

# Расчеты периодов полураспада основных и изомерных состояний тяжелых ядер

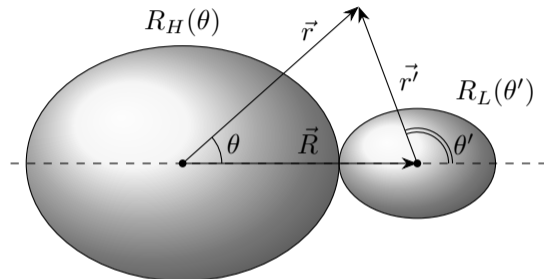
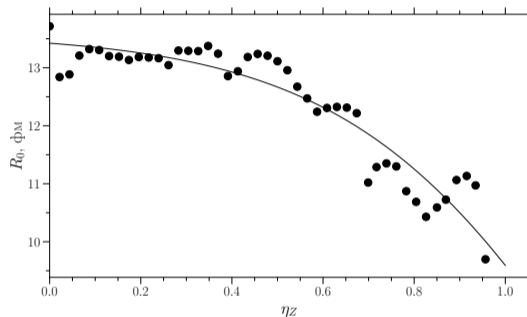
Иван Рогов

ЛТФ ОИЯИ

Совет РАН «Физика тяжелых ионов»

Нижний Новгород, 2024

# Двойная ядерная система (ДЯС)



Зарядовая асимметрия:

$$\eta_Z = \frac{Z_H - Z_L}{Z_H + Z_L}, \quad Z_{H,L} - \text{зарядовые числа}$$

## Формирование ДЯС

- Движение по координате  $\eta_Z$
- Спектроскопический фактор (вероятность формирования)  $S_L$

## Распад ДЯС

- Движение по координате  $R$
- Вероятность туннелирования  $P_L$

Система описывается стационарной волновой функцией  $\Psi(\eta_Z)$ :

$$\hat{H}\Psi_n(\eta_Z) = E_n\Psi_n(\eta_Z),$$

где

$$\hat{H} = \hat{T}_{\eta_Z} + U(\eta_Z)$$

Кинетическая энергия

$$\hat{T}_{\eta_Z} = \frac{\hbar^2}{2} \frac{\partial}{\partial \eta_Z} B_{\eta_Z}^{-1} \frac{\partial}{\partial \eta_Z}$$

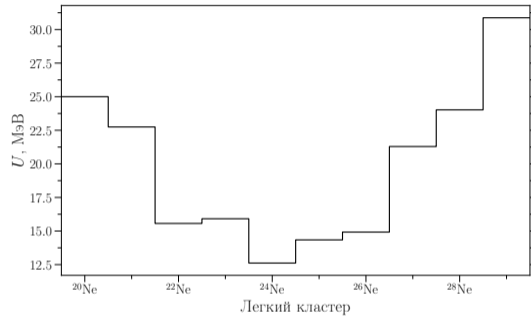
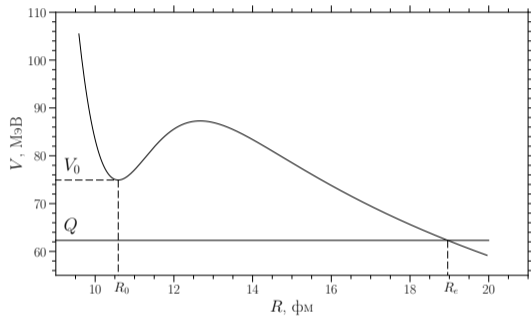
Потенциальная энергия

[G. Adamian *et al.* Int. J. Mod. Phys. A, 1996]

$$U(R, \eta_Z, \Omega) = V(R, \eta_Z, \Omega) - (B - B_L - B_H)$$

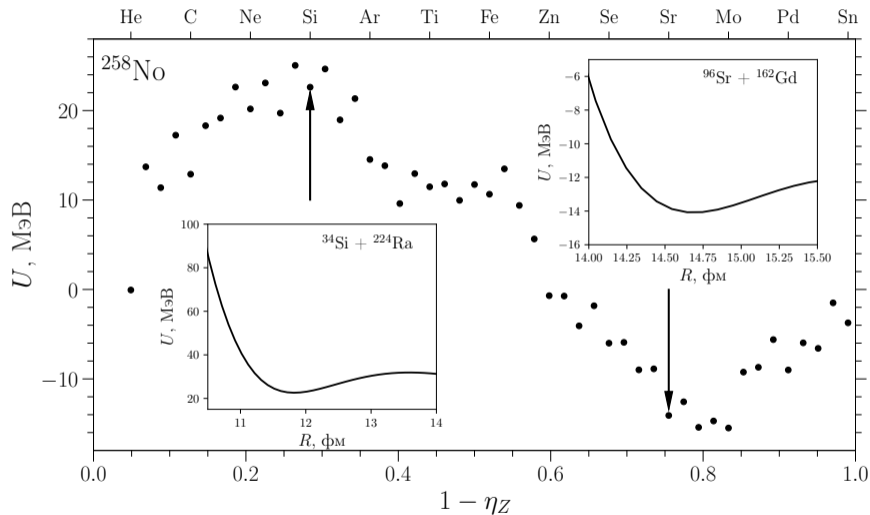
$$V(R, \eta_Z, \Omega) = V_C(R, \eta_Z) + V_N(R, \eta_Z) + V_r(R, \eta_Z, \Omega)$$

# Управляющий потенциал

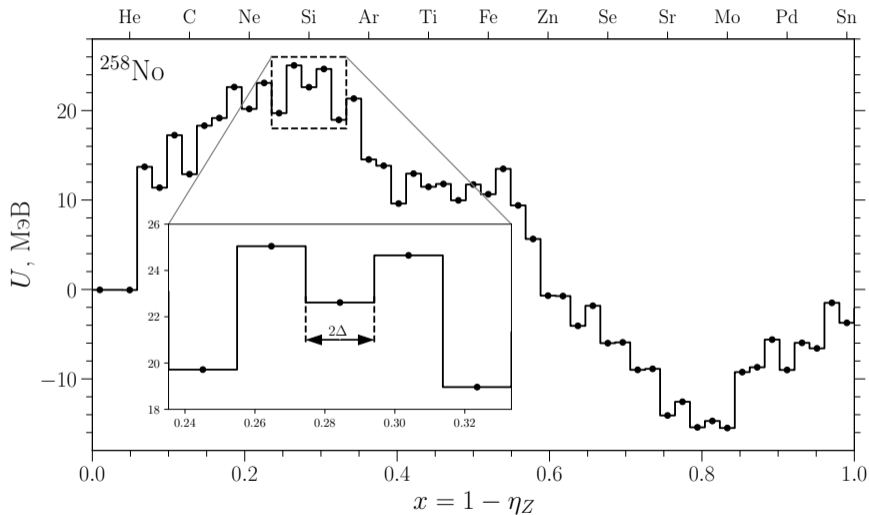


$$a_0 = 0.47 - 0.56 \text{ фм}; \quad r_0 = 1.00 - 1.16 \text{ фм}$$

# Построение управляющего потенциала

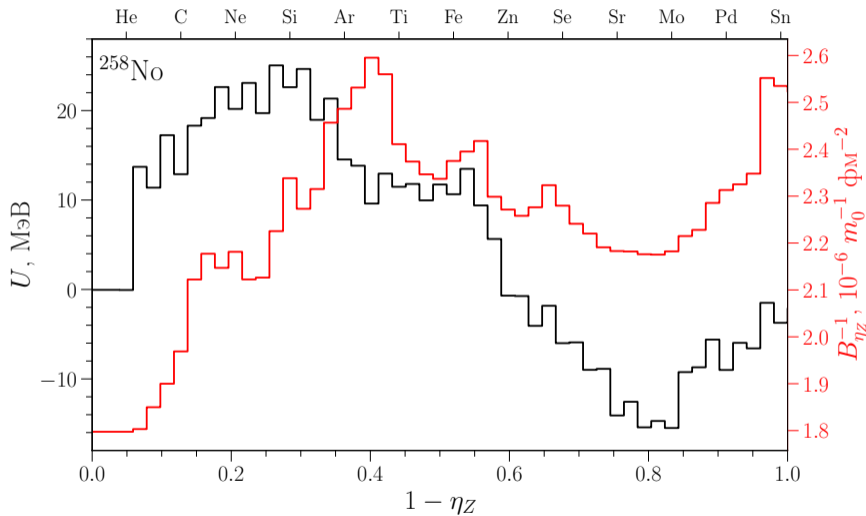


# Построение управляющего потенциала



$$\eta z \rightarrow x = 1 - \eta z; \quad \Delta = 1/Z.$$

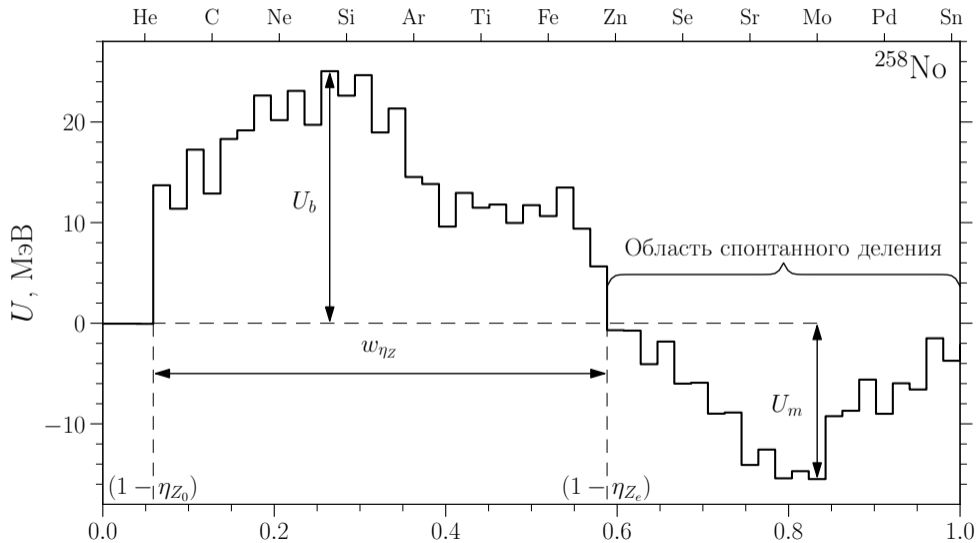
# Построение управляющего потенциала



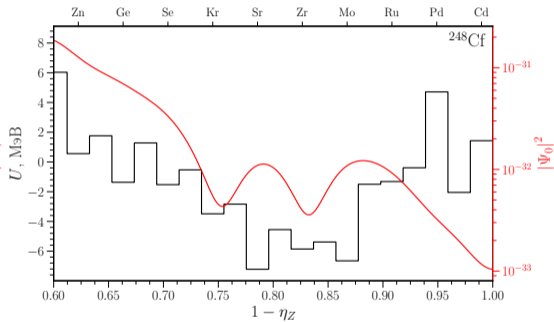
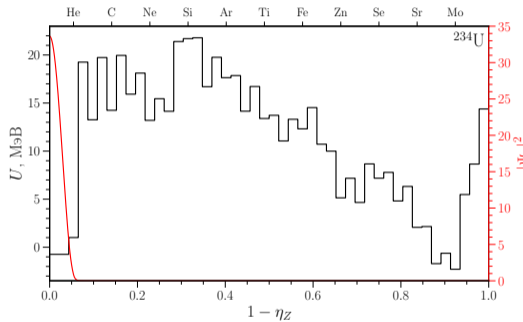
$$\eta z \rightarrow r = 1 - \eta z; \quad \Delta = 1/Z; \quad \Psi = \sum_{\mu} \psi_{\mu}(\mathbf{r})$$



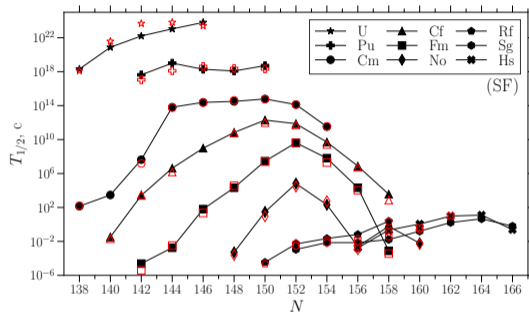
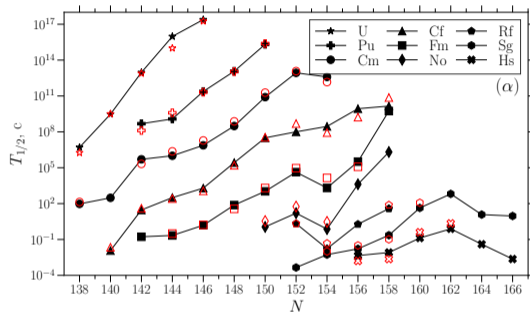
# Характеристики управляющего потенциала



# Волновая функция



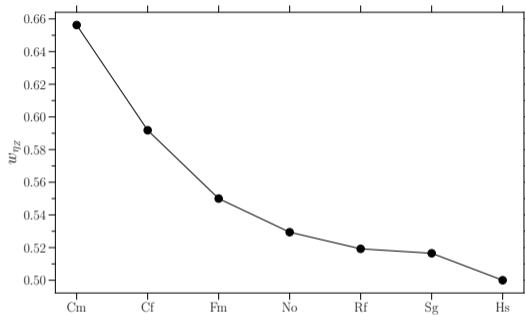
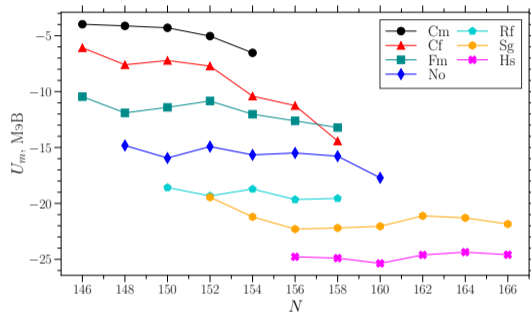
# Even-even nuclei half-lives



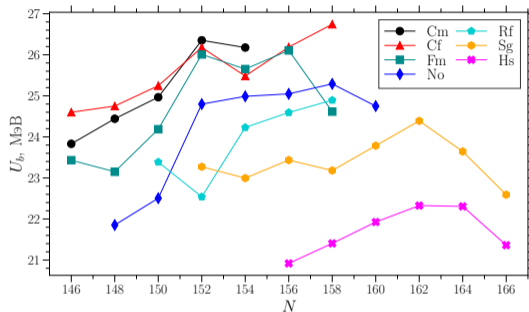
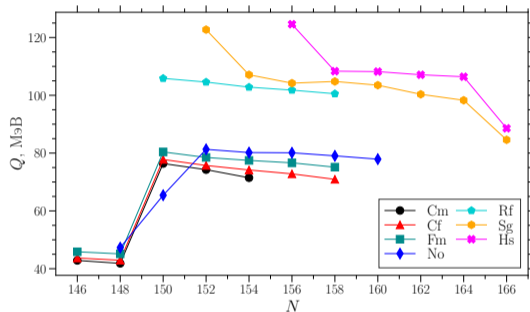
# SF for superheavy

	$T_{1/2}^{\text{sf}}(\text{exp.}), \text{ s}$	$T_{1/2}^{\text{sf}}(\text{th.}), \text{ s}$		$T_{1/2}^{\text{sf}}(\text{exp.}), \text{ s}$	$T_{1/2}^{\text{sf}}(\text{th.}), \text{ s}$
$^{265}\text{Rf}$	66	96.8	$^{280}\text{Ds}$	$3.6 \times 10^{-4}$	$4.07 \times 10^{-3}$
$^{267}\text{Rf}$	$2.8 \times 10^3$	$7.12 \times 10^2$	$^{281}\text{Ds}$	9.6	5.62
$^{271}\text{Sg}$	$1.2 \times 10^2$	$4.24 \times 10^2$	$^{282}\text{Cn}$	$8 \times 10^{-4}$	$2.03 \times 10^{-2}$
$^{275}\text{Hs}$	$> 4$	1.22	$^{283}\text{Cn}$	40	19
$^{277}\text{Hs}$	$3 \times 10^{-3}$	$1.57 \times 10^{-3}$	$^{284}\text{Cn}$	$1.2 \times 10^{-1}$	$4.54 \times 10^{-2}$
$^{279}\text{Ds}$	$2.1 \times 10^{-1}$	$1.10 \times 10^{-1}$	$^{286}\text{Fl}$	$2.3 \times 10^{-1}$	$5.65 \times 10^{-1}$

# Driving potential characteristics

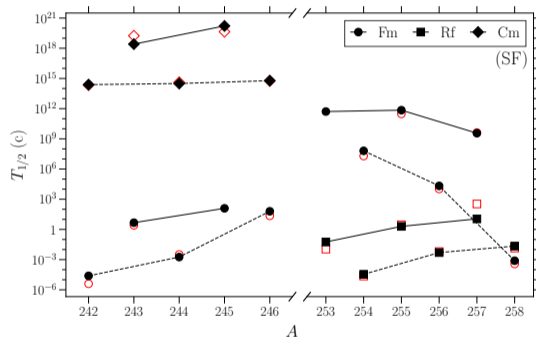
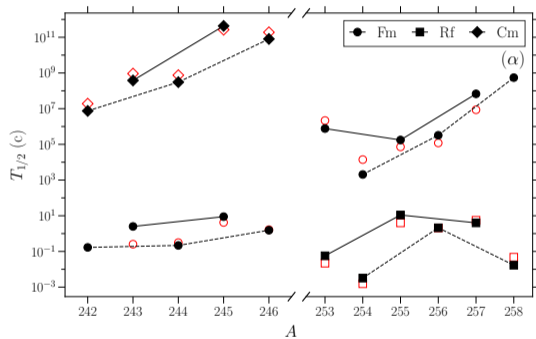


# Driving potential characteristics

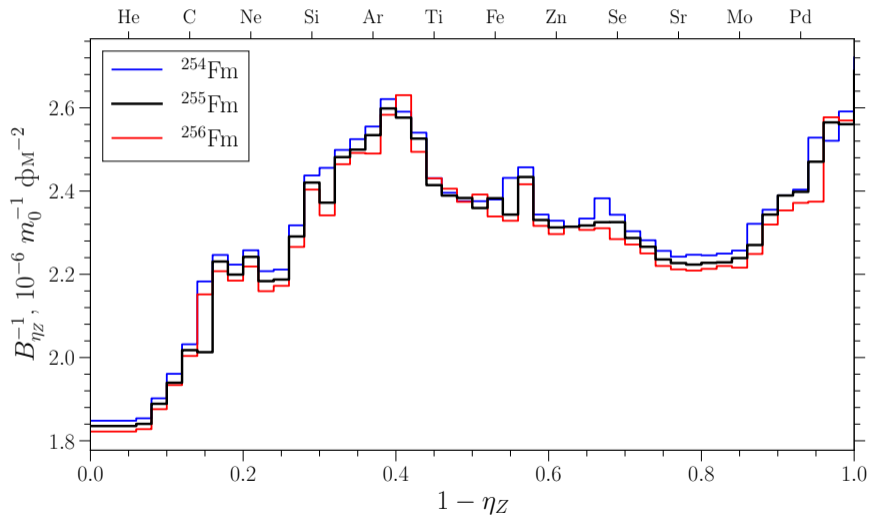


$$Q = (Q_M - Q_L - Q_H), \text{ for } \eta_Z \text{ at } U_b$$

# Even-odd nuclei half-lives

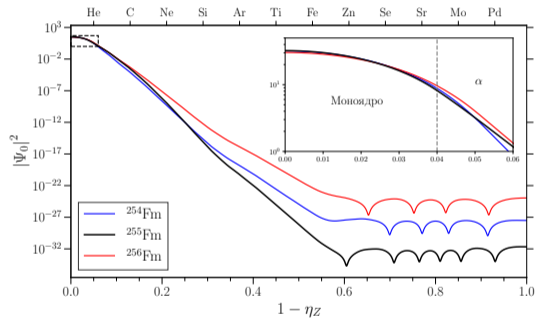
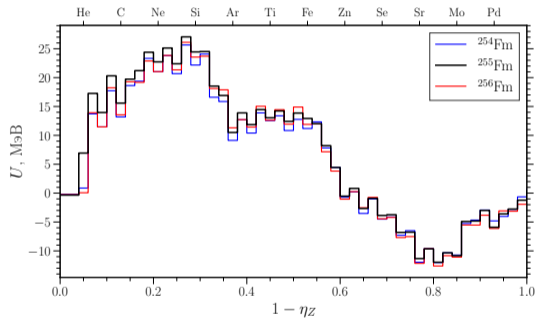


# HF origins. Inertia parameter influence

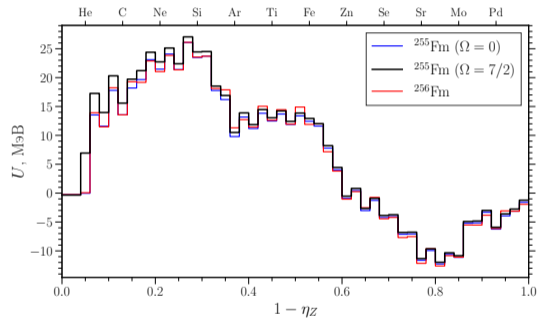
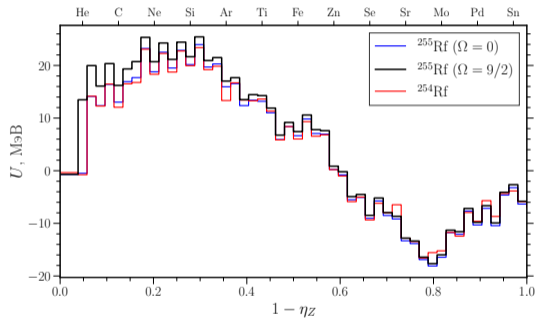




# Driving potential influence



# Rotational part influence



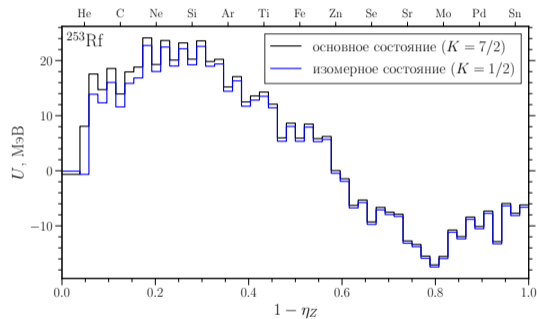
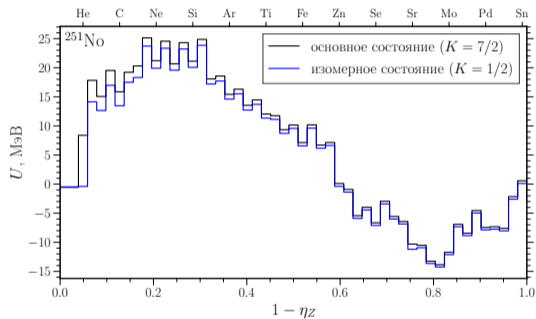
# Rotational part influence

	$\Omega$	$S_\alpha$	$S_\alpha^*$	$T_{1/2}, \text{ s}$	$T_{1/2}^*, \text{ s}$	$T_{1/2}^{\text{rest}}, \text{ s}$
$^{243}\text{Cm}$	5/2	0.0526	0.0707	$2.57 \times 10^{18}$	$1.02 \times 10^{14}$	$2.75 \times 10^{14}$
$^{245}\text{Cm}$	7/2	0.0428	0.0947	$1.65 \times 10^{20}$	$7.34 \times 10^{14}$	$4.35 \times 10^{14}$
$^{243}\text{Fm}$	7/2	0.0712	0.0904	3.51	$3.14 \times 10^{-4}$	$2.08 \times 10^{-4}$
$^{255}\text{Fm}$	7/2	0.0527	0.0816	$3.01 \times 10^{11}$	$1.62 \times 10^6$	$1.16 \times 10^6$
$^{257}\text{Fm}$	9/2	0.0481	0.0888	$4.13 \times 10^9$	1.19	4.02
$^{253}\text{Rf}$	7/2	0.0888	0.0947	$5.64 \times 10^{-2}$	$2.21 \times 10^{-5}$	—
$^{255}\text{Rf}$	9/2	0.0691	0.0930	2.00	$2.95 \times 10^{-3}$	$4.14 \times 10^{-4}$
$^{257}\text{Rf}$	1/2	0.0893	0.0918	$1.11 \times 10^1$	$3.99 \times 10^{-2}$	$1.05 \times 10^{-2}$

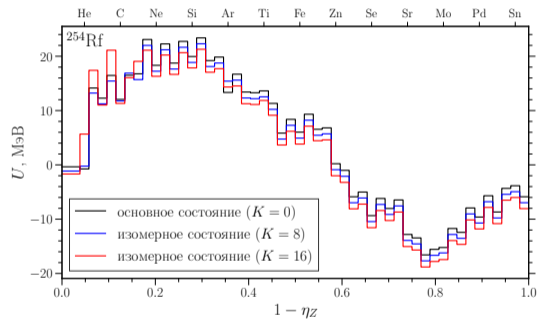
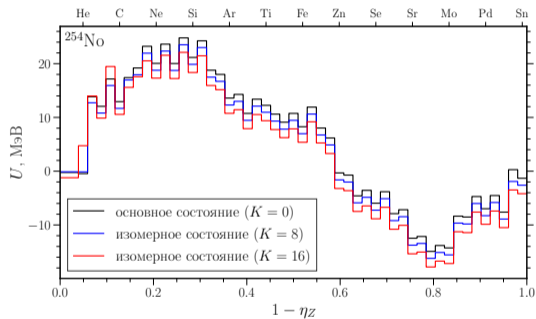
# K-isomers decay

	$K^\pi$	$E_0$ (MeV)	$T_{1/2}^\alpha$ (th.) (s)	$T_{1/2}^\alpha$ (exp.) (s)	$T_{1/2}^{\text{sf}}$ (th.) (s)	$T_{1/2}^{\text{sf}}$ (exp.) (s)
$^{253}\text{Rf}$	$\left(\frac{7^+}{2}\right)$	0	$5.70 \times 10^{-2}$	$2.20 \times 10^{-2}$	$5.64 \times 10^{-2}$	$1.46 \times 10^{-2}$
$^{253}\text{Rf}$	$\left(\frac{1^+}{2}\right)$	0.200	$4.34 \times 10^{-3}$	$6.00 \times 10^{-3}$	$8.32 \times 10^{-5}$	$4.4 \times 10^{-5}$
$^{255}\text{Rf}$	$\left(\frac{7^+}{2}\right)$	0	11	4	2	2.9
$^{255}\text{Rf}$	$\left(\frac{1^+}{2}\right)$	0.100	$2.94 \times 10^{-2}$		$2.44 \times 10^{-2}$	$> 3 \times 10^{-5}$
$^{254}\text{Rf}$	$0^+$	0	$3.22 \times 10^{-2}$	$> 1.55 \times 10^{-3}$	$3.45 \times 10^{-5}$	$2.30 \times 10^{-5}$
$^{254}\text{Rf}$	$(8^-)$	1.10	$2.19 \times 10^2$		$1.14 \times 10^{-4}$	$> 4.70 \times 10^{-5}$
$^{254}\text{Rf}$	$(16^+)$	2.25	$5.38 \times 10^4$		$1.36 \times 10^{-1}$	$> 6.02 \times 10^{-4}$
$^{272}\text{Cn}$	$(0^+)$	0	$3.93 \times 10^{-5}$		$7.98 \times 10^{-4}$	
$^{272}\text{Cn}$	$(10^+)$	1.19	$7.10 \times 10^{-4}$		$4.78 \times 10^{-3}$	
$^{272}\text{Cn}$	$(20^+)$	2.59	5.81		$4.23 \times 10^{-3}$	

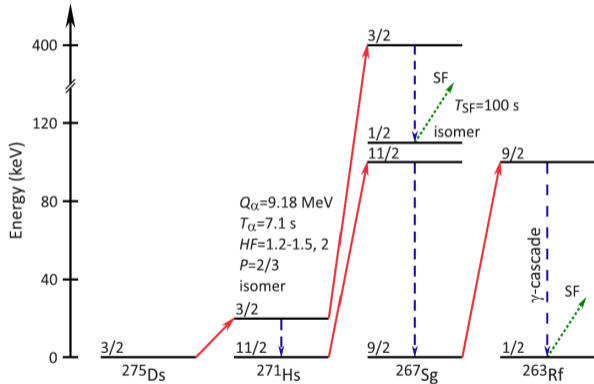
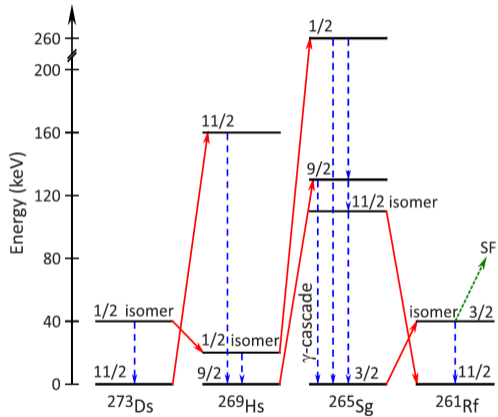
# Driving potentials

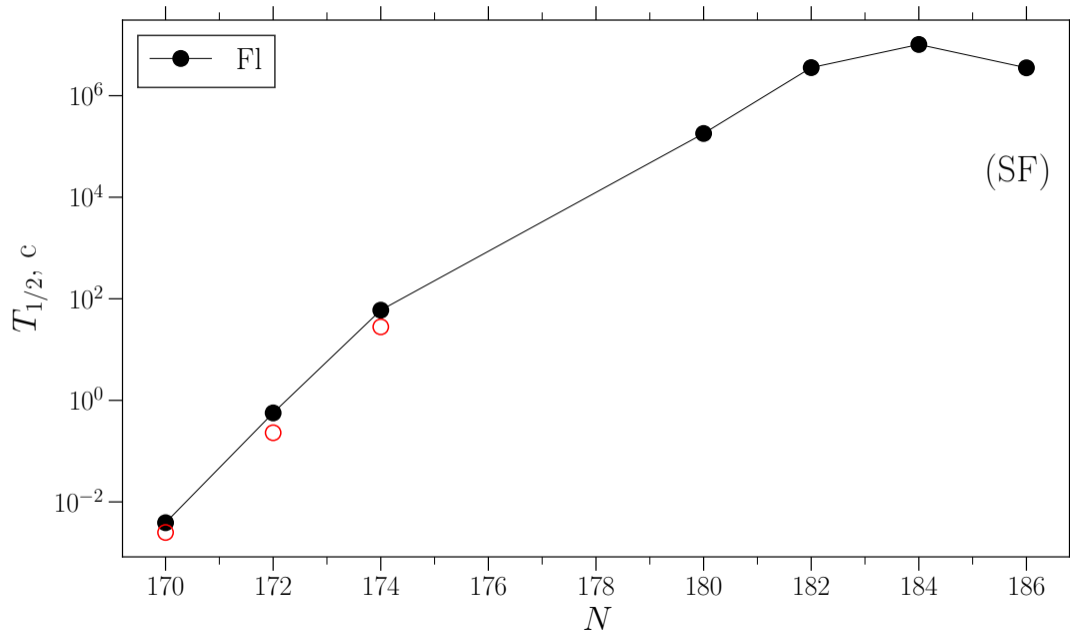


# Driving potentials



# Цепочки распада $^{273,275}\text{Ds}$







Спасибо за внимание!