「イオン-原子衝突実験」

上智大学　　中型装置

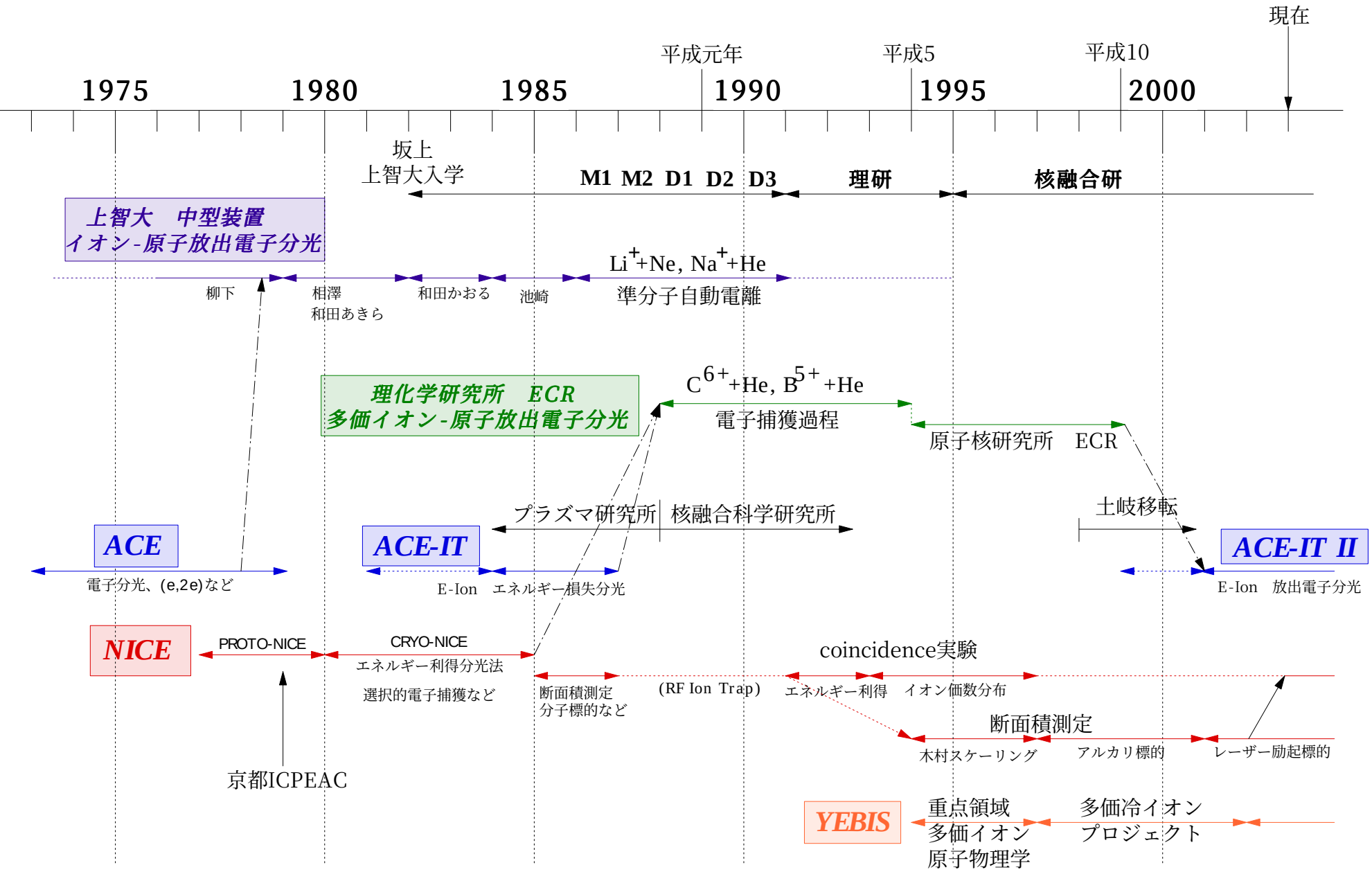
理化学研究所　ECR 実験装置

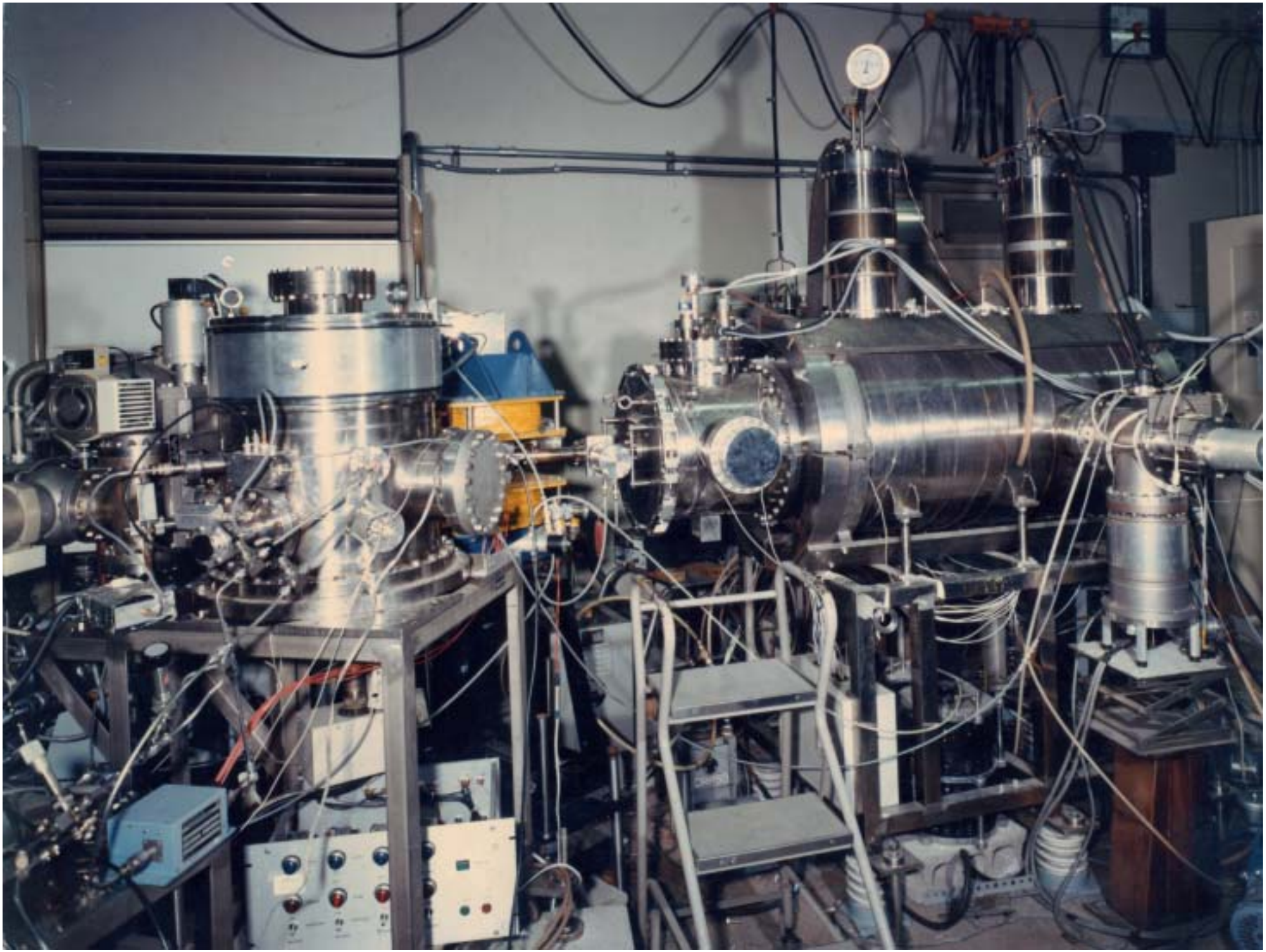
核融合研　　NICE

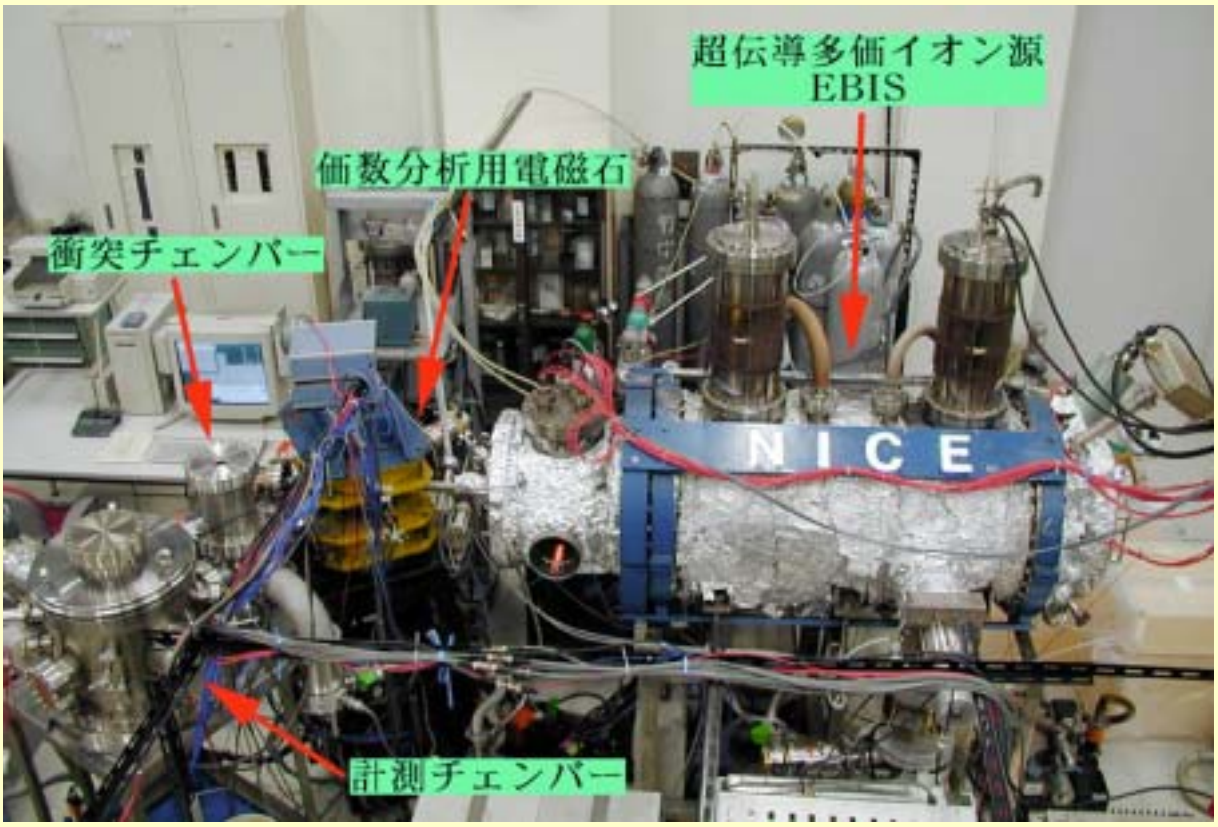
文部科学省核融合科学研究所

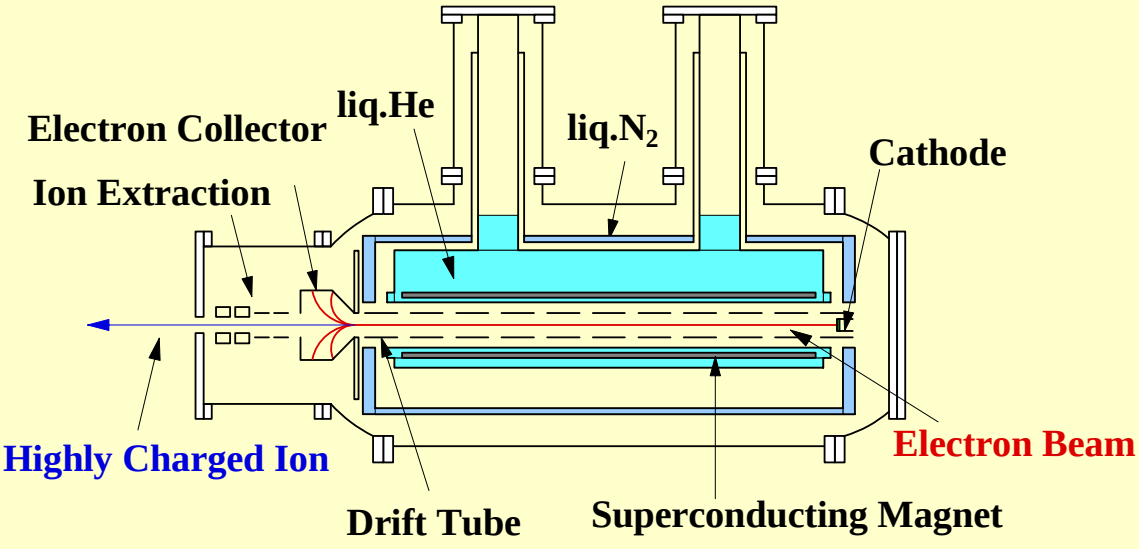
坂上裕之

- 年表 -

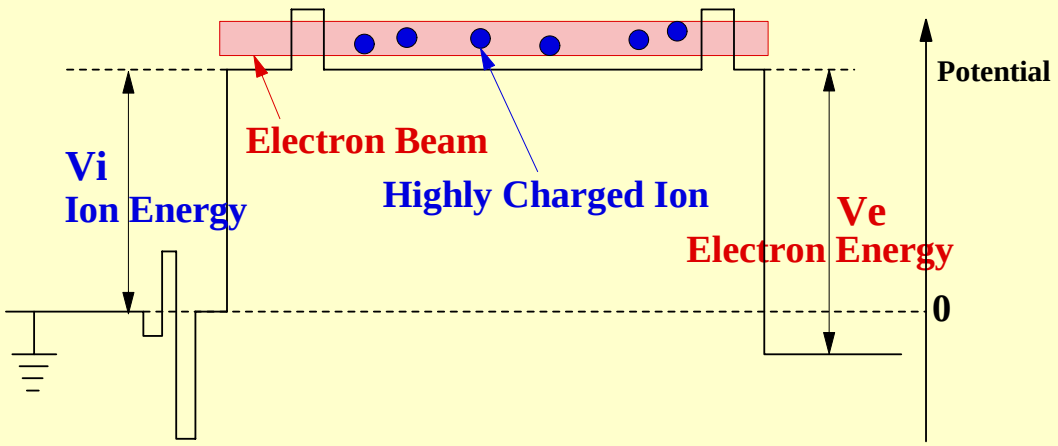

現在
平成元年
平成5
平成10
1975
1980
1985
1990
1995
2000
坂上
上智大入学
M1 M2 D1 D2 D3
理研
核融合研
上智大　中型装置
イオン-原子放出電子分光
Li+ +Ne, Na+ +He
準分子自動電離
柳下
相澤
和田あきら
和田かおる
池崎
理化学研究所　ECR
多価イオン-原子放出電子分光
C6+ +He, B5+ +He
電子捕獲過程
原子核研究所　ECR
土岐移転
プラズマ研究所
核融合科学研究所
ACE
ACE-IT
ACE-IT II
電子分光、(e,2e)など
E-Ion　エネルギー損失分光
E-Ion　放出電子分光
NICE
PROTO-NICE
CRYO-NICE
エネルギー利得分光法
選択的電子捕獲など
京都ICPEAC
coincidence実験
(RF Ion Trap)
エネルギー利得　イオン価数分布
断面積測定
分子標的など
断面積測定
木村スケーリング
アルカリ標的
レーザー励起標的
YEBIS
重点領域
多価イオン
原子物理学
多価冷イオン
プロジェクト





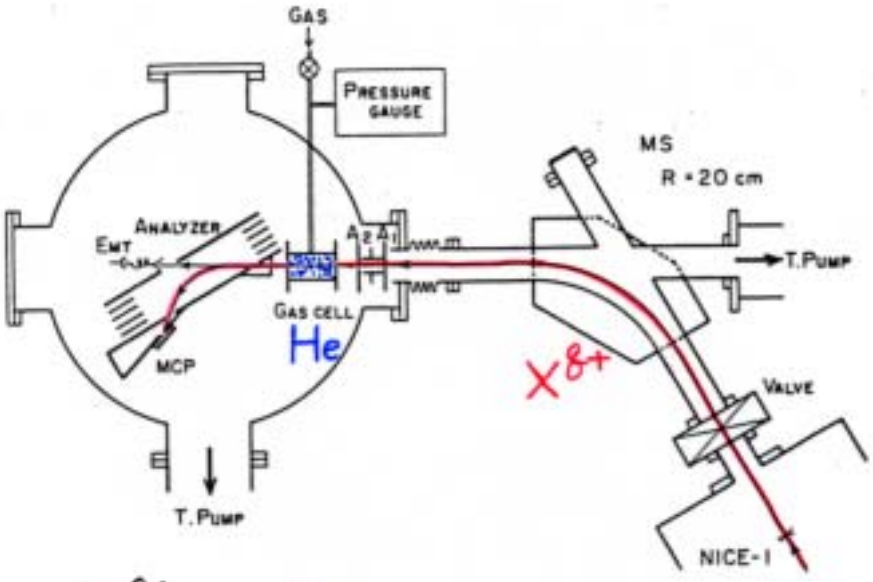


Electron Beam Ion Source (EBIS)

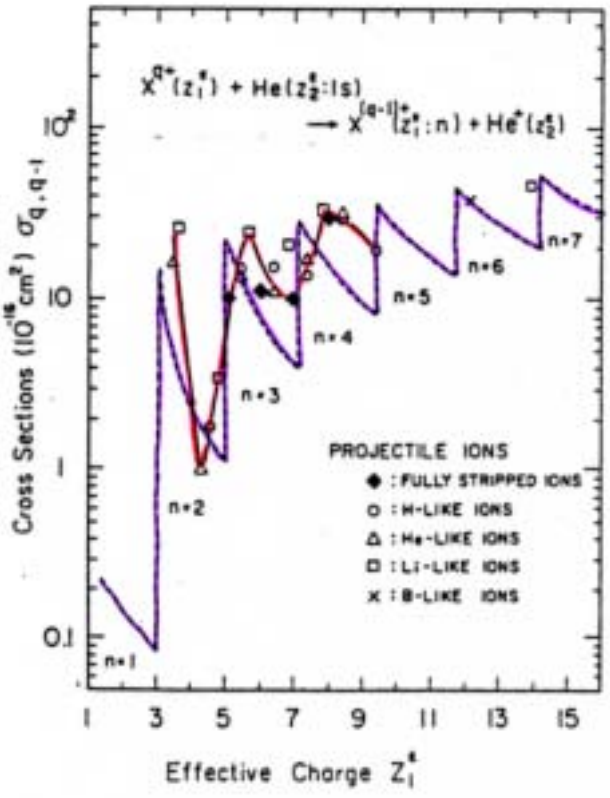


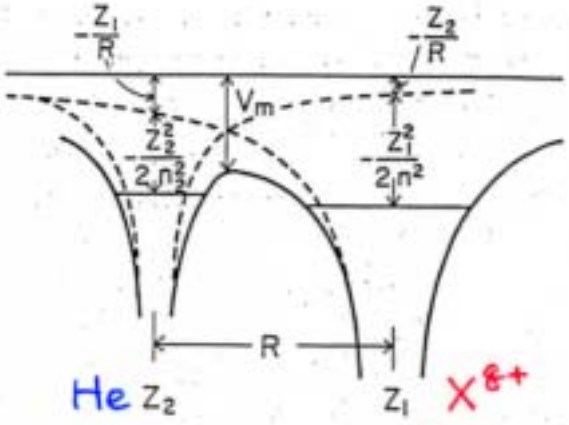
Electric potential in ion source

多価イオン電子移行断面積 I



$$X^{8+} + He \rightarrow X^{(8-1)+} + He^{+}$$





$$-\frac{Z_1}{R} - \frac{Z_2^2}{2} = -\frac{Z_2}{R} - \frac{Z_1^2}{2n_1^2} < V_m \quad (\text{at } R_n)$$

共鳴条件

$$\sigma_{q,q-1} = \frac{1}{2}\pi R_n^2$$

n の値が 1 だけ増すごとに
断面積は非連続的にジャンプする

選択的電子移行 I

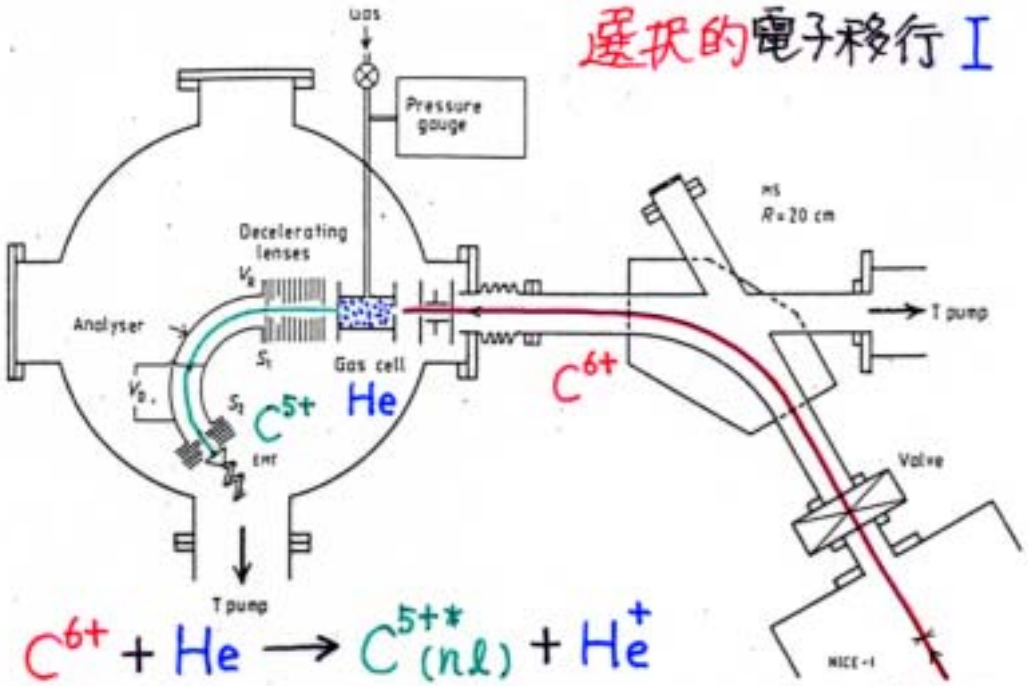


Figure 1. Schematic view of the spectrometer used for ion energy analysis.

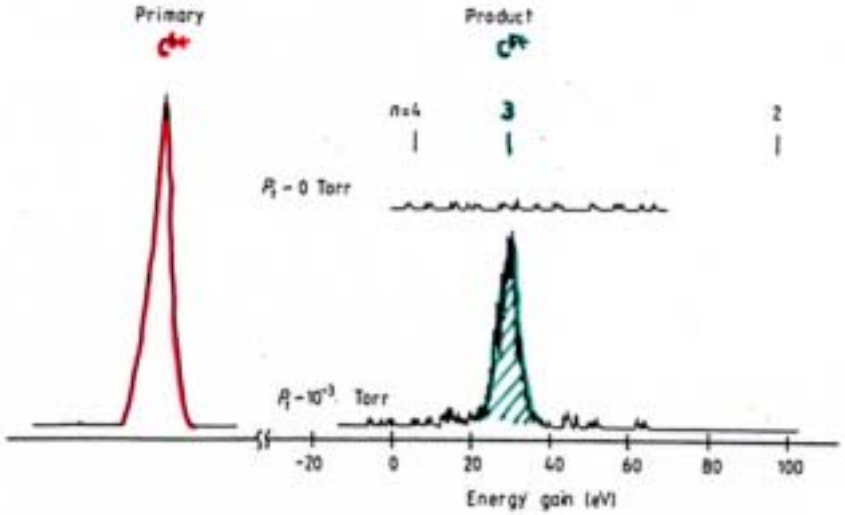
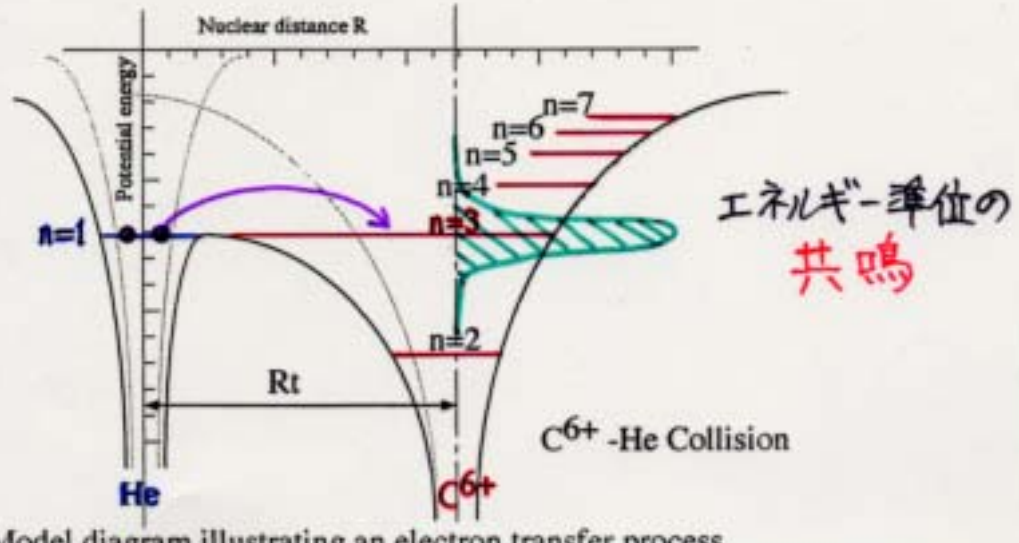


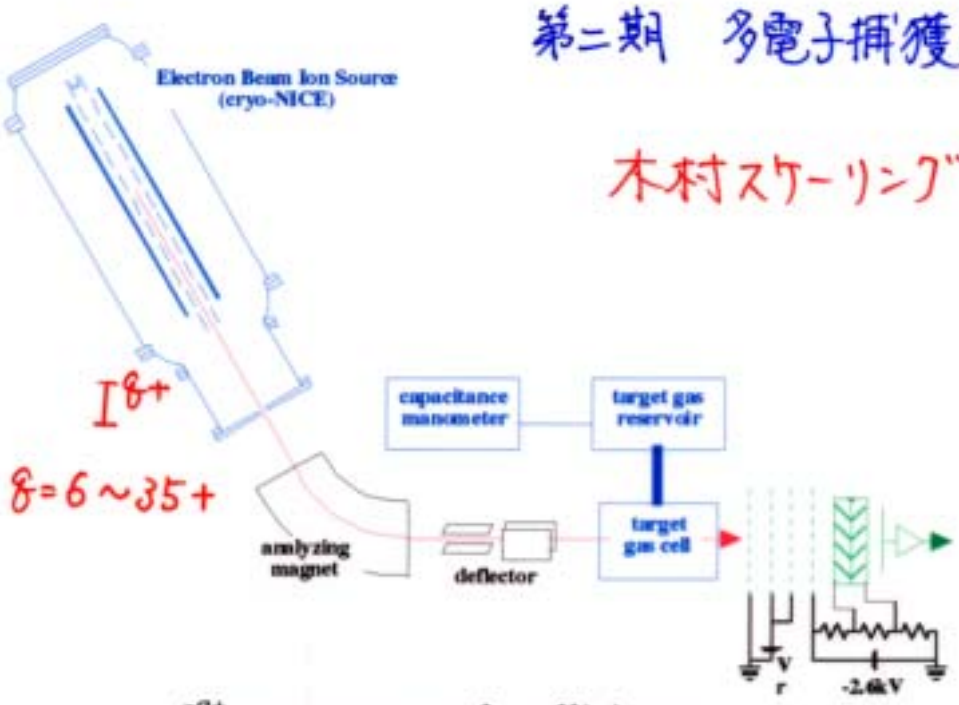
Figure 2. Energy gain and loss spectrum of scattered C^{5+} ions from C^{6+} + He collisions at a collision energy of 6 keV. No peak was observed without target He gas ($P_1 = 0$).



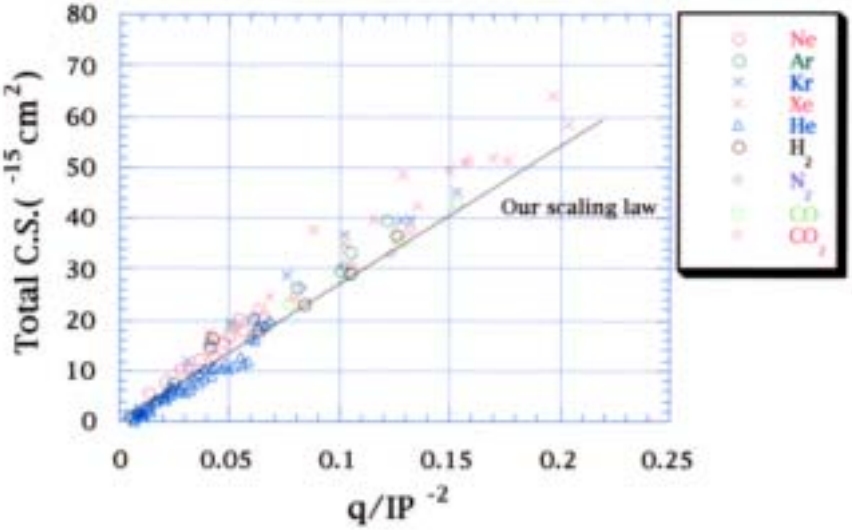
Model diagram illustrating an electron transfer process

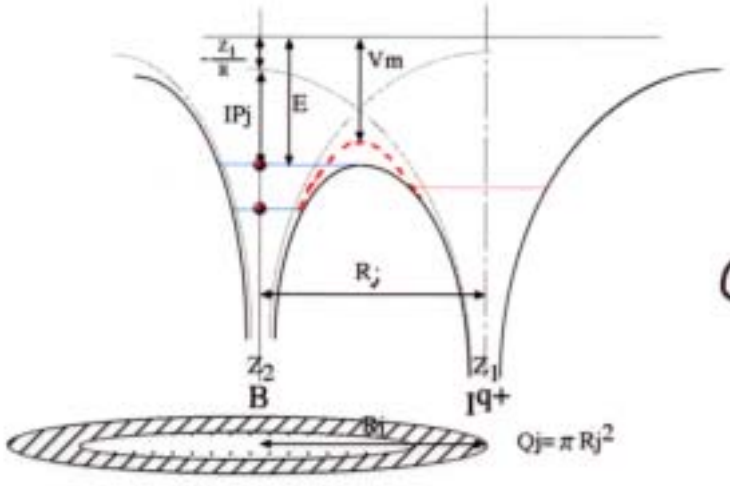
第二期　多電子捕獲断面積

木村スケーリング



I^{q+} +rare gas, mol. collisions





$E = V_m$

$R_j = 2\sqrt{q_j}\frac{1}{IP_j}$

$\sigma_q^j = \pi R_j^2 - \pi R_{j+1}^2$

$= Q_j - Q_{j+1}$

$Q_j = 2.6\times10^{13}\, j\cdot q/IP_j^2$

$\sigma_q^{total} = Q_1 = 2.6\times10^{13}\, q/IP_j^2$ (cm^2)

第二期　選択的電子移行

多電子捕獲過程

$$A^{q+} + B \rightarrow A^{(q-j)+**}(n,n',\mathrm{L}) + B^{j+}$$

電子移行過程という中間過程を経て

$$\rightarrow A^{(q-i)+} + B^{j+} + (j-i)e^{-} + h\nu + h\nu' + \mathrm{L}$$

電子捕獲する

ここで、次のような二つの過程に分けて議論する。

I)　*j*-electron transfer processes　j-電子移行過程

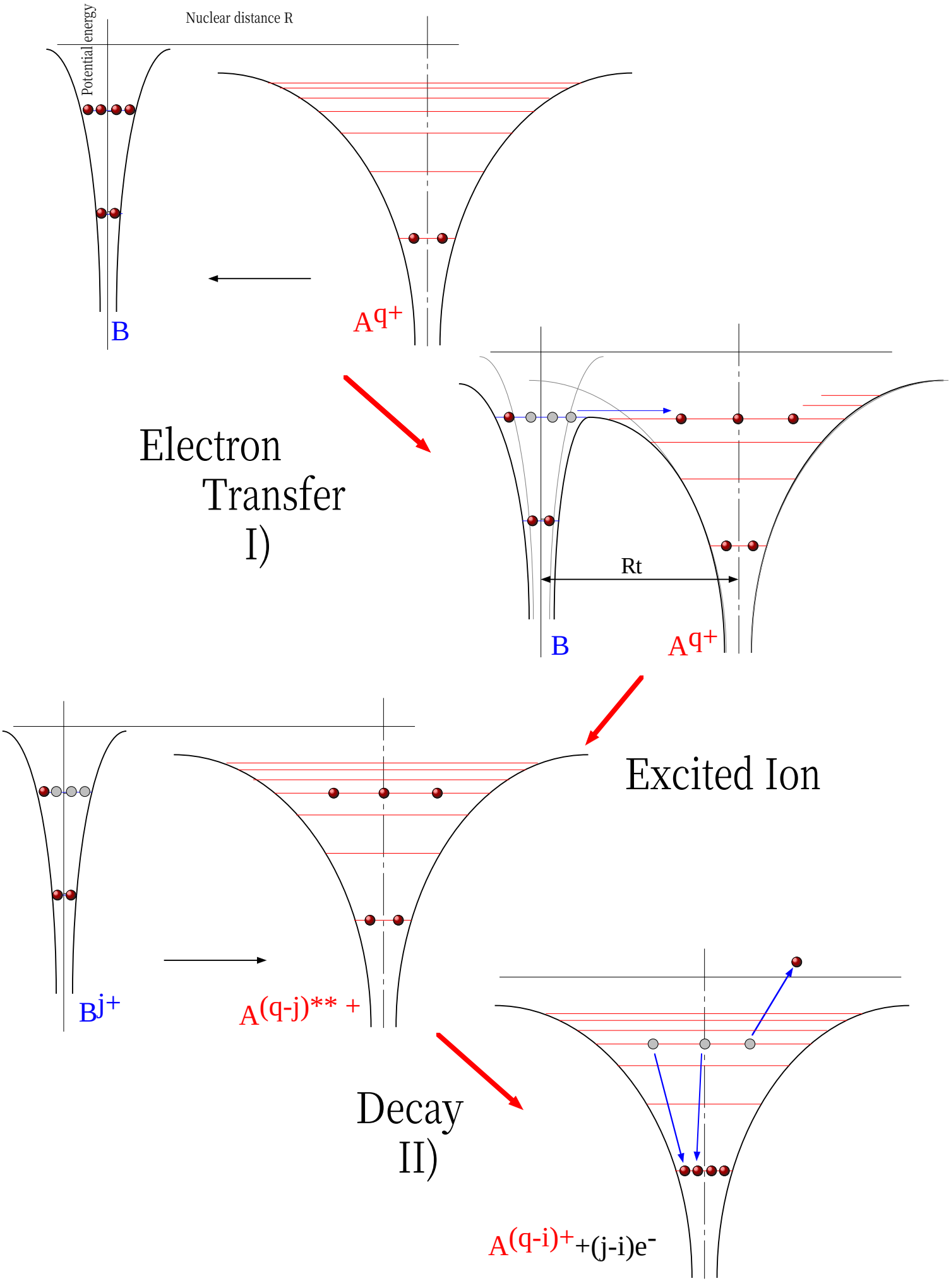
$$A^{q+} + B \rightarrow A^{(q-j)+**}(n,n',\mathrm{L}) + B^{j+} \quad \sigma_q^j$$

n,n',L　: the principal quantum number

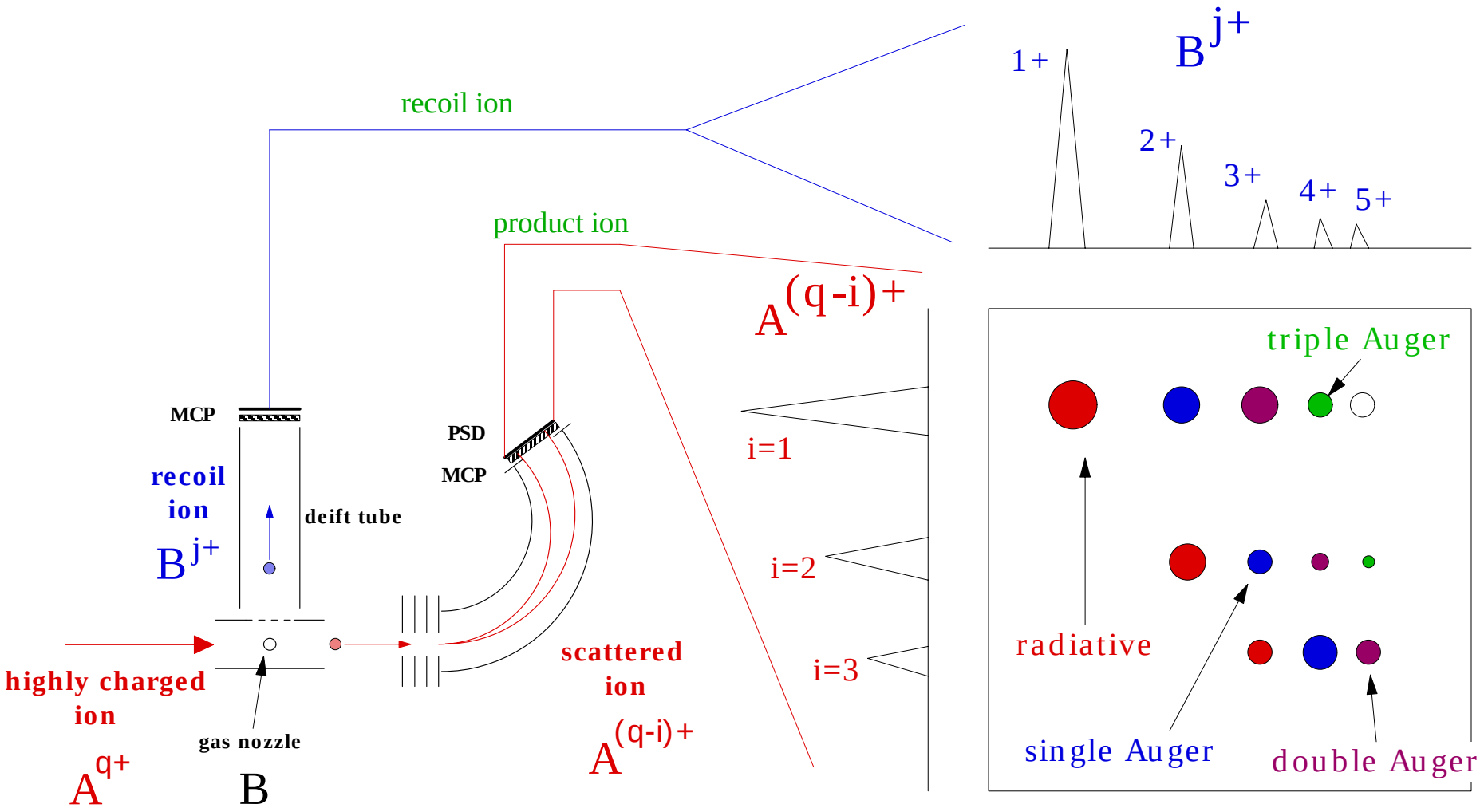
II)　Decay processes of excited product ions　崩壊過程

$$A^{(q-j)+**}(n,n',\mathrm{L}) \rightarrow A^{(q-i)+} + (j-i)e^{-} + h\nu + h\nu' + \mathrm{L}$$

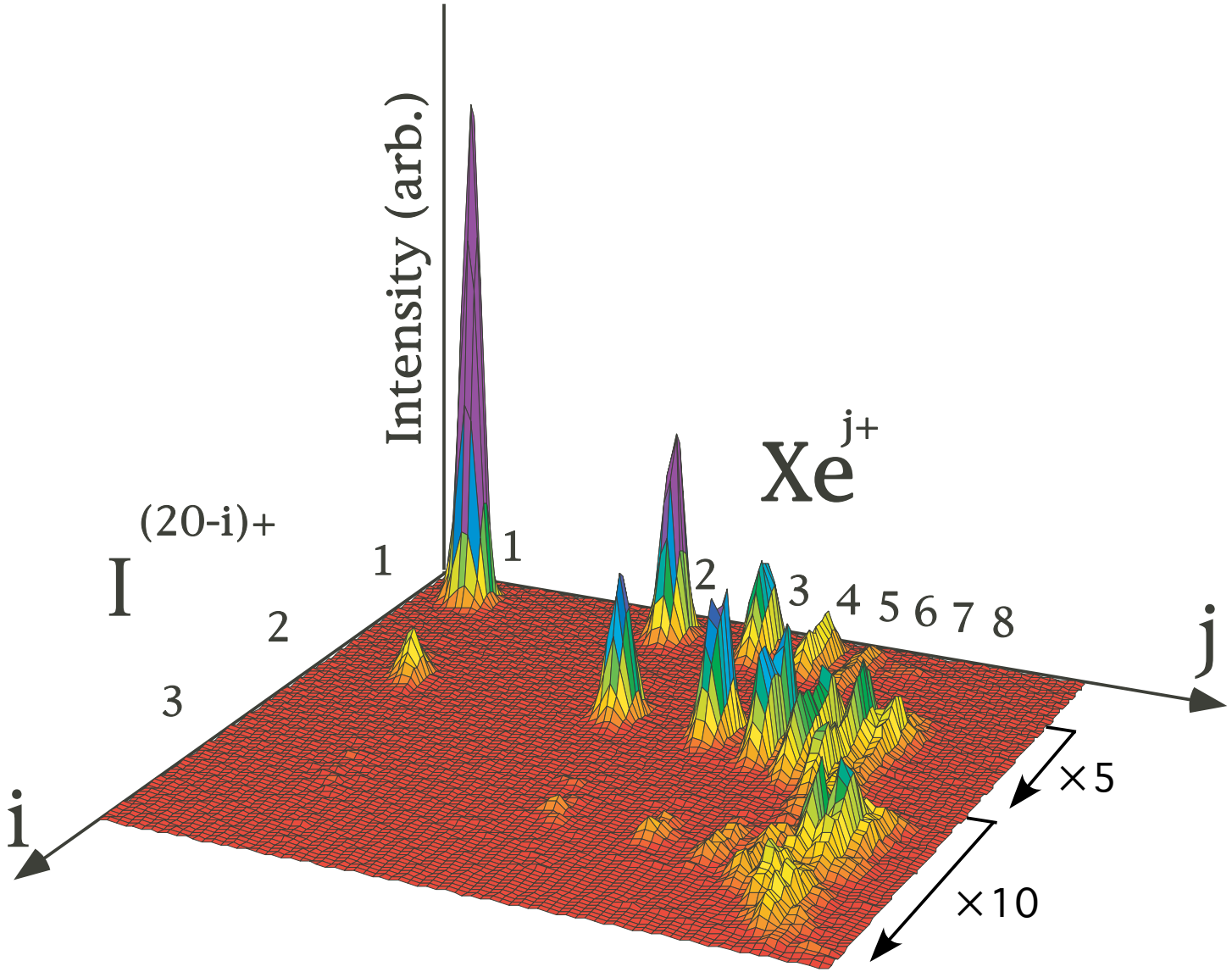
I)の電子移行過程は断面積の測定とスケーリング則により議論する。
II)の崩壊過程を崩壊分岐比で議論する。


Potential energy
Nuclear distance R
B
A^{q+}
Electron
Transfer
I)
Rt
B
A^{q+}
Excited Ion
B^{j+}
$A^{(q-j)**}$ +
Decay
II)
$A^{(q-i)+}$+(j-i)e$^-$

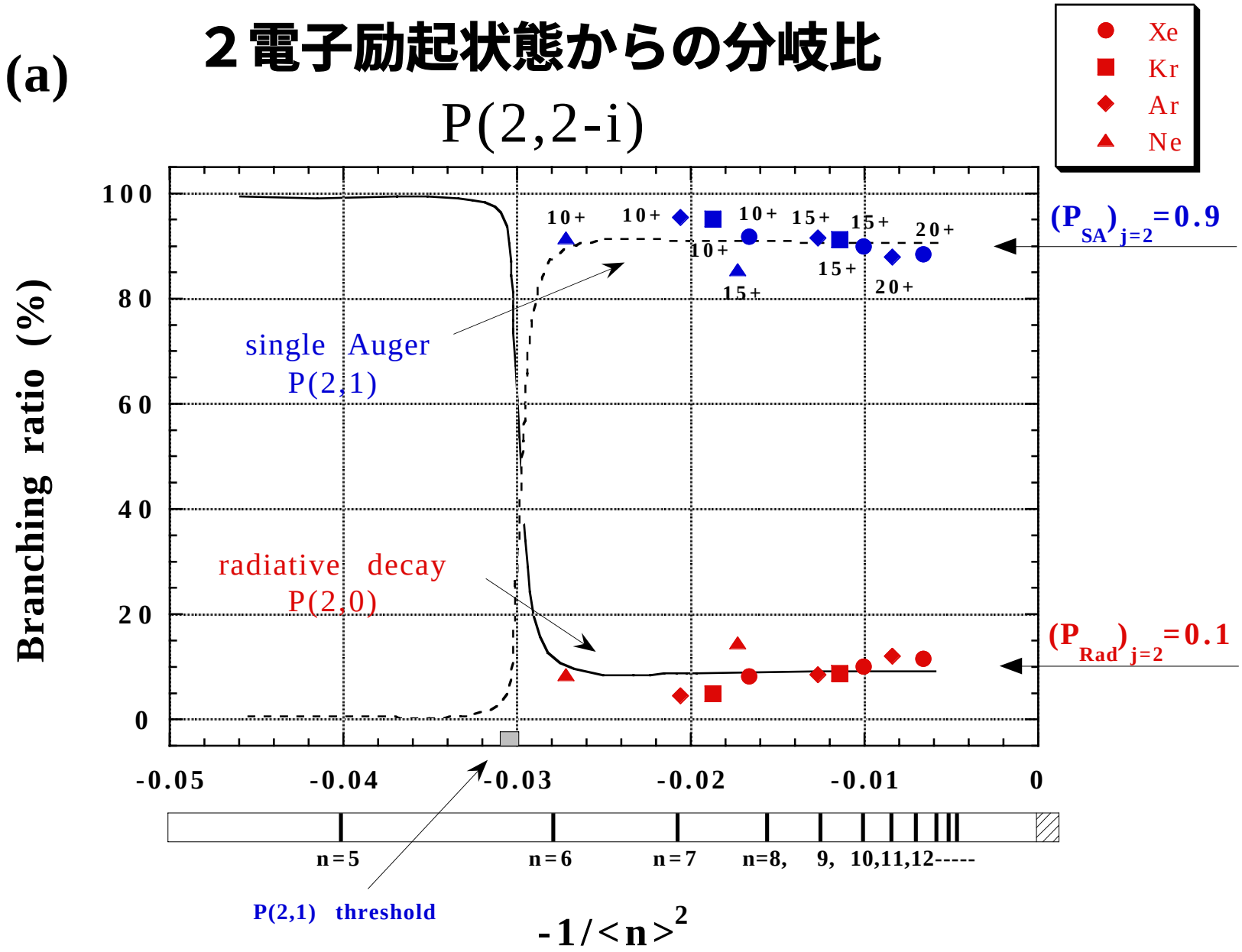
コインシデンス計測



分岐比 =P(j,j-i)

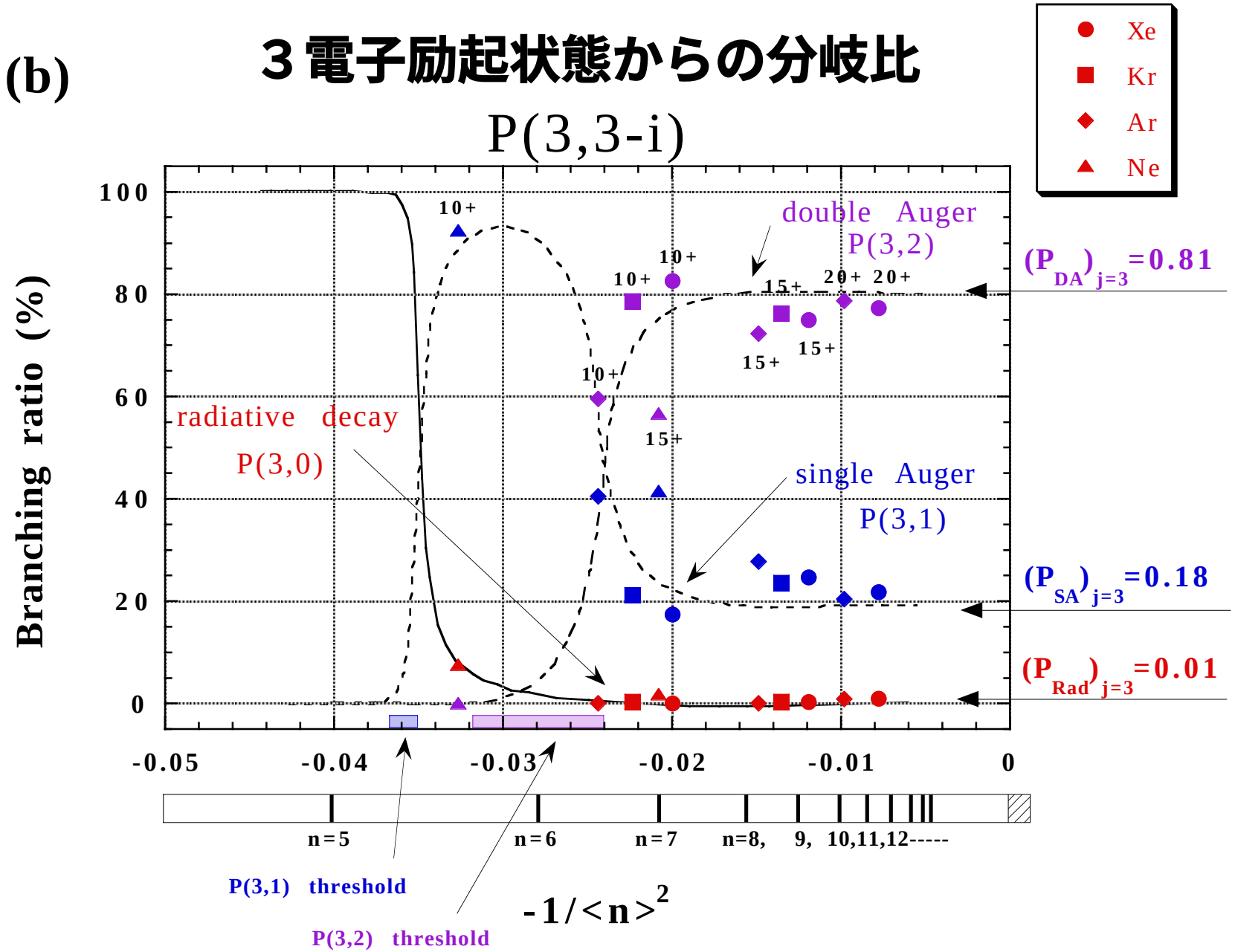


Coincidence spectrum for the charge state distributions between the product ions and the recoil ions in I^{20+}+Xe collisions


(a)
２電子励起状態からの分岐比
P(2,2-i)
Xe
Kr
Ar
Ne
Branching ratio (%)
100
80
60
40
20
0
10+
10+
10+
15+
15+
20+
10+
15+
15+
20+
(P_SA)_j=2 =0.9
single Auger
P(2,1)
radiative decay
P(2,0)
(P_Rad)_j=2 =0.1
-0.05
-0.04
-0.03
-0.02
-0.01
0
n=5
n=6
n=7
n=8, 9, 10,11,12-----
P(2,1) threshold
-1/<n>^2

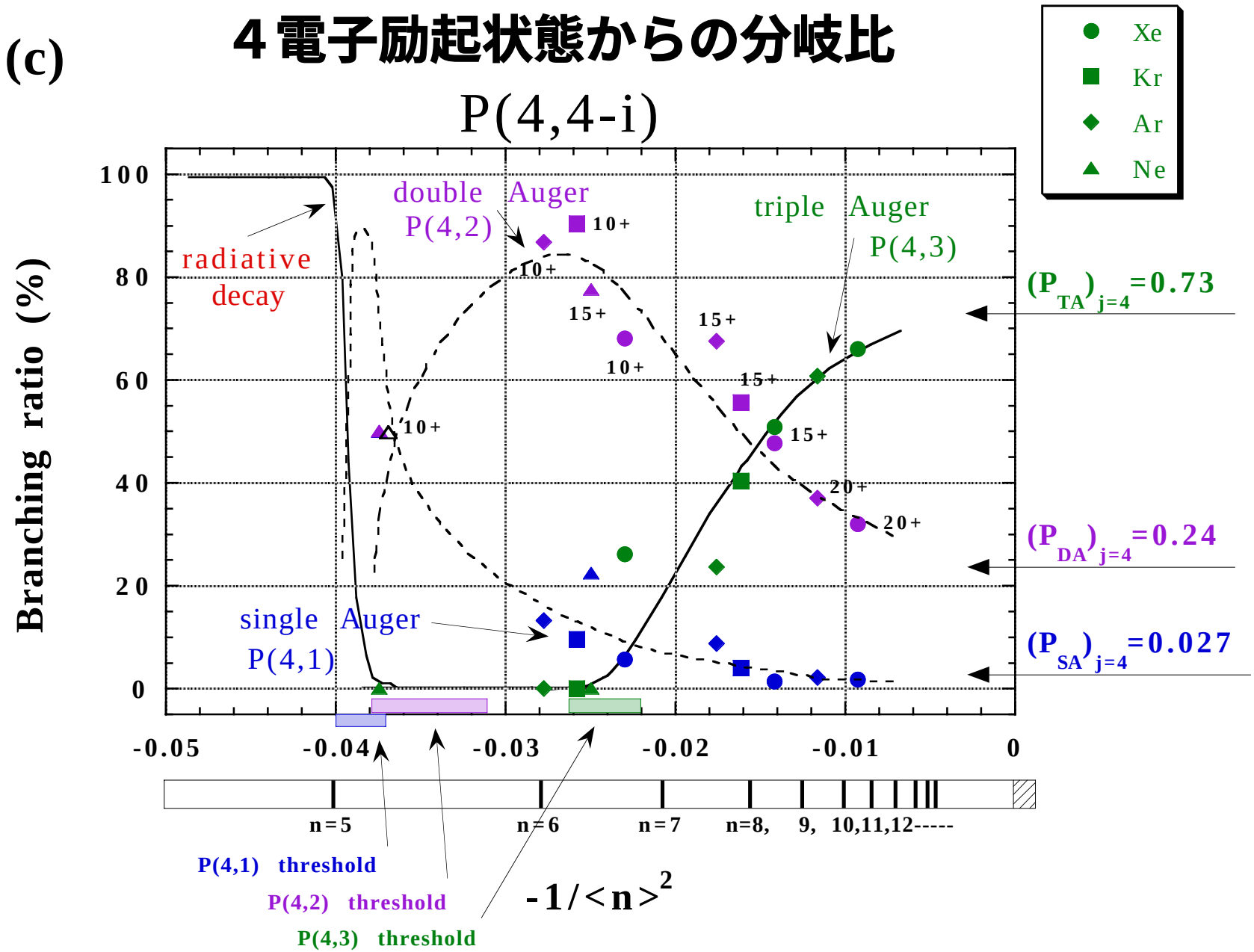
(b)

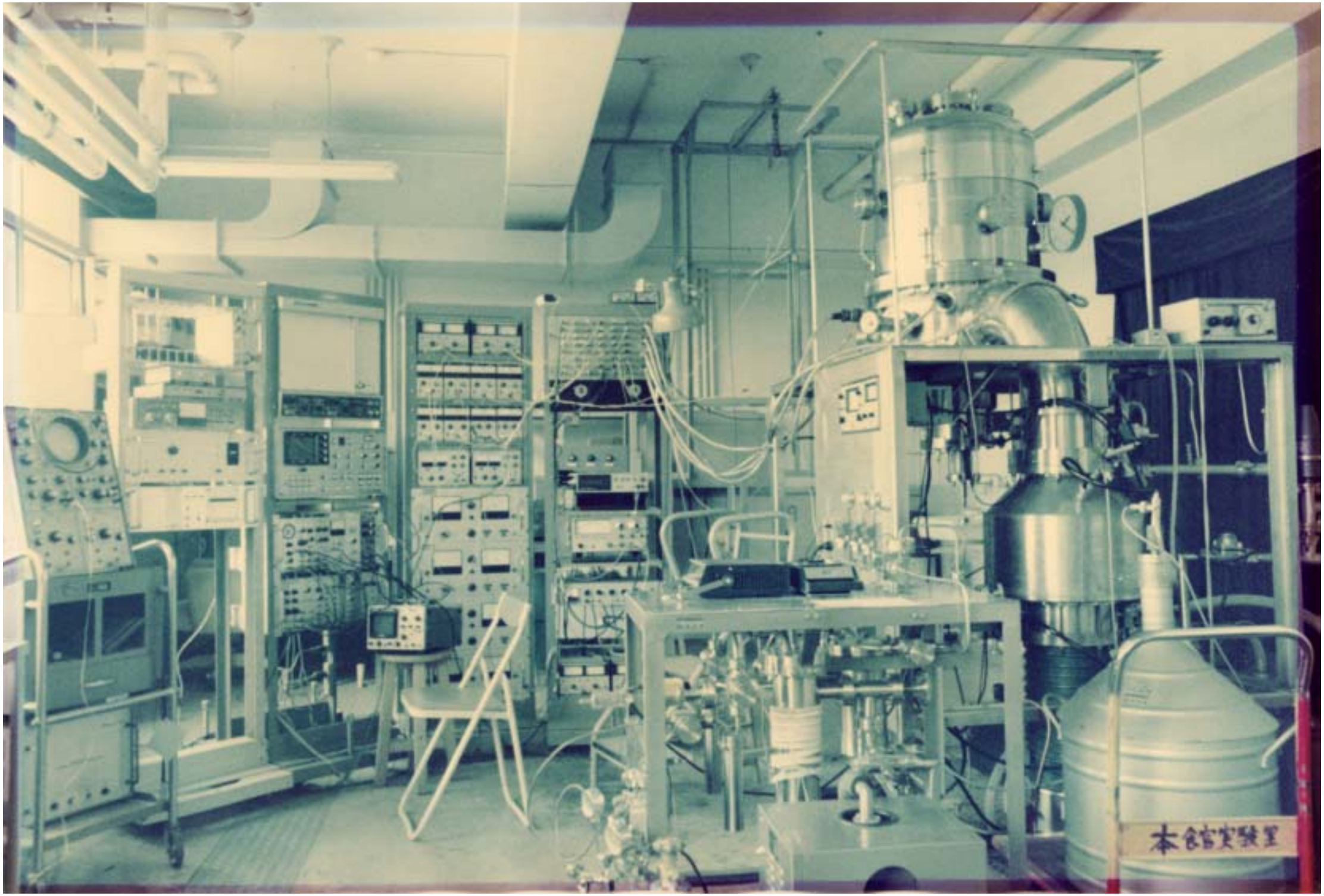
３電子励起状態からの分岐比



(c)

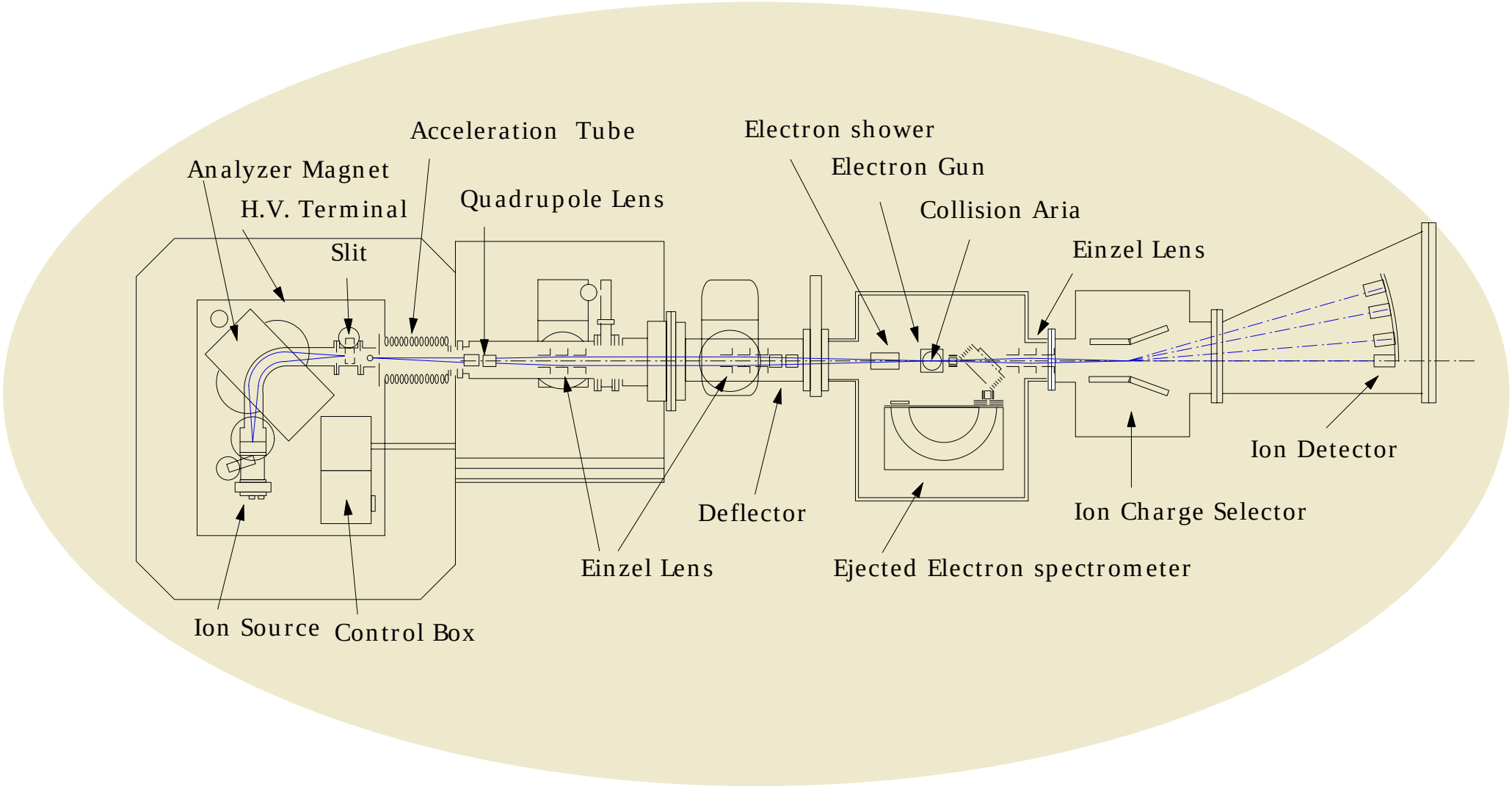
４電子励起状態からの分岐比

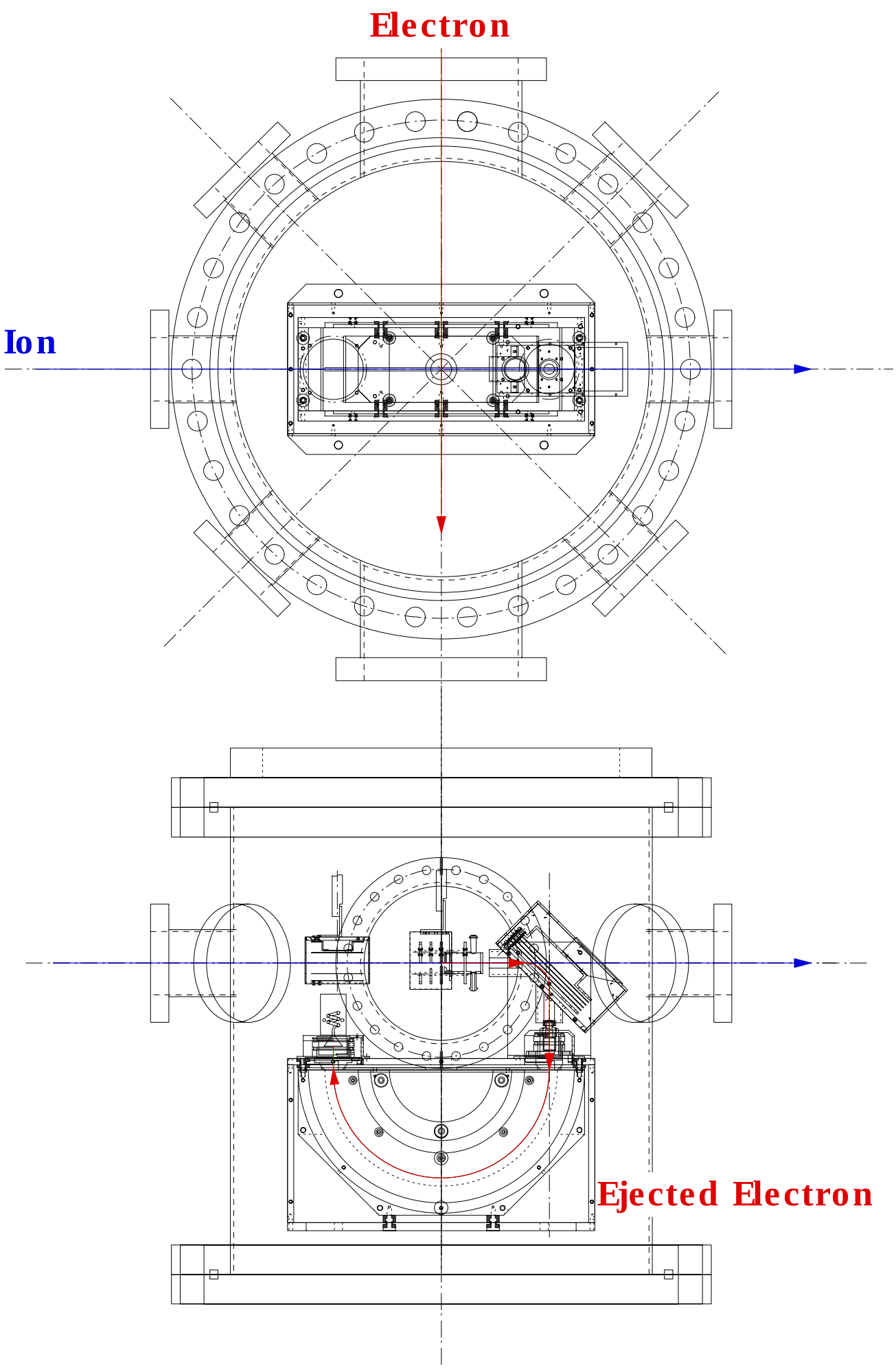



本館実験室

ACE-IT II
ビームライン

ビームエネルギー	10～100keV
ビーム強度	数mA
イオン種	希ガス、金属イオン
価数	1～2価




Electron
Ion
Ejected Electron