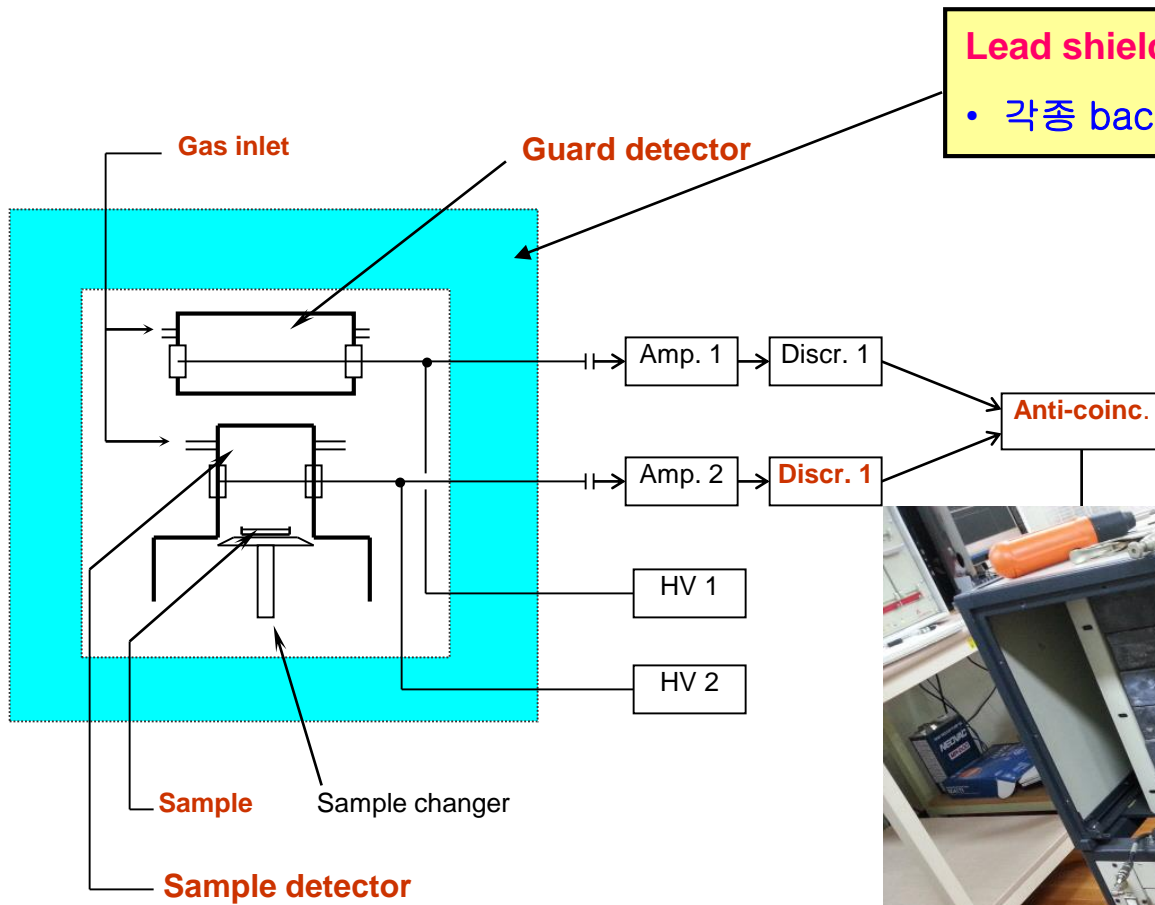
Gas proportional α/β counter

계수(計數) 원리



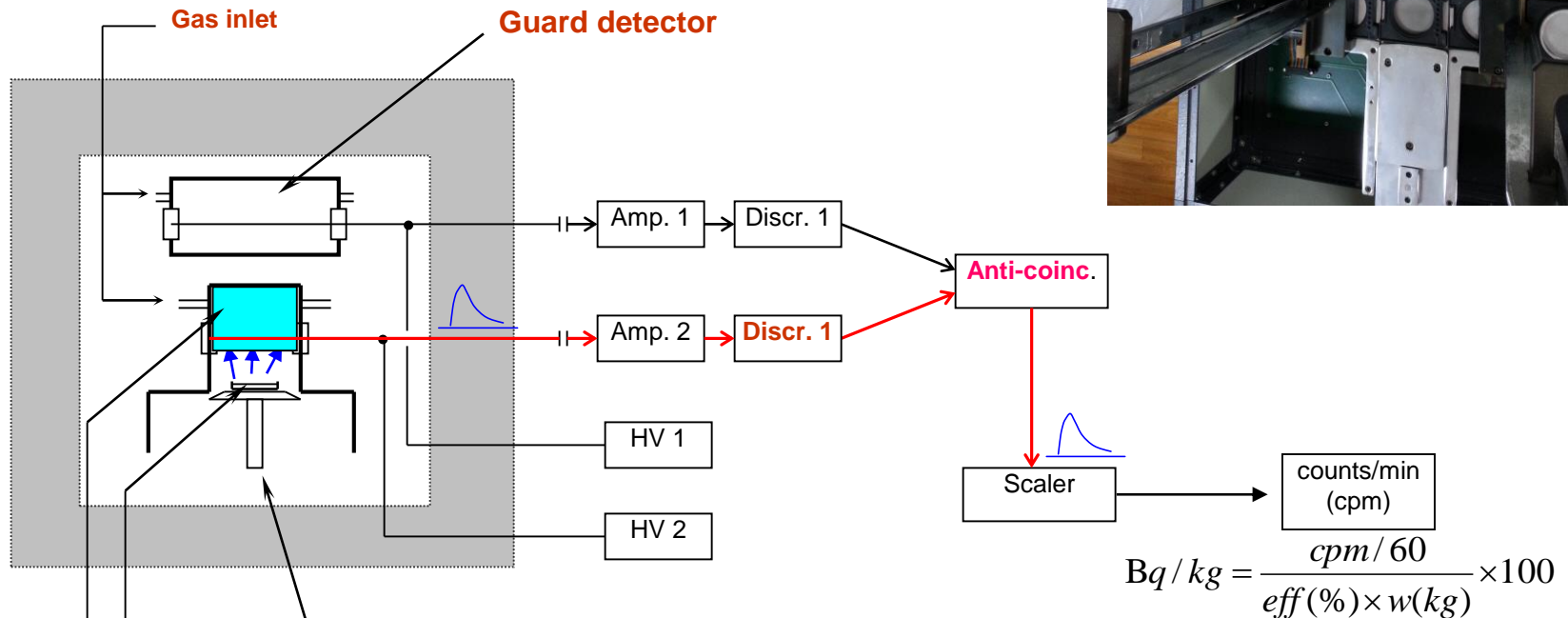
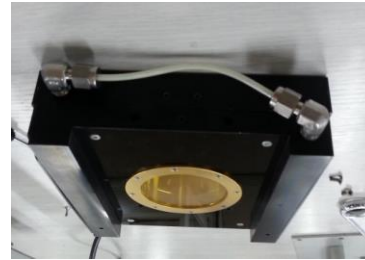
Sample detector
Guard detector
Lead shield
Anticoincident Circuit
Discriminator (α, β)

Gas proportional α/β counter 계수(計數) 원리



Gas proportional α/β counter

계수(計數) 원리

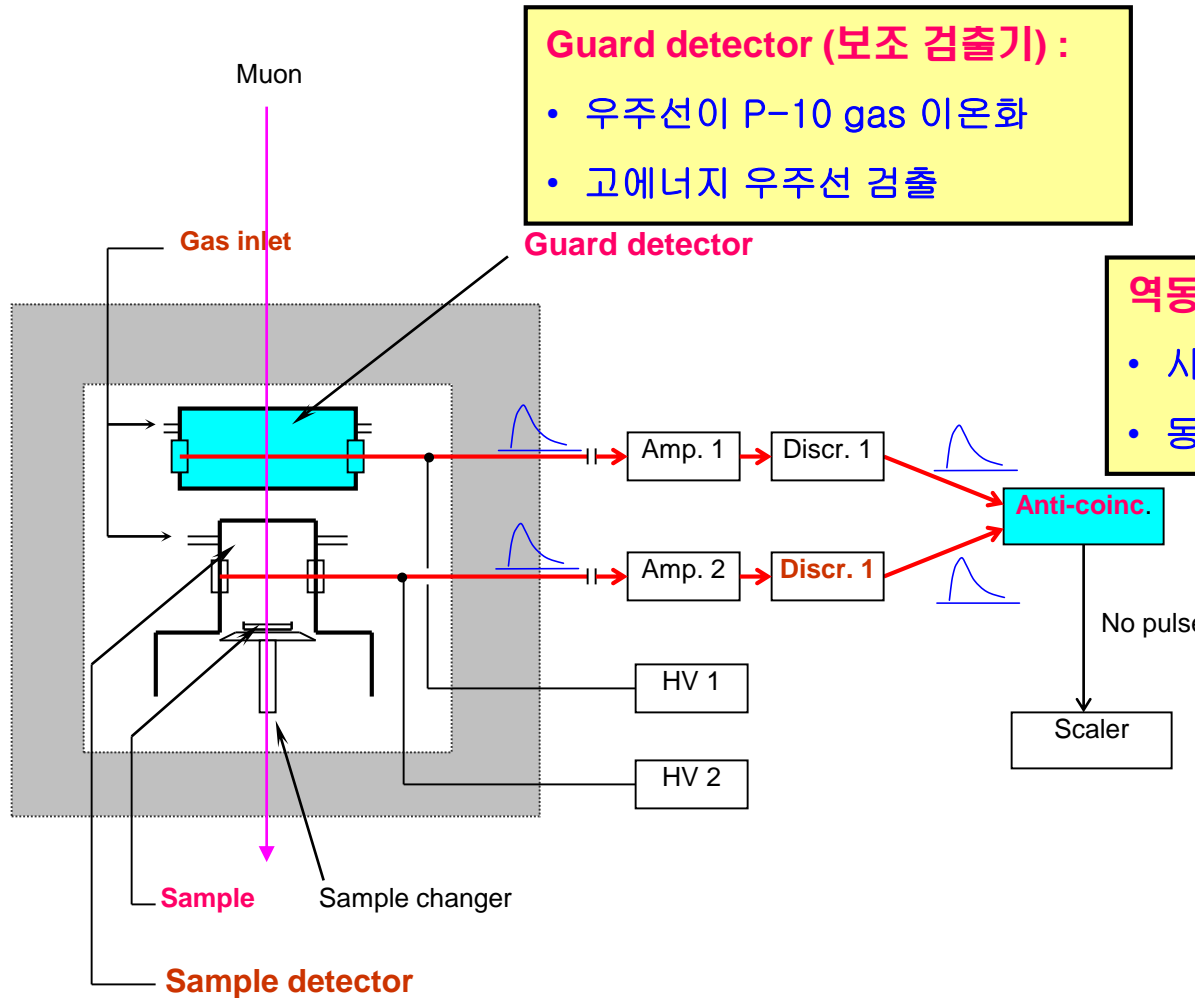


Sample detector :

- P-10 gas, 얇은 window, 전압
- 알파선, 베타선, 우주선이 P-10 gas 이온화
- 시료에서 방출되는 베타선 검출

Gas proportional α/β counter

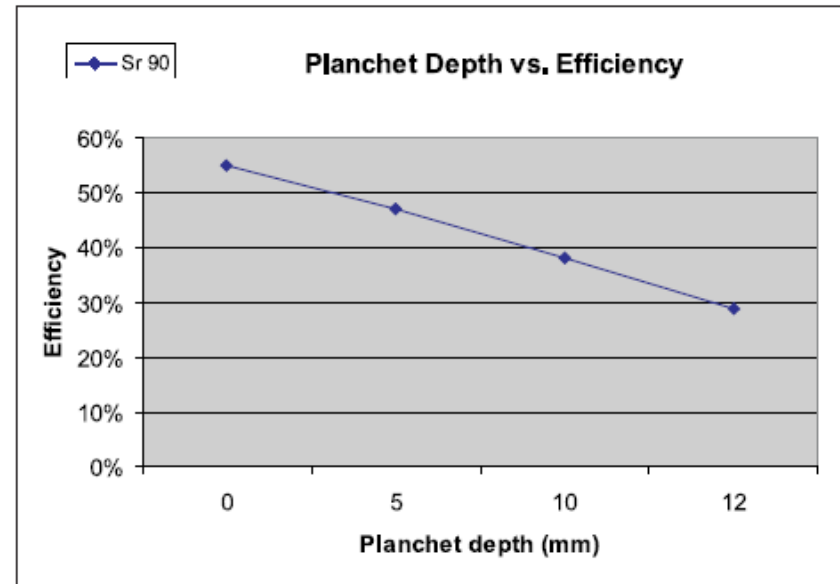
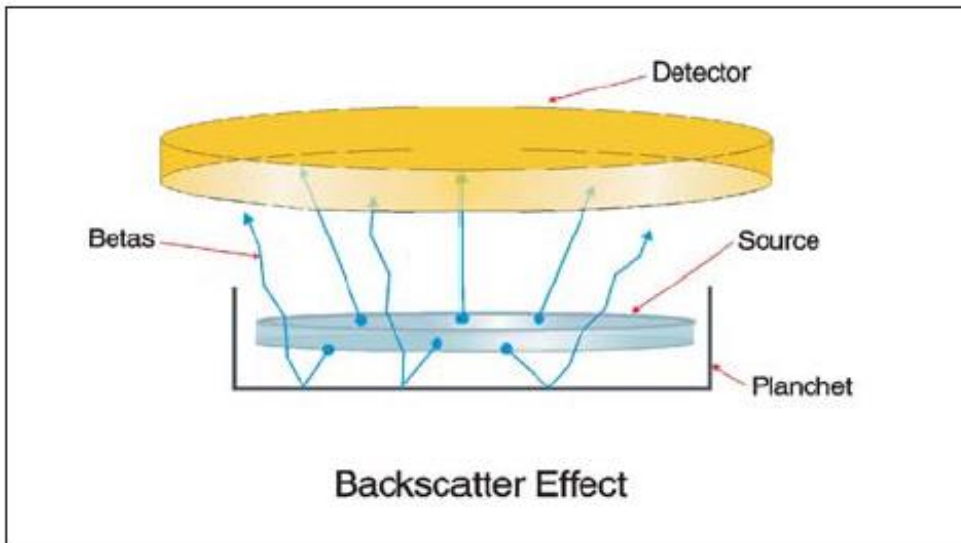
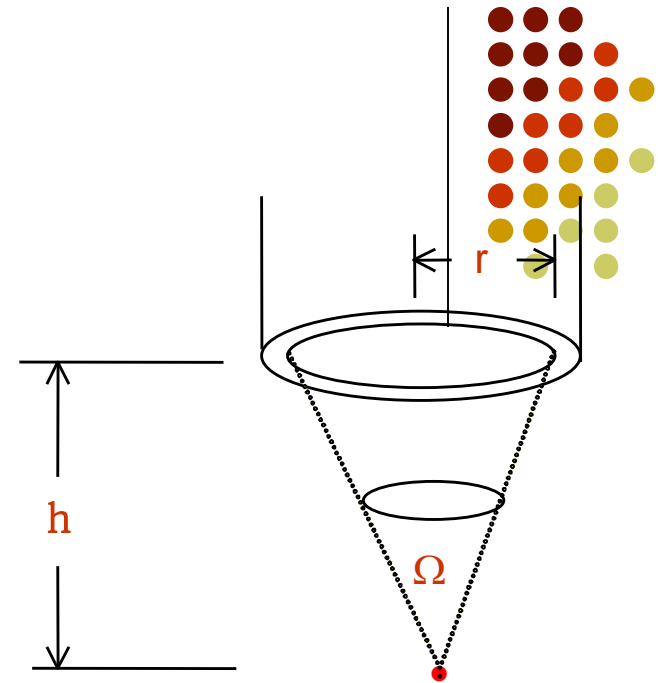
계수(計數) 원리



Gas proportional α/β counter

계수(計數) 원리

- 계측에 미치는 인자
 - Geometry efficiency
 - Absorption of β -ray
 - Back scattering of β -ray
 - Counting loss by dead time, etc.



Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서
 - Bias voltage
 - ROI (spill over or crosstalk)
 - Bkg
 - Efficiency
 - Attenuation (Self absorption 보정) : 실제 적용 효율

Gas proportional α/β counter Calibration



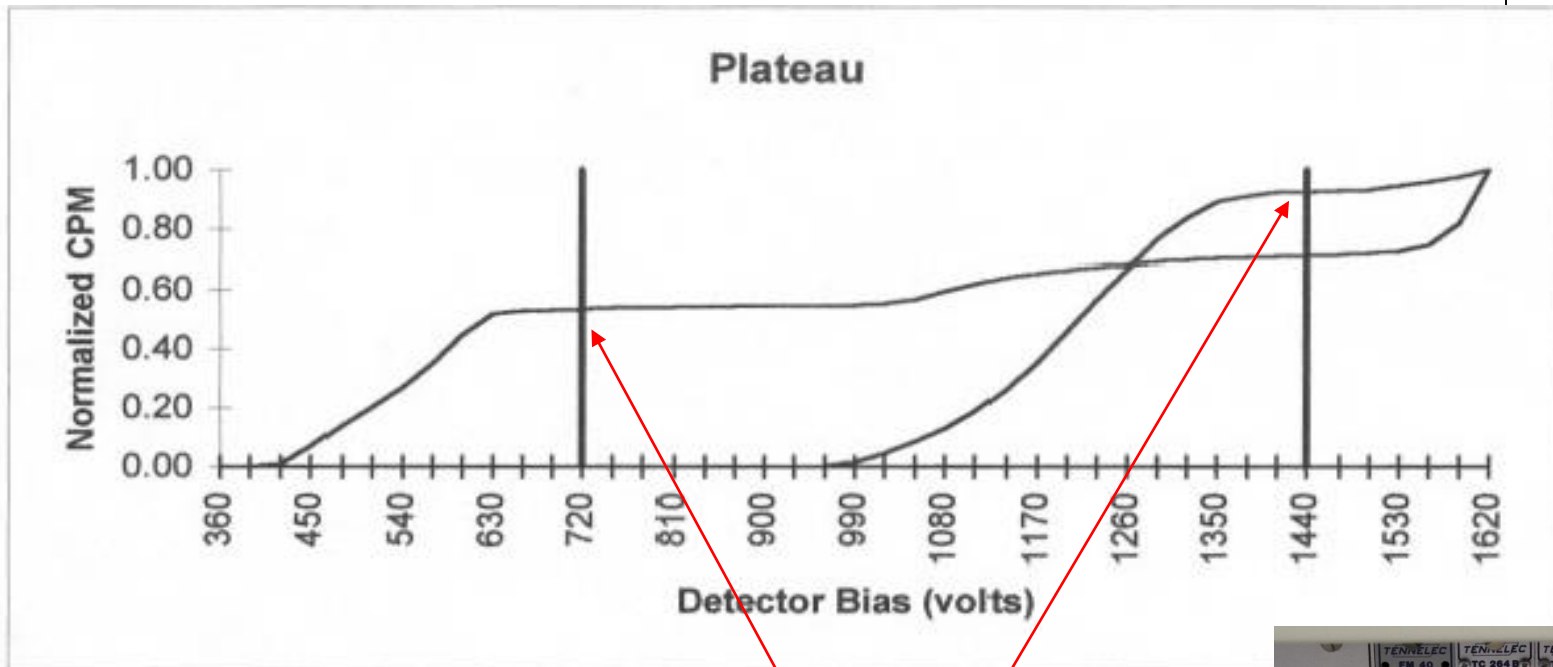
- Calibration 순서

- Bias voltage : 최적 조건하에서 작동하기 위해 최적 인가 전압 설정
- ROI Plateau 작성 - 인가전압 변화에 따른 cpm의 변화를 plotting
- Bkg
- Efficiency
 1. Alpha plateau = alpha activity
 2. Beta plateau = alpha/beta activity
- Attenuation

P10 gas 교환때 마다 설정

- gas의 품질이 plateau와 기기의 성능에 영향을 줌

Gas proportional α/β counter Calibration



Optimum alpha & beta simultaneous operating voltage: **1440**

Beta slope per 100 volts at beta voltage: 1.85%

Alpha slope per 100 volts at beta voltage: 1.53%

Optimum alpha only operating voltage: **720**

Alpha slope per 100 volts at alpha voltage: 1.82%



Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서

- Bias voltage : 최적 조건하에서 작동하기 위해 최적 인가 전압 설정
- ROI Plateau 작성 - 인가전압 변화에 따른 cpm의 변화를 plotting
- Bkg
- Efficiency 순서>
- Attenuation
 1. 적당한 알파 또는 베타선원을 넣고
 2. Plateau 작성 메뉴 실행
 3. 측정 완료되면 Plateau 모양 확인 및 전압 확인
 4. 적절하면 Use Auto Selected button 누름
 5. 적절하지 못하면 Use Chart Selected button을 누름

Gas proportional α/β counter



Procedure Manager: Plateau

Sample Counting Procedures

- Unknown procedure

Calibration Procedures

- Background procedure
- Plateau procedure
- Efficiency procedure
- Attenuation procedure

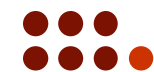
- List active procedures only

< 뒤로(B)

다음(N) >

취소

도움말



Procedure:
Beta-Plateau

Is Active

Count Mode
 Alpha
 Beta

Count Time
1 minutes

Count to MDA

Preselected Report:
>>

Preselected Group &
C S5HP

Voltage Settings
Start Voltage: 900,0
Step Voltage: 30,0
Number Of Steps: 26
Stop Voltage: 1650,0

Voltage settings
Start voltage : 900
Step voltage : 30
Number of steps : 26
Stop voltage : 1650 (max)

Voltage 및 계측시간 설정 후 저장

New

Save

Save As

Print

< 뒤로(B)

마침(E)

취소

도움말



저장한 파일을 불러옴



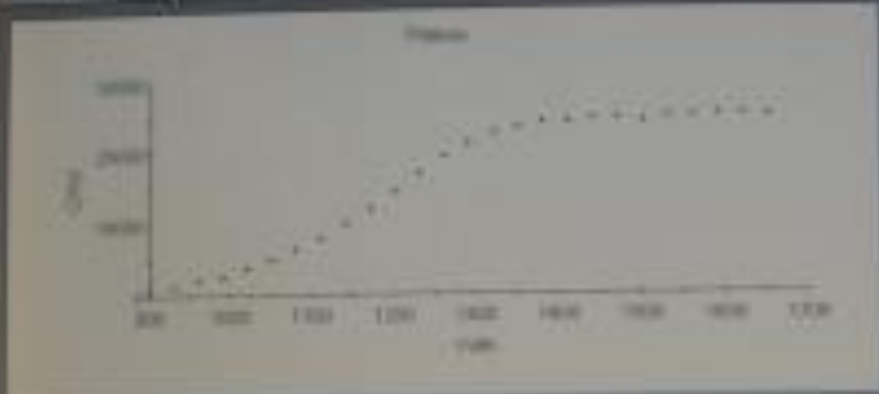
ng

Year	Month	Day	Time	Value	Unit
2000	1	1	00:00	10000	원
2000	1	2	00:00	10000	원
2000	1	3	00:00	10000	원
2000	1	4	00:00	10000	원
2000	1	5	00:00	10000	원
2000	1	6	00:00	10000	원
2000	1	7	00:00	10000	원
2000	1	8	00:00	10000	원
2000	1	9	00:00	10000	원
2000	1	10	00:00	10000	원
2000	1	11	00:00	10000	원
2000	1	12	00:00	10000	원
2000	2	1	00:00	10000	원
2000	2	2	00:00	10000	원
2000	2	3	00:00	10000	원
2000	2	4	00:00	10000	원
2000	2	5	00:00	10000	원
2000	2	6	00:00	10000	원
2000	2	7	00:00	10000	원
2000	2	8	00:00	10000	원
2000	2	9	00:00	10000	원
2000	2	10	00:00	10000	원
2000	2	11	00:00	10000	원
2000	2	12	00:00	10000	원
2000	3	1	00:00	10000	원
2000	3	2	00:00	10000	원
2000	3	3	00:00	10000	원
2000	3	4	00:00	10000	원
2000	3	5	00:00	10000	원
2000	3	6	00:00	10000	원
2000	3	7	00:00	10000	원
2000	3	8	00:00	10000	원
2000	3	9	00:00	10000	원
2000	3	10	00:00	10000	원
2000	3	11	00:00	10000	원
2000	3	12	00:00	10000	원
2000	4	1	00:00	10000	원
2000	4	2	00:00	10000	원
2000	4	3	00:00	10000	원
2000	4	4	00:00	10000	원
2000	4	5	00:00	10000	원
2000	4	6	00:00	10000	원
2000	4	7	00:00	10000	원
2000	4	8	00:00	10000	원
2000	4	9	00:00	10000	원
2000	4	10	00:00	10000	원
2000	4	11	00:00	10000	원
2000	4	12	00:00	10000	원
2000	5	1	00:00	10000	원
2000	5	2	00:00	10000	원
2000	5	3	00:00	10000	원
2000	5	4	00:00	10000	원
2000	5	5	00:00	10000	원
2000	5	6	00:00	10000	원
2000	5	7	00:00	10000	원
2000	5	8	00:00	10000	원
2000	5	9	00:00	10000	원
2000	5	10	00:00	10000	원
2000	5	11	00:00	10000	원
2000	5	12	00:00	10000	원
2000	6	1	00:00	10000	원
2000	6	2	00:00	10000	원
2000	6	3	00:00	10000	원
2000	6	4	00:00	10000	원
2000	6	5	00:00	10000	원
2000	6	6	00:00	10000	원
2000	6	7	00:00	10000	원
2000	6	8	00:00	10000	원
2000	6	9	00:00	10000	원
2000	6	10	00:00	10000	원
2000	6	11	00:00	10000	원
2000	6	12	00:00	10000	원
2000	7	1	00:00	10000	원
2000	7	2	00:00	10000	원
2000	7	3	00:00	10000	원
2000	7	4	00:00	10000	원
2000	7	5	00:00	10000	원
2000	7	6	00:00	10000	원
2000	7	7	00:00	10000	원
2000	7	8	00:00	10000	원
2000	7	9	00:00	10000	원
2000	7	10	00:00	10000	원
2000	7	11	00:00	10000	원
2000	7	12	00:00	10000	원
2000	8	1	00:00	10000	원
2000	8	2	00:00	10000	원
2000	8	3	00:00	10000	원
2000	8	4	00:00	10000	원
2000	8	5	00:00	10000	원
2000	8	6	00:00	10000	원
2000	8	7	00:00	10000	원
2000	8	8	00:00	10000	원
2000	8	9	00:00	10000	원
2000	8	10	00:00	10000	원
2000	8	11	00:00	10000	원
2000	8	12	00:00	10000	원
2000	9	1	00:00	10000	원
2000	9	2	00:00	10000	원
2000	9	3	00:00	10000	원
2000	9	4	00:00	10000	원
2000	9	5	00:00	10000	원
2000	9	6	00:00	10000	원
2000	9	7	00:00	10000	원
2000	9	8	00:00	10000	원
2000	9	9	00:00	10000	원
2000	9	10	00:00	10000	원
2000	9	11	00:00	10000	원
2000	9	12	00:00	10000	원
2000	10	1	00:00	10000	원
2000	10	2	00:00	10000	원
2000	10	3	00:00	10000	원
2000	10	4	00:00	10000	원
2000	10	5	00:00	10000	원
2000	10	6	00:00	10000	원
2000	10	7	00:00	10000	원
2000	10	8	00:00	10000	원
2000	10	9	00:00	10000	원
2000	10	10	00:00	10000	원
2000	10	11	00:00	10000	원
2000	10	12	00:00	10000	원
2000	11	1	00:00	10000	원
2000	11	2	00:00	10000	원
2000	11	3	00:00	10000	원
2000	11	4	00:00	10000	원
2000	11	5	00:00	10000	원
2000	11	6	00:00	10000	원
2000	11	7	00:00	10000	원
2000	11	8	00:00	10000	원
2000	11	9	00:00	10000	원
2000	11	10	00:00	10000	원
2000	11	11	00:00	10000	원
2000	11	12	00:00	10000	원
2000	12	1	00:00	10000	원
2000	12	2	00:00	10000	원
2000	12	3	00:00	10000	원
2000	12	4	00:00	10000	원
2000	12	5	00:00	10000	원
2000	12	6	00:00	10000	원
2000	12	7	00:00	10000	원
2000	12	8	00:00	10000	원
2000	12	9	00:00	10000	원
2000	12	10	00:00	10000	원
2000	12	11	00:00	10000	원
2000	12	12	00:00	10000	원

계측 시작

삼성전자

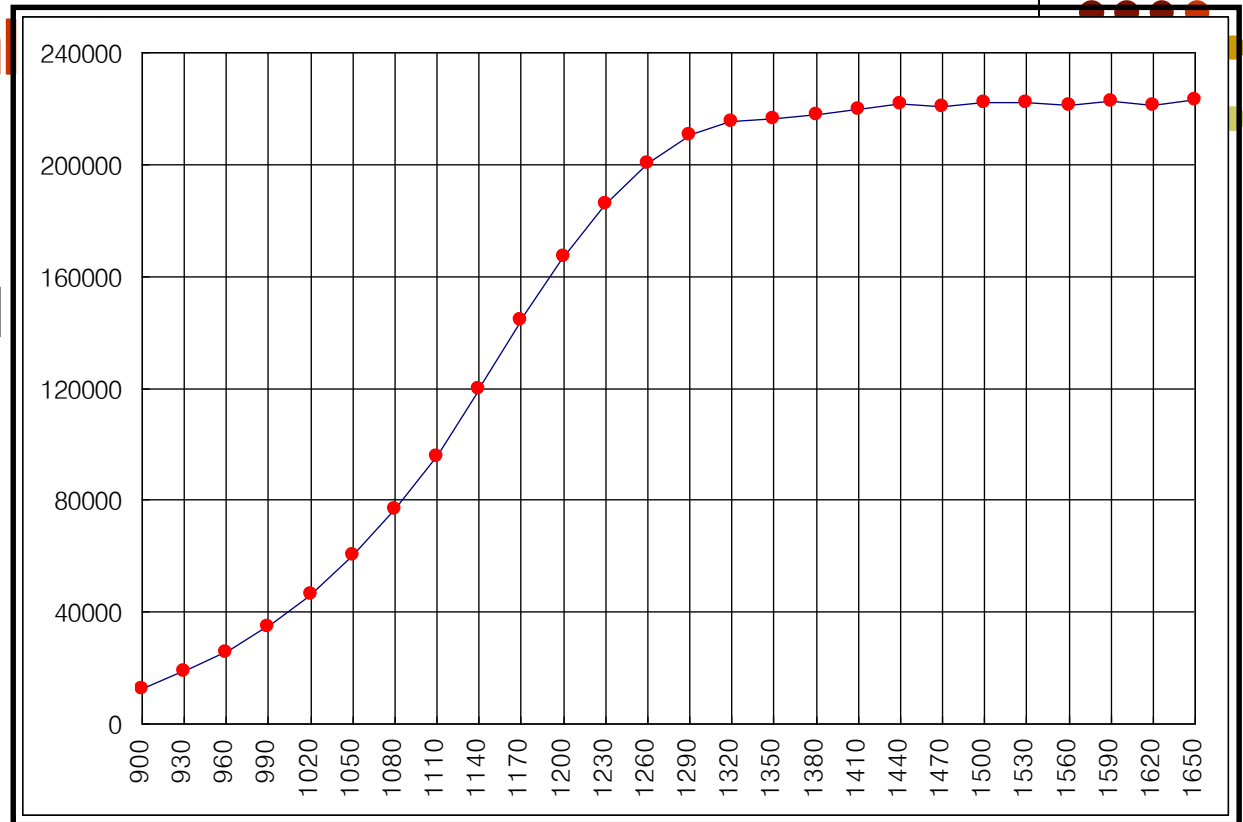
삼성전자



계측완료후 자동으로 그려진 Plateau

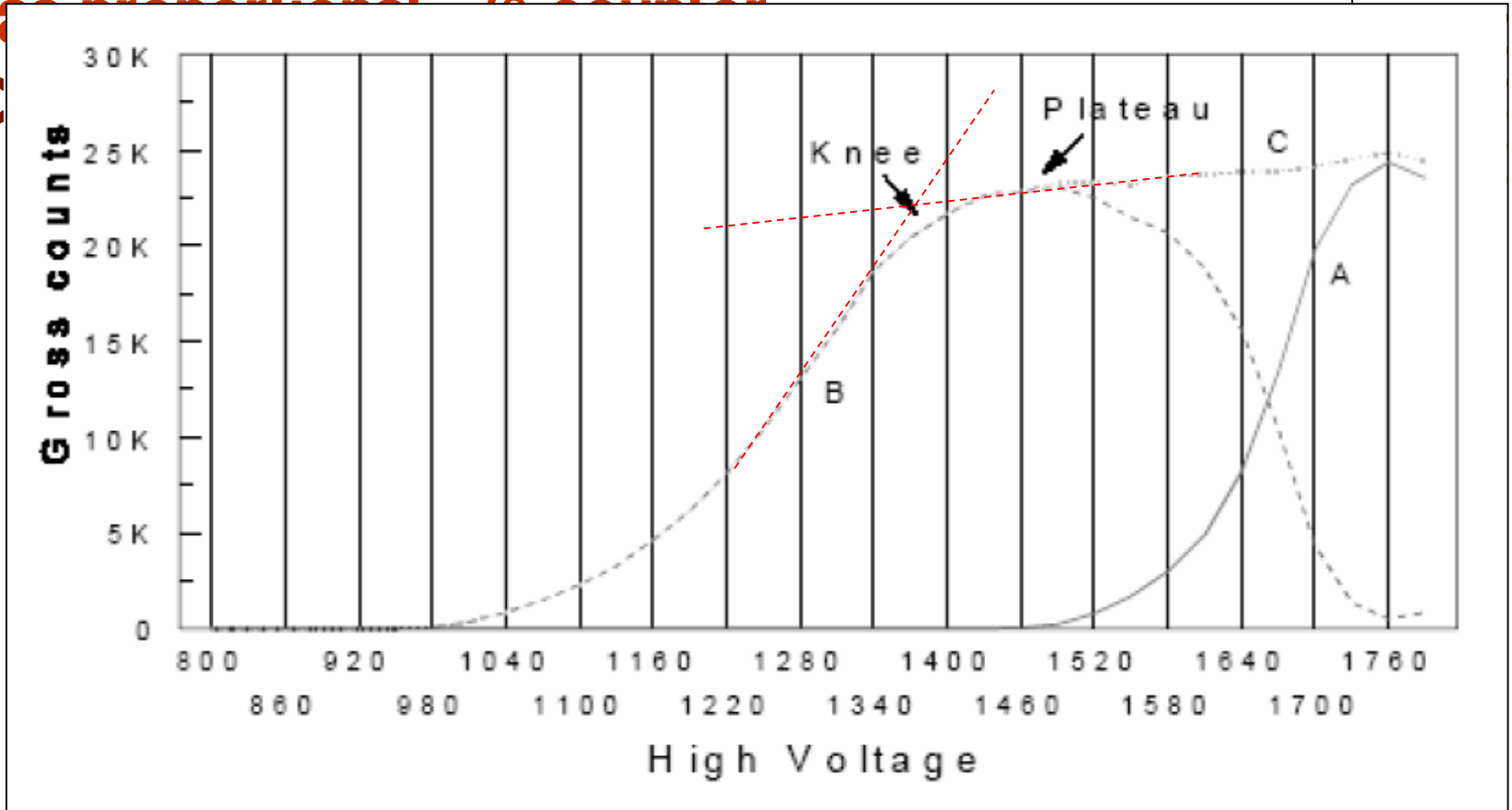
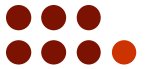
Gas proportional Calibration

- Calibration 순서
 - Bias voltage :
 - ROI
 - Bkg
 - Efficiency
 - Attenuation



3. 측정 완료되면 Plateau 모양 확인 및 전압 확인
4. 적절하면 **Use Auto Selected** button 누름
5. 적절하지 못하면 **Use Chart Selected** button을 누름

Gas proportional counter



Bias voltage : Knee point에서 50 ~ 75 V 위

$$\text{Slope}/100\text{V} \leq 2.5\%$$

∴ 인가 전압의 작은 변화에 따른 시료의 계수율 변화는 무시 가능

Gas proportional α/β counter Calibration

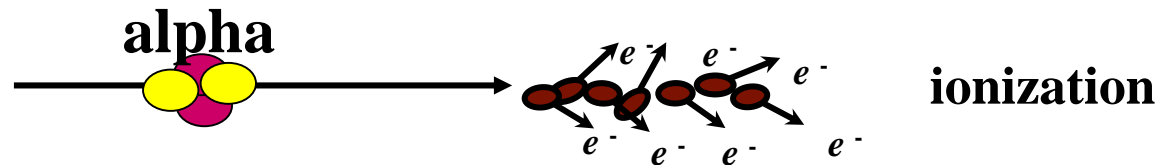


- **Calibration 순서**
 - Bias voltage
 - ROI (Spillover or crosstalk)
 - Bkg
 - Efficiency
 - Attenuation

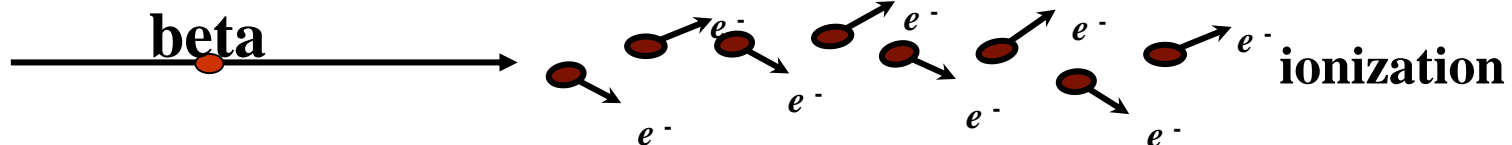
Gas proportional α/β counter Calibration



- 알파선과 베타선의 구별 (이온화 특성을 이용)
 - 알파 입자 : 5,000 – 80,000 개 이온쌍 / cm in air
→ higher voltage in detector



- 베타 입자 : 알파입자의 1/40 정도의 이온쌍 /cm in air
→ lower voltage in detector

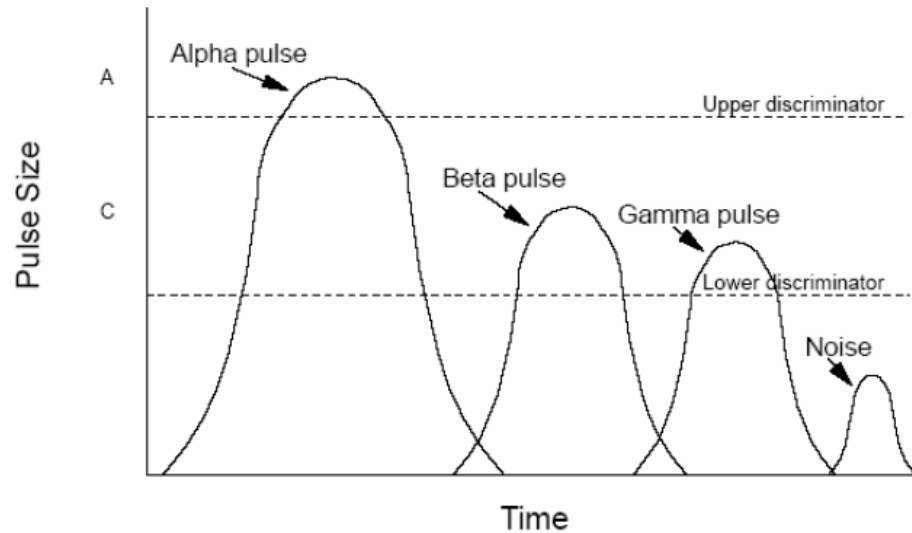


Gas proportional α/β counter Calibration



- 알파선과 베타선의 구별

- 검출기 내에서 알파선과 베타선간의 상대적 이온화량의 차이
- 알파 입자가 베타 입자 보다 평균 40배의 증폭기 출력 신호



* $C - A = B$

Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서

- Bias voltage
- ROI 알파/베타 동시 측정시 최적의 discriminator voltage 설정
- Bkg 다른 용어 : Crosstalk, spillover
- Efficiency
- Attenuation

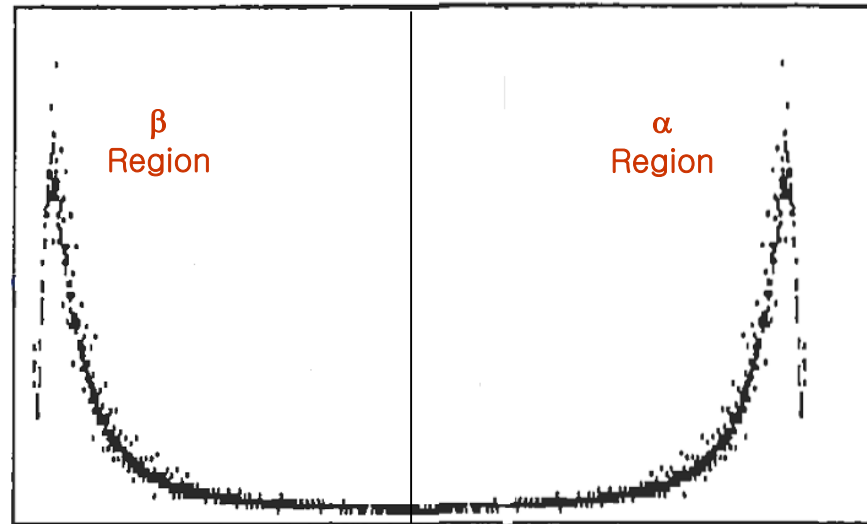
$$\text{beta crosstalk}(\%) = \frac{\text{alpha counts}}{(\text{alpha counts} + \text{beta counts})} \times 100$$

허용 범위 : 0.5% - 1.0 % (3% 이상시 재조정)

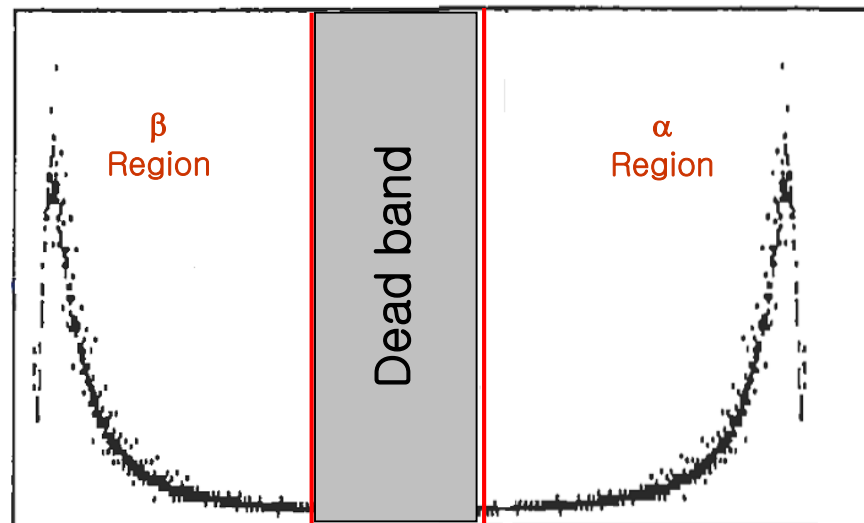
Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서
 - Bias voltage
 - ROI
 - Bkg
 - Efficiency
 - Attenuation



3.5% (3.3% - 3.7%) 0.08% (0.06% - 0.1%)



Gas proportional α/β counter Calibration



- **Calibration 순서**

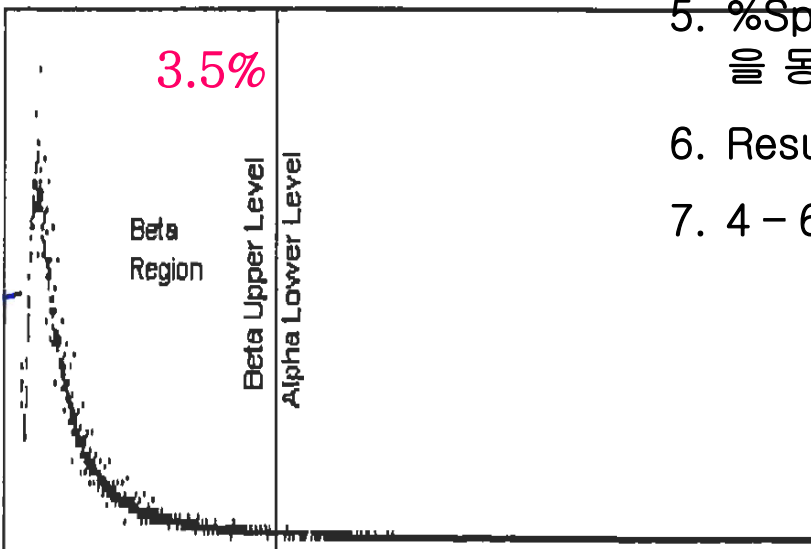
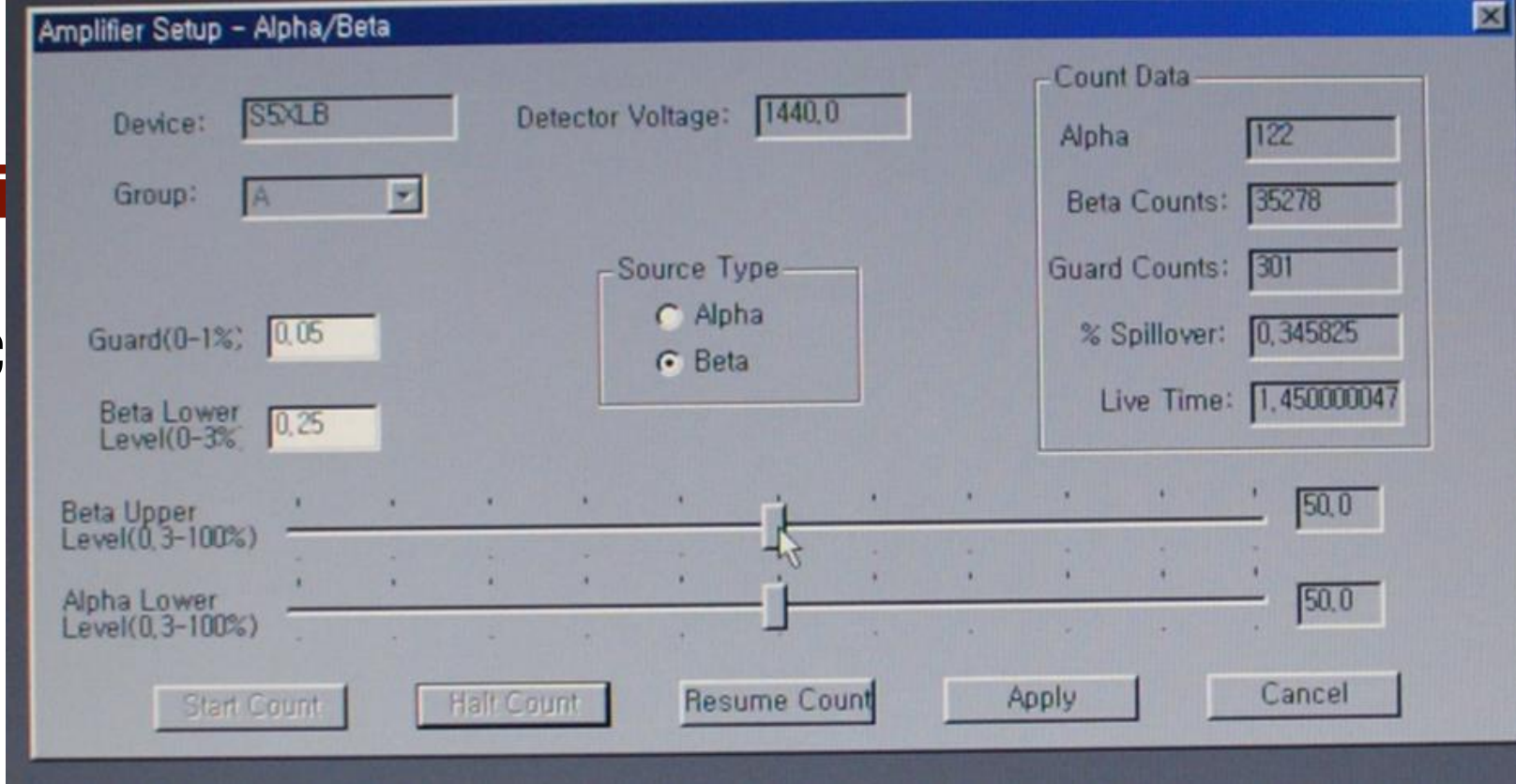
- Bias voltage
- ROI
- Bkg
- Efficiency
- Attenuation

순서>

1. System Alpha/Beta Amplifier Setup 선택
2. Std Sr-90 source 장착
3. Start button
4. 30,000 counts 이상 측정되면 Halt count button 누름

Gas Cal

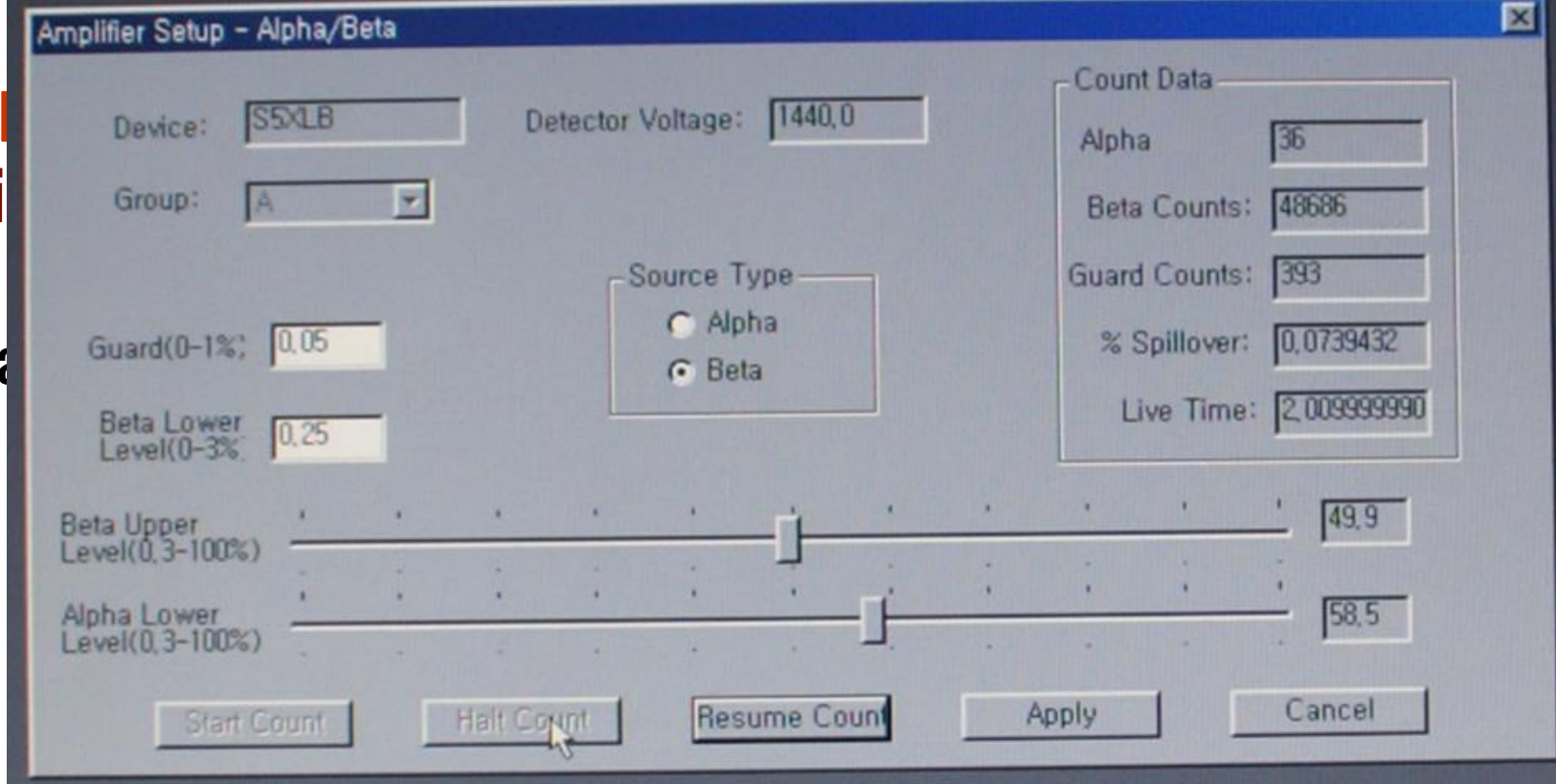
- C
-
-
-
-
-
-



5. %Spillover가 3.5% (3.3% - 3.7%) 보다 크면 BUL과 ALL 을 동시에 내림
6. Resume count button 누름
7. 4 - 6 과정을 반복하여 %Spillover가 3.5%가 되도록 함

Gas Cal

- Ca
-
-
-
-
-
-



5. %Spillover가 3.5% (3.3% - 3.7%) 보다 크면 BUL과 ALL 을 동시에 내림

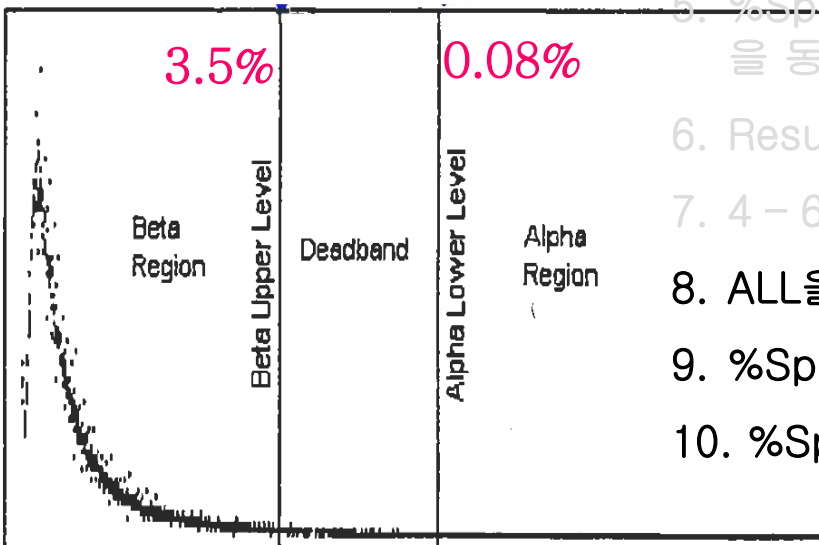
6. Resume count button 누름

7. 4 - 6 과정을 반복하여 %Spillover가 3.5%가 되도록 함

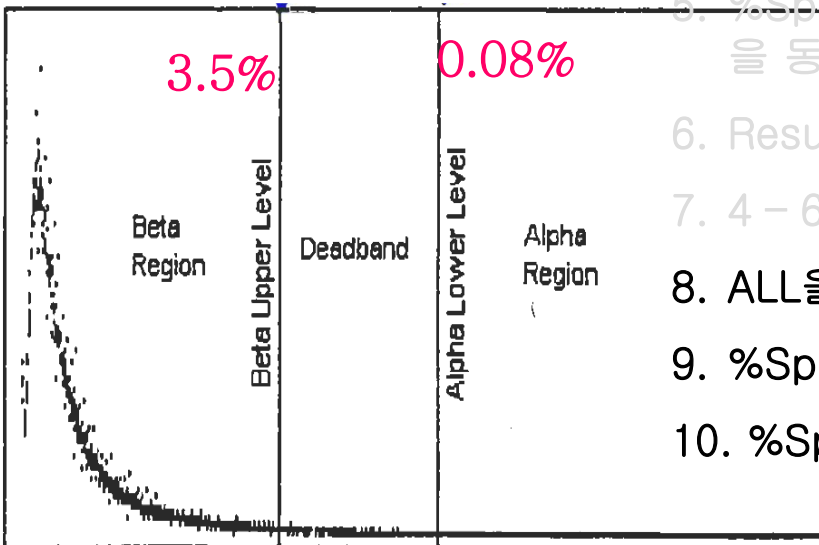
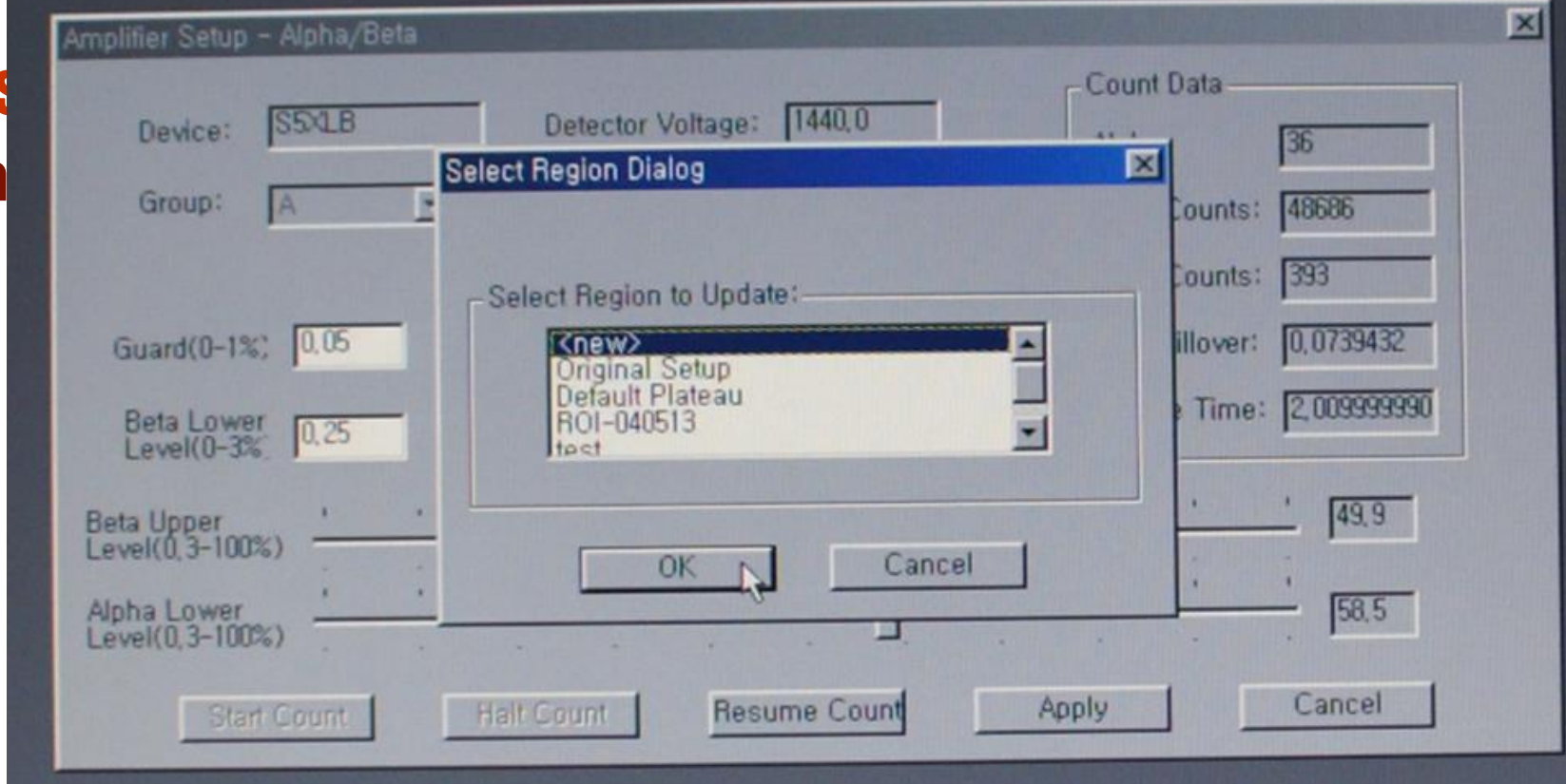
8. ALL을 적당히 올린 다음 Resume count button 누름

9. %Spillover가 0.08% 가 되도록 측정과 확인을 반복함

10. %Spillover가 0.08%로 되면, Apply button 누름



Gas Ca



5. %Spillover가 3.5% (3.3% - 3.7%) 보다 크면 BUL과 ALL 을 동시에 내림
6. Resume count button 누름
7. 4 - 6 과정을 반복하여 %Spillover가 3.5%가 되도록 함
8. ALL을 적당히 올린 다음 Resume count button 누름
9. %Spillover가 0.08% 가 되도록 측정과 확인을 반복함
10. %Spillover가 0.08%로 되면, Apply button 누름

Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서

- Bias voltage
- ROI
- Bkg
- Efficiency
- Attenuation

- 정의 : 원치 않는 방사선

- 목적 : 기기의 성능 판정 및 MDA 에 매우 중요

- 종류 :

- ✓ Internal source

- 납 차폐나 기기 내부의 재질에 의한 radiation

- ✓ External source

- Cosmic ray

- Natural radiation in the environment

- Contamination

Gas proportional α/β counter Calibration



● Calibration 순서

- Bias voltage > Type :
 - ROI
 - ✓ **Instrument background**
 - 기기 자체의 background (기기 specification에 제시)
 - ✓ **Media background**
 - 매질(filter paper나 Plancette)의 bkg
 - Media bkg = instrumenta bkg + 매질 (filter, plancette 등)
 - ✓ **Method blank**
 - 전처리시 시약이나 주변환경으로 부터 유래되는 bkg
 - Method blank = Media bkg + 시약 + 주변환경 오염 물질
 - Bkg
 - Efficiency
 - Attenuation

본 순서에서는 Instrument bkg만 측정
기기의 성능 및 오염 여부 평가

Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서

- Bias voltage
- ROI
- Bkg
- Efficiency
- Attenuation

<효율 점검>

ROI 설정이 완료되면 Sr-90 disk source를 이용해서
계수기 자체의 효율을 측정함.

→ 기기의 성능 변화 및 이상 유무 판정

그러나 이때의 효율을 시료에 적용 불가

Gas proportional α/β counter Calibration



- Calibration 순서

- Bias voltage
- ROI
- Bkg
- Efficiency
- Attenuation

- ❖ 시료 종류에 따른 효율 보정

1. 강수
2. Air filter

- ❖ 사용 source : KCl

Gas proportional α/β counter Calibration



● 강수 시료에 대한 효율 교정

1. 곱게 같은 KCl을 정확히 무게를 재서 plancette에 담는다.
2. 소량의 아세톤을 가해 현탁시킨후 KCl 분말이 균일하게 분포 되도록 만든다.
3. 서서히 건조시킨후 계측한다.

KCl 표준시료 중량(mg)	20	50	100	150	200	400	600	800	1000	1400
최소 계측시간 (분)	600	180	120	60	60	30	30	30	30	30

- ✓계측횟수 1회
- ✓백그라운드 계측시간 600분
- ✓표준시료 중량별로 계측효율을 구하고, 효율측정값을 fitting하여 중량에 대한 효율곡선식을 작성
- ✓계측시료의 효율은 효율곡선식으로부터 유도
- ✓계측시료의 중량이 20mg이하인 경우 20mg에 해당하는 효율을 적용(중요)

4. 각 KCl 표준 시료의 중량에 대한 dpm을 계산한다.

$$N_k = 0.887 \times W$$

W : KCl 중량 (mg)

0.887 dpm/mg : KCl 1 mg이 방출하는 베타선 방출율

Gas proportional α/β counter Calibration



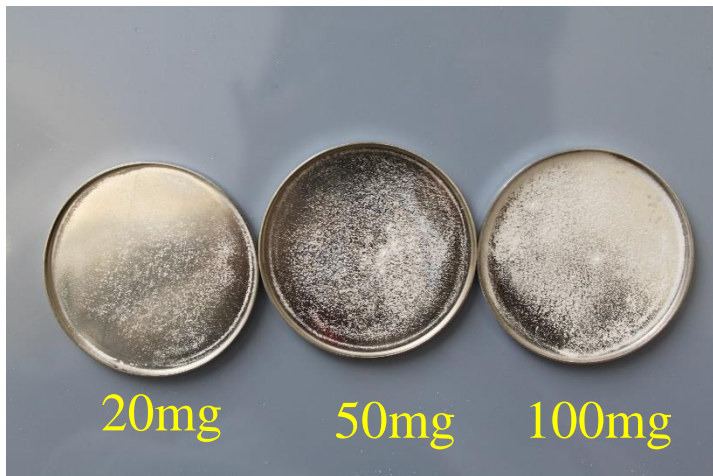
- 강수 시료에 대한 효율 교정

5. 계측한다

6. 각 표준시료에 대한 cpm으로 부터 효율을 계산한다.

$$Eff_k = \frac{(n_k - n_b)}{N_k} \times 100$$

Eff_k : KCl 표준시료의 계측효율(%)
 n_k : KCl 표준시료의 전계수율(cpm)
 n_b : background 계수율(cpm)
 N_k : KCl 표준시료의 방사능(dpm)

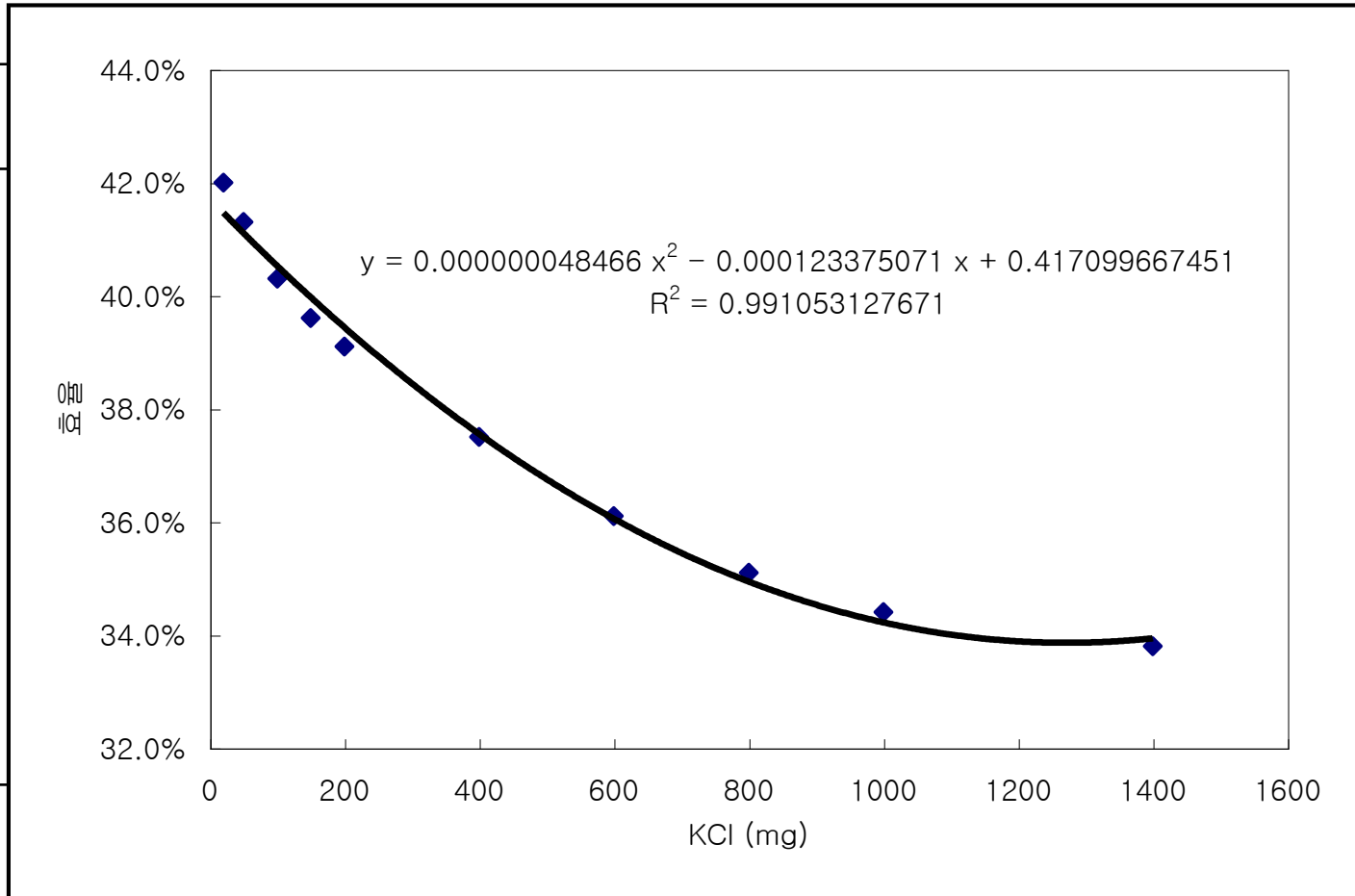


Gas proportional α/β counter Calibration



- 강수 시료에 대한 효율 교정

Std KCl (mg)	계측시간 (min)
20	600
50	180
100	120
150	60
200	60
400	30
600	30
800	30
1000	30
1400	30



Gas proportional α/β counter Calibration



● 공기부유진

- 시료량 차이가 적고 시료량이 수 mg 정도 이므로
- 따라서 동일한 무게의 표준시료를 제작함

● 절차>

- 50 ml 비이커에 KCl 1.5 g을 정확히 넣고
- 증류수 20 g을 넣은 다음 용해 시킨다 (증류수 20 g + KCl 1.5 g).
이 용액의 KCl 방사능 농도는 61.884 dpm/g
- Plancette에 filter를 넣고 이 표준 용액 1.0 g, 1.5 g, 2.0 g 씩 각각 넣는다 (균일하게).
- 증발건고 시킨후 계측한다. 60분씩 3회 이상 계측

Gas proportional α/β counter Calibration



- 공기부유진

표준필터시료 (KCl)	측정방법
1g (61.88 dpm)	60분씩 3회
1.5g (92.83 dpm)	60분씩 3회
2 g (123.77 dpm)	60분씩 3회

1. 각 중량에 대한 3회 평균을 구함.
2. 3개 시료의 효율이 서로 20% 이내에 있으면 전체를 평균함.
3. 이 값을 전체의 공기 부유진 필터에 적용함

Gas proportional α/β counter

Sample preparation



- **Interference**

- Chloride

- Chloride form은 hygroscopic하고
- plancette 을 부식시켜 solid의 중량을 늘리고, self-absorption을 증가시킴

- Moisture

- Salt가 공기중 수분 흡착 → salt 중량 변화

Gas proportional α/β counter

Sample preparation



- **강수 및 상수 시료**

- 시료의 이물질을 제거한다.
- 시료를 1 L 비이커로 옮기고 소량의 질산 (몇 방울 / 100ml 시료) 을 넣는다.
- 100 ml 이하로 증발농축한다.
- 시료를 150 ml 비이커로 옮긴다.
- 다시 증발 농축하여 10 ml 이하로 만든다.
- 무게와 bkg를 이미 알고 있는 Plancette에 시료를 옮기고 Plancette을 증발 건고한다.
- 증발 건고된 Plancette의 무게를 재서 시료의 건고 무게를 구한다.
- 증발건고된 시료가 담긴 plancette을 60분간 10회 계측한다.
- 시료의 계수율과 bkg 계수율로부터 시료중 방사능 농도를 계산한다.

Gas proportional α/β counter

Sample preparation



$$n \pm \Delta n = (n_s - n_b) \pm \sqrt{\frac{n_s}{t_s} + \frac{n_b}{t_b}}$$

- n : 시료의 참계수율 (Net cpm)
- Δn : 표준편차(standard deviation)
- n_t : 시료의 계수율 (cpm)
- t_s : 시료의 측정시간(분)
- n_b : bkg 계수율 (cpm)
- t_b : background 측정시간(분)

$$A = \frac{(n \pm \Delta n)}{E \times V \times 60}$$

- A : 전베타 방사능농도
 - 공기부유진의 경우 : mBq/m^3
 - 강수, 상수의 경우 : mBq/L
 - 낙진의 경우 : $\text{MBq/km}^2\text{-30days}$
 - N : 시료의 참계수율(net cpm)
 - ΔN : 표준편차(cpm)
 - E : 효율 보적 곡선에 견고물의 양을 대입하여 구한 효율 (filter는 평균효율)
 - V : 전베타 방사능농도 계산에 사용된 시료량
 - 공기부유진의 경우 : 채집한 시료량(m^3) / 1000(단위환산 계수)
 - 강수, 상수의 경우 : 측정에 사용된 시료량(l) / 1000(단위환산 계수)
 - 낙진의 경우 : 1 X (계측시료량/총채집량) X (시료채집일수/30일)
- 1 은 면적(m^2)임. 면적이 다를 경우는 해당 면적 입력

Gas proportional α/β counter

Sample preparation



$$n_{DL} = \frac{k}{2} \cdot \left\{ \frac{k}{t_s} + \sqrt{\left(\frac{k}{t_s}\right)^2 + 4 \cdot n_b \cdot \left(\frac{1}{t_s} + \frac{1}{t_b}\right)} \right\}$$

$$MDA = \frac{n_{DL}}{(E \times V \times 60)}$$

감사합니다 !!

