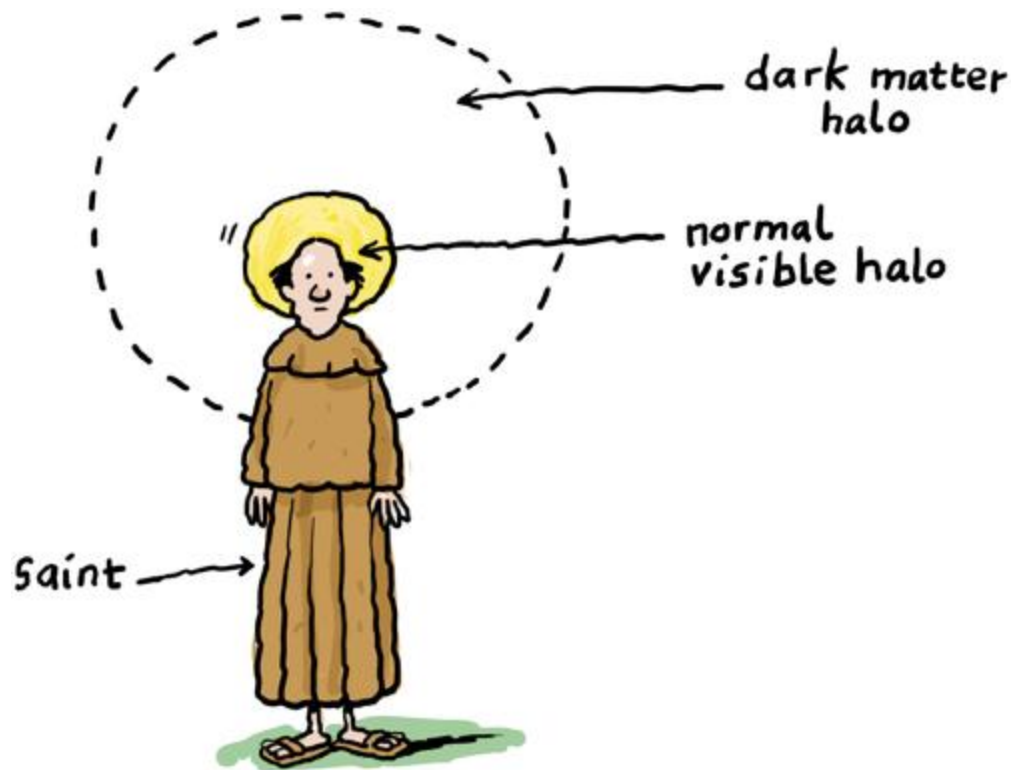
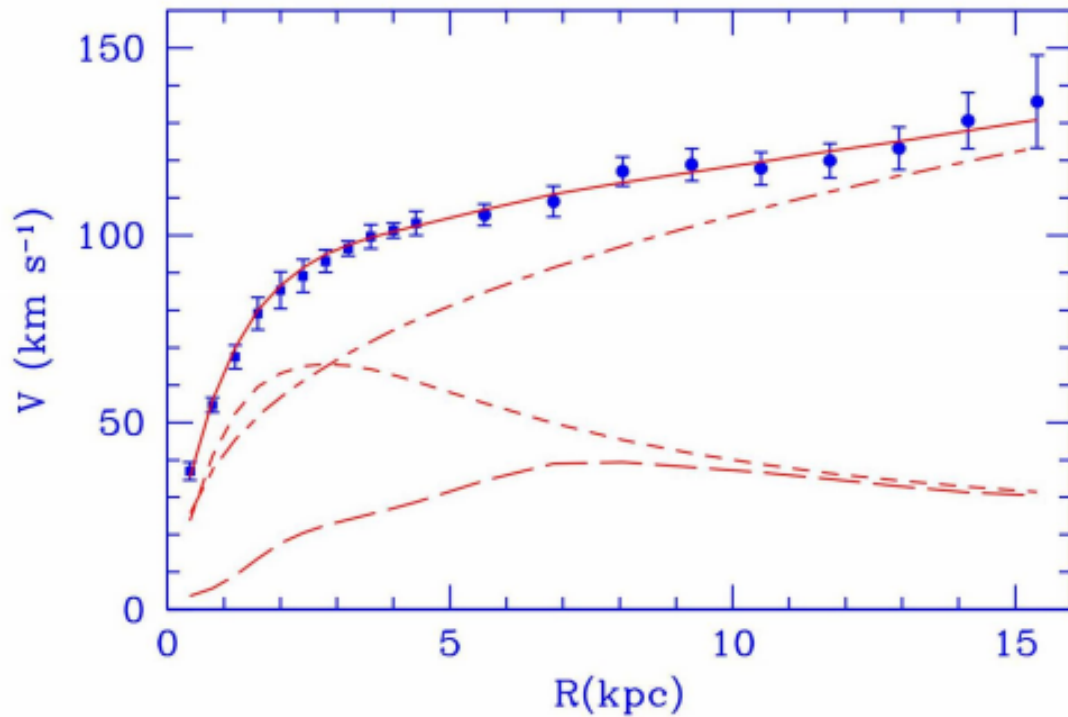


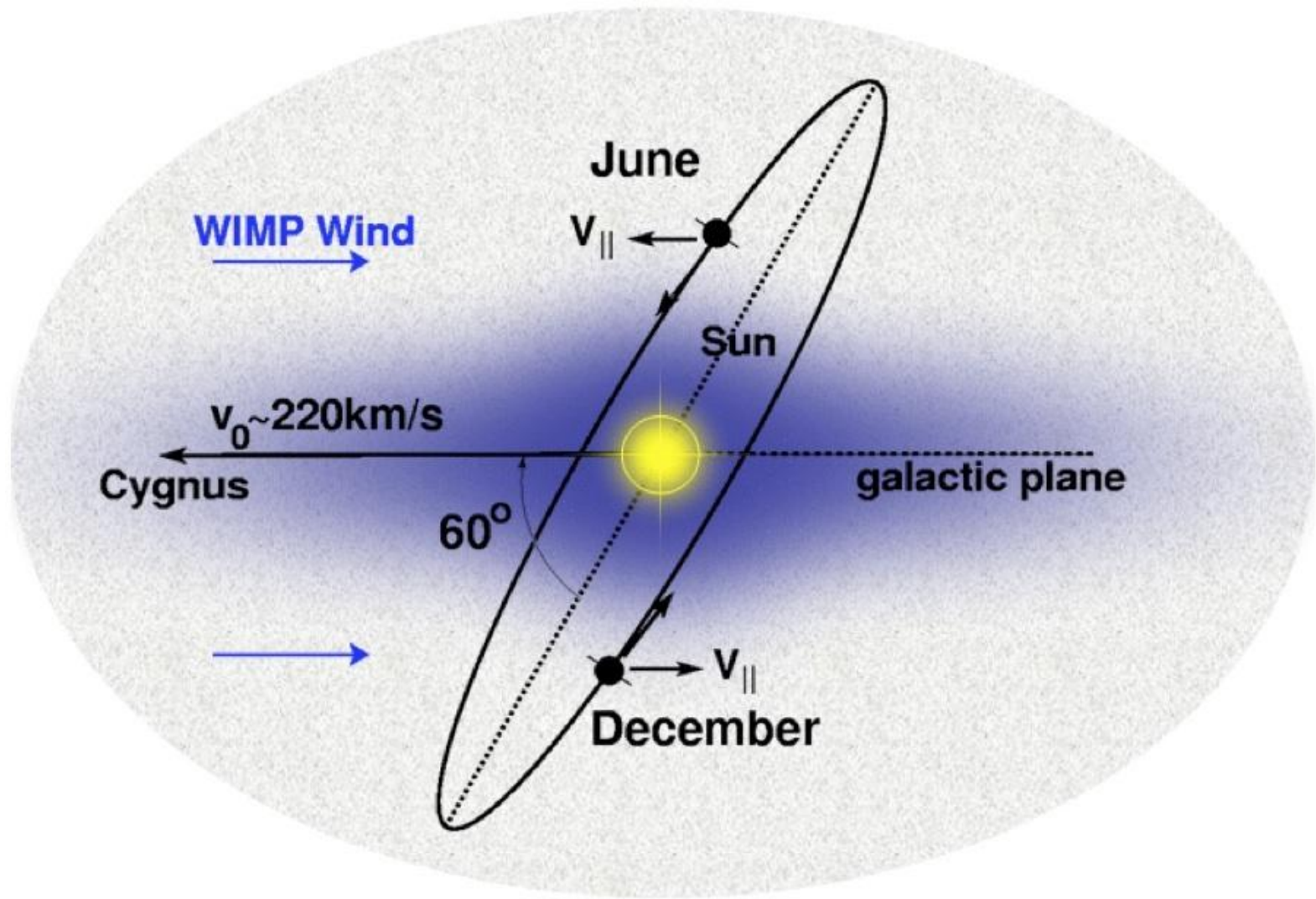


# DarkSide-50: первые результаты

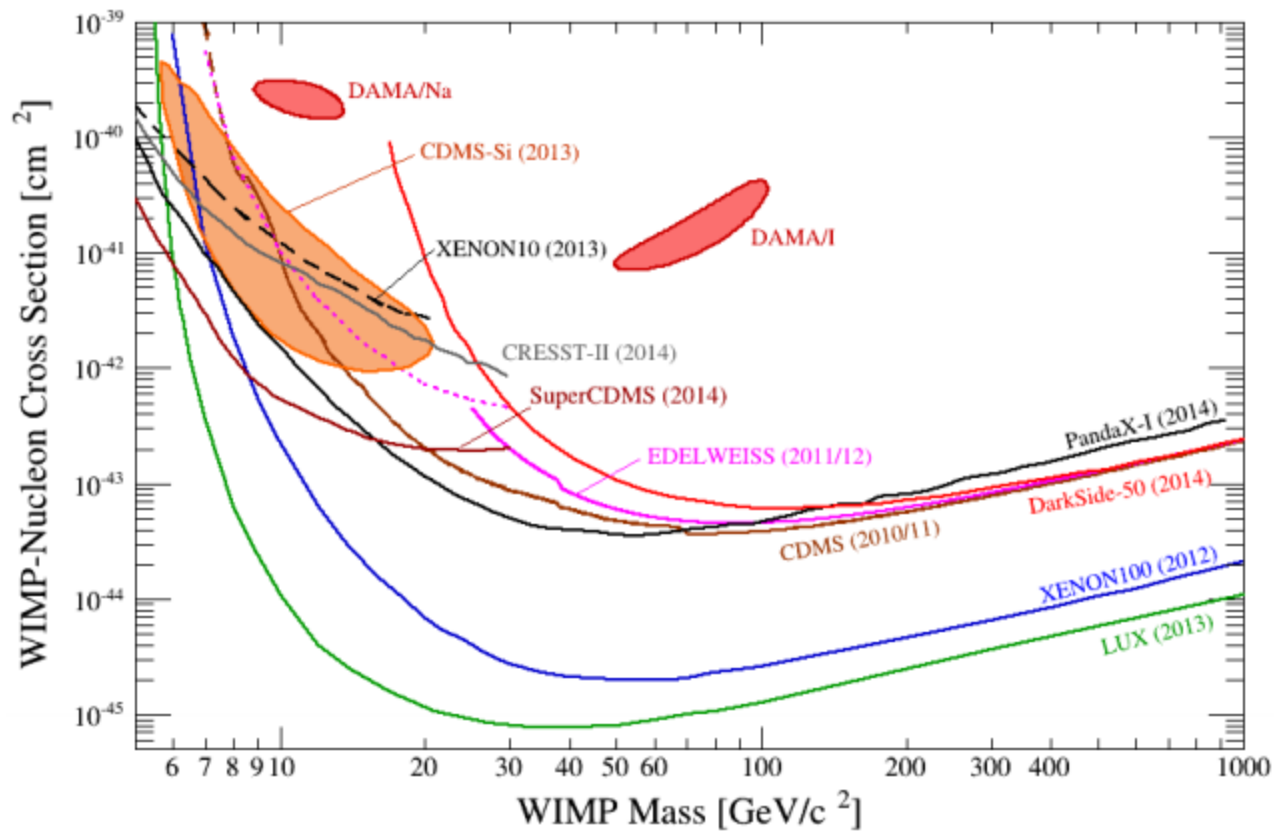


# ротационные кривые, М33



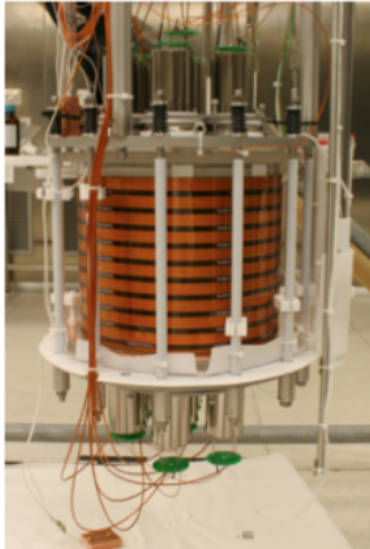






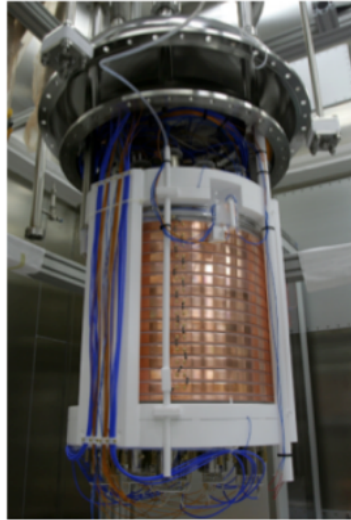
# программа DarkSide

**DarkSide-10**  
2011-2013



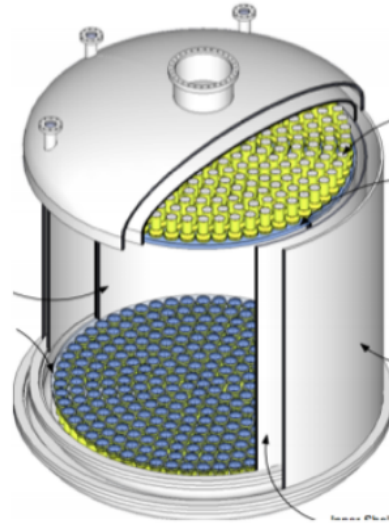
Princeton / LNGS

**DarkSide-50**  
2013-201x



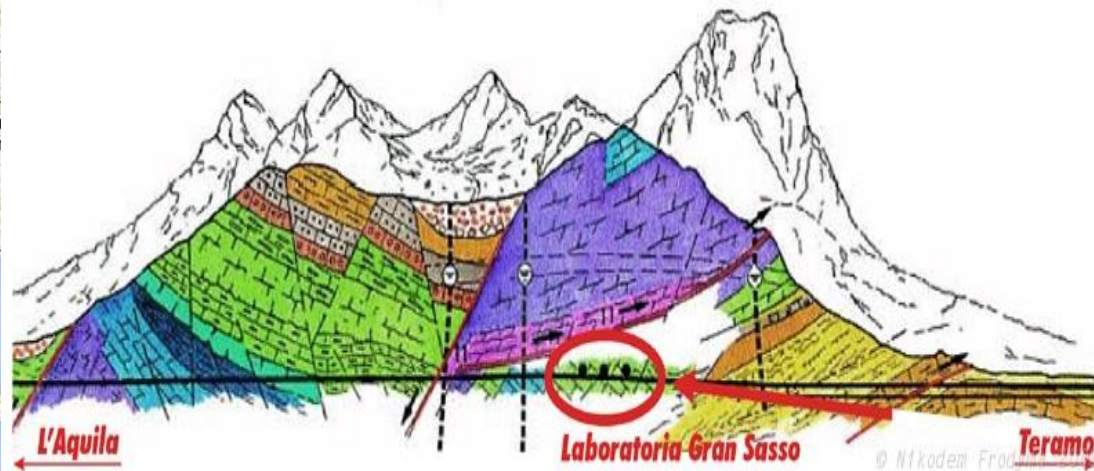
$\sim 10^{-45} \text{ cm}^2$

**DarkSide - ton scale**  
2016-2020 ?



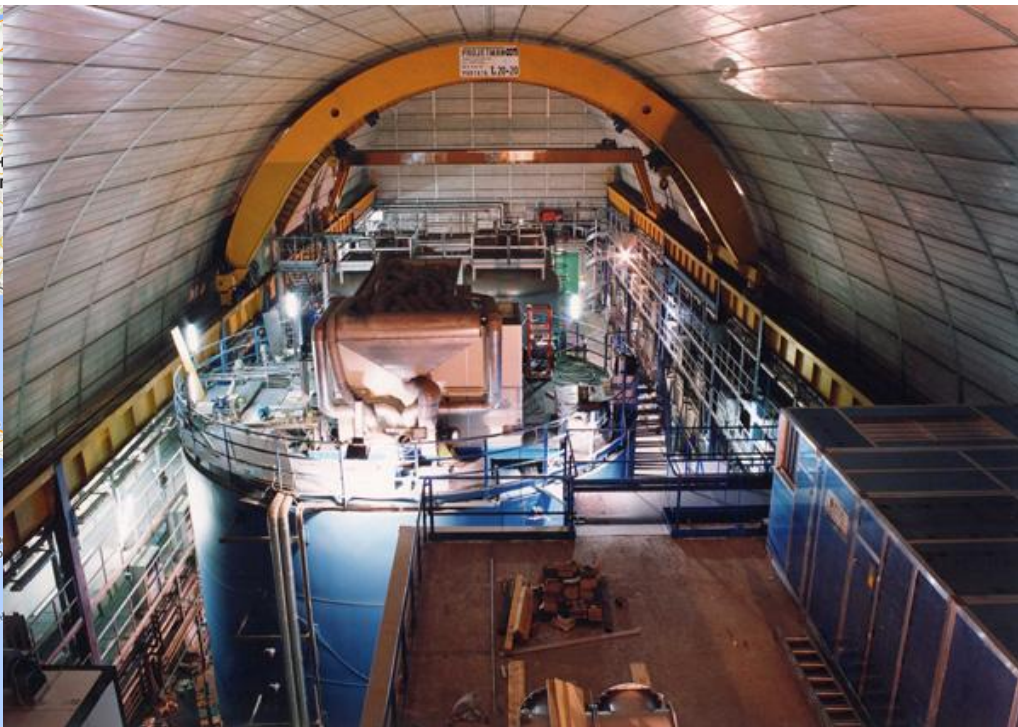
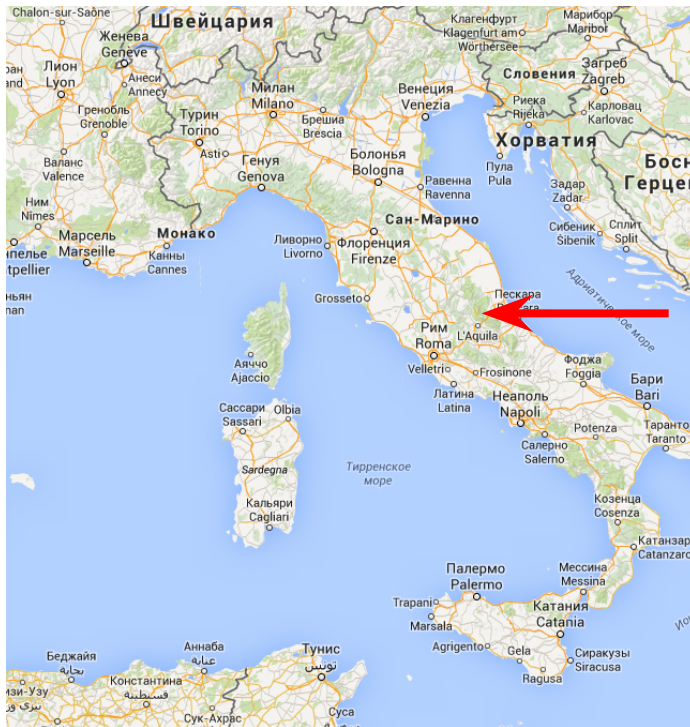
$\sim 10^{-47} \text{ cm}^2$  ?

# лаборатория Гран-Сассо



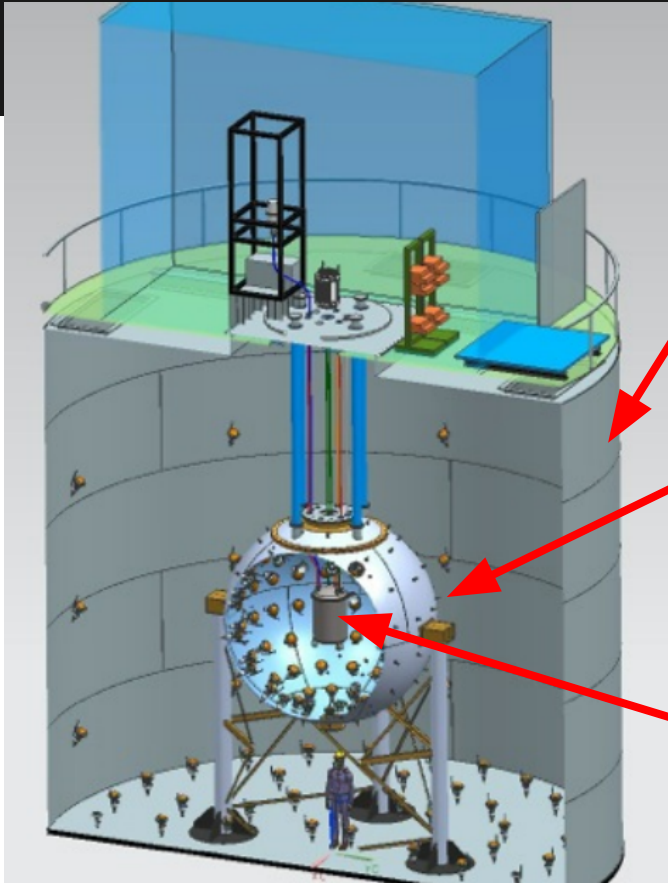
3800 м водного эквивалента

# лаборатория Гран-Сассо, зал С





# детектор



## водный бак:

$h=10$  м,  $d=11$  м, 3 м защиты

1000т воды

80 PMT 8"

## нейтронное вето:

$d = 4$  м

30т 50%PC+50%TMB + 3g/l PPO

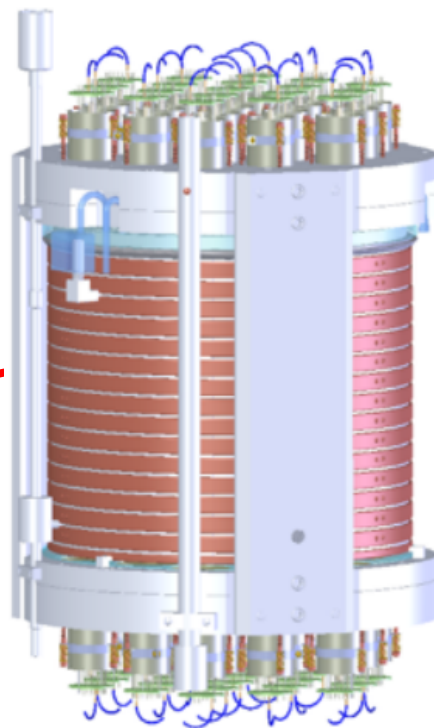
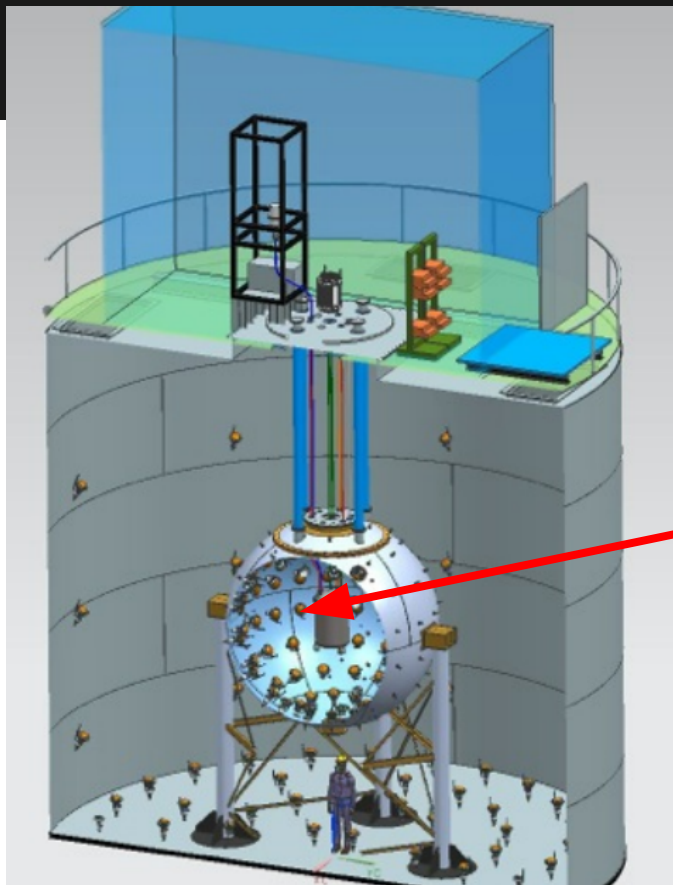
1.5 м защиты

110 PMT 8"

## криостат:

150 л объем

# детектор, ТРС



$h = 36 \text{ cm}$ ,  $d = 36 \text{ cm}$

Tetra Phenyl Butadiene

38 3" Hamamatsu R11065

50 kg LAr (36.9 kg FM)

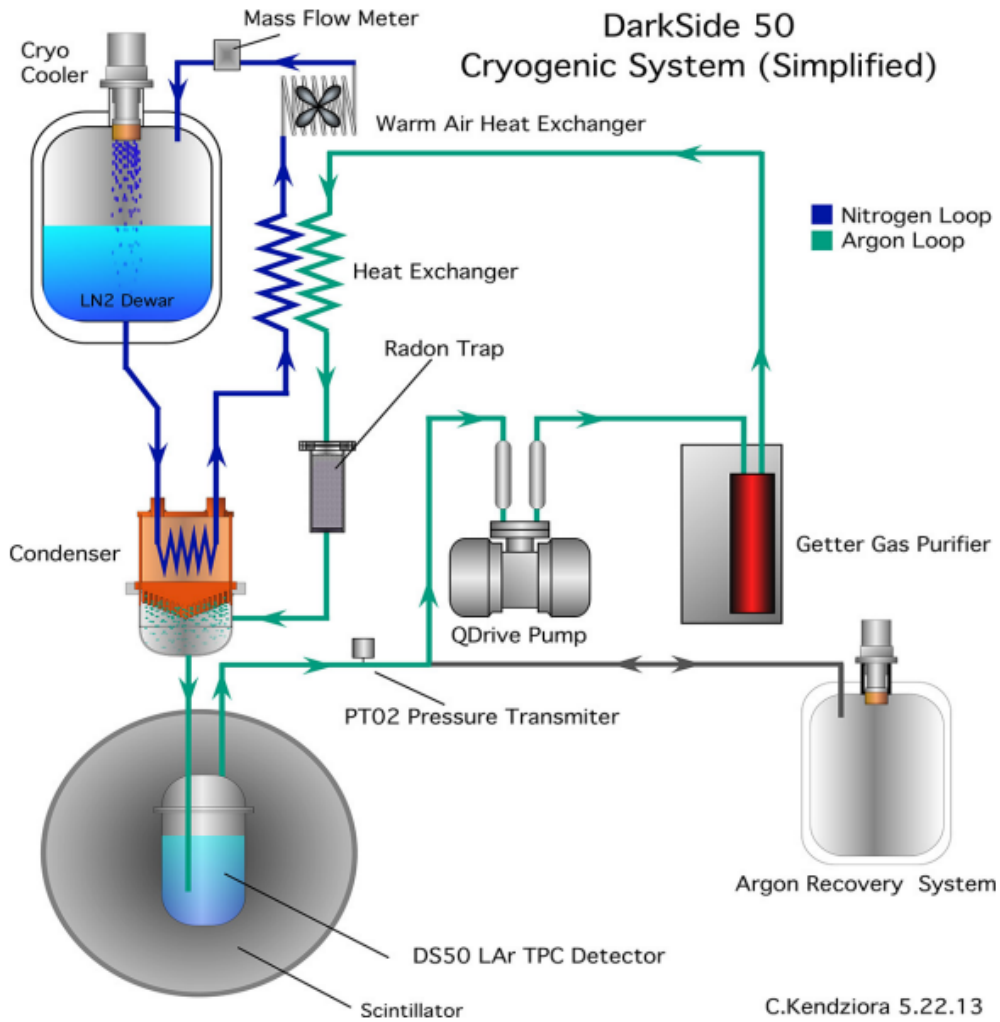
типичные значения поля

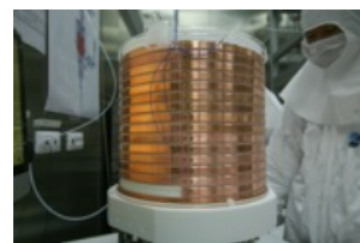
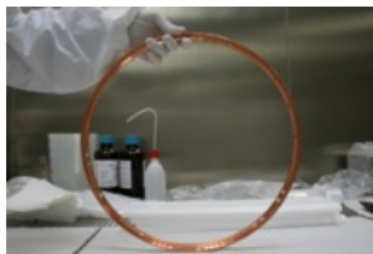
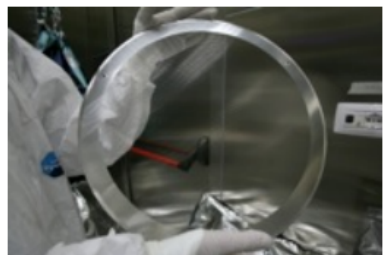
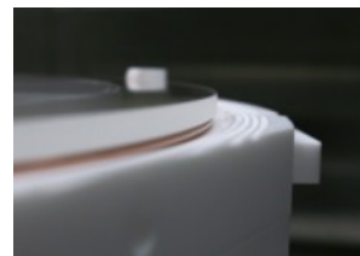
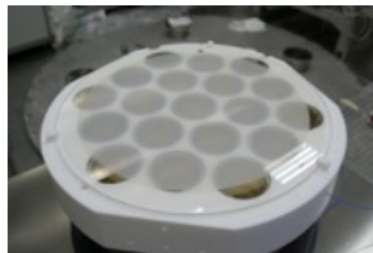
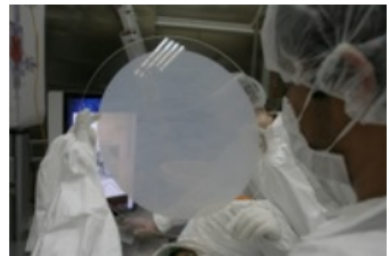
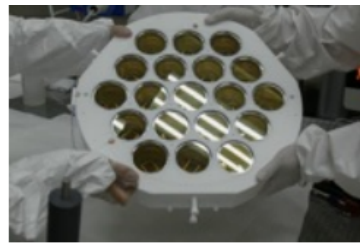
$E_{\text{drift}} = 200 \text{ V/cm}$

$E_{\text{gas}} \approx 2.8 \text{ kV/cm}$

газовая подушка  $\sim 1 \text{ cm}$

# DarkSide 50 Cryogenic System (Simplified)









# “холодные” предуселители



температура - 87 K

коэффициент усиления PMT  $4.0 \times 10^5$  (low gain)

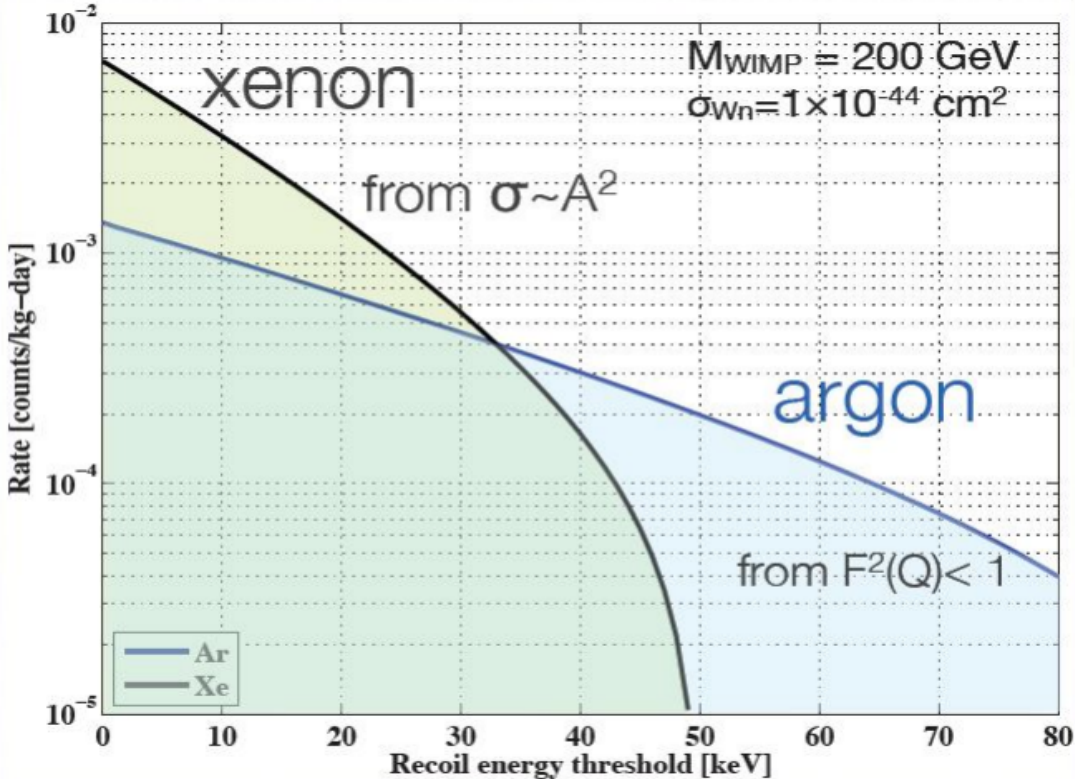
диапазон  $\sim 1500$  pe

$\sim 3 \mu\text{V}$  @ 200 MHz

5 м кабель подключенный к усилителю (X10)

в чистой комнате

# жидкие благородные газы



Преимущества LAr (А. С. Чепурнов, НИЯФ МГУ)

Жидкий Ar имеет один из наиболее высоких световых выходов (40 ф.э./кэВ).

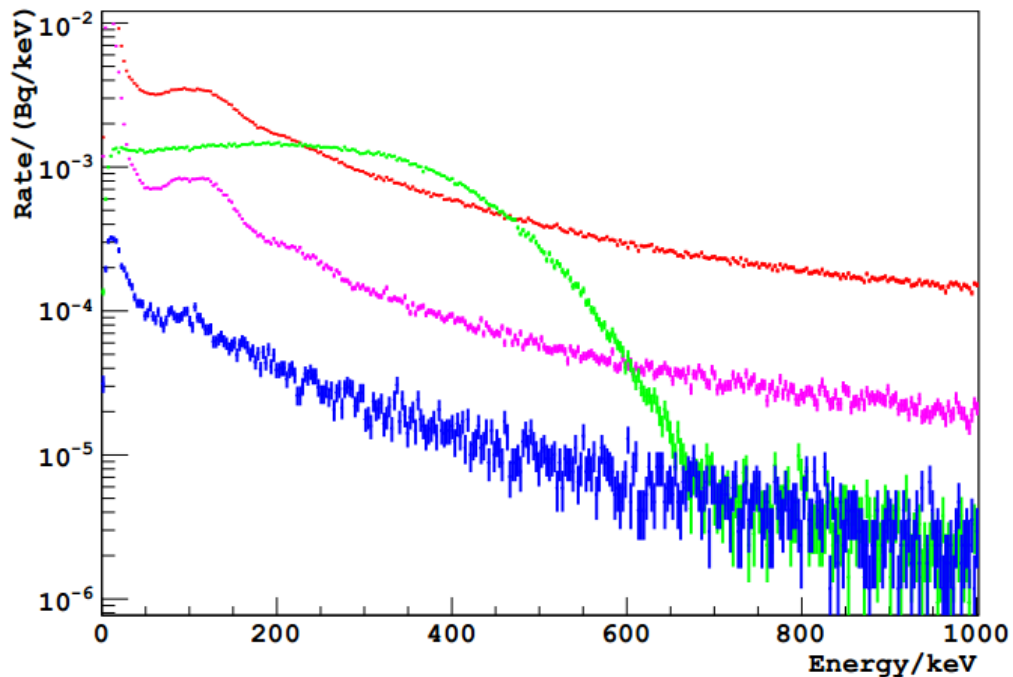
Форма импульса обеспечивает разделение сигналов от ядра и электрона. Медленная и быстрая компонента высвечивания в жидком аргоне отличается в 200 раз (1.6 ms vs 8 ns). Фактор разделения -  $10^8$  порядков для сигналов с  $s > 60$  p.e. ((WARP, 2006)

Дрейф электронов может быть выполнен на большие расстояния. Соотношение ионизационного и сцинтилляционного сигналов обеспечивает разделение  $10^2$ . (ICARUS -1993); (WARP - 2006)

Пространственное разрешение для ионизационного сигнала позволяет отбрасывать многократное рассеяние и стеночный эффект.

Некоторые достоинства LAr-TPC уже продемонстрированы WARP.

# аргон из подземных источников



arXiv:1204.6011

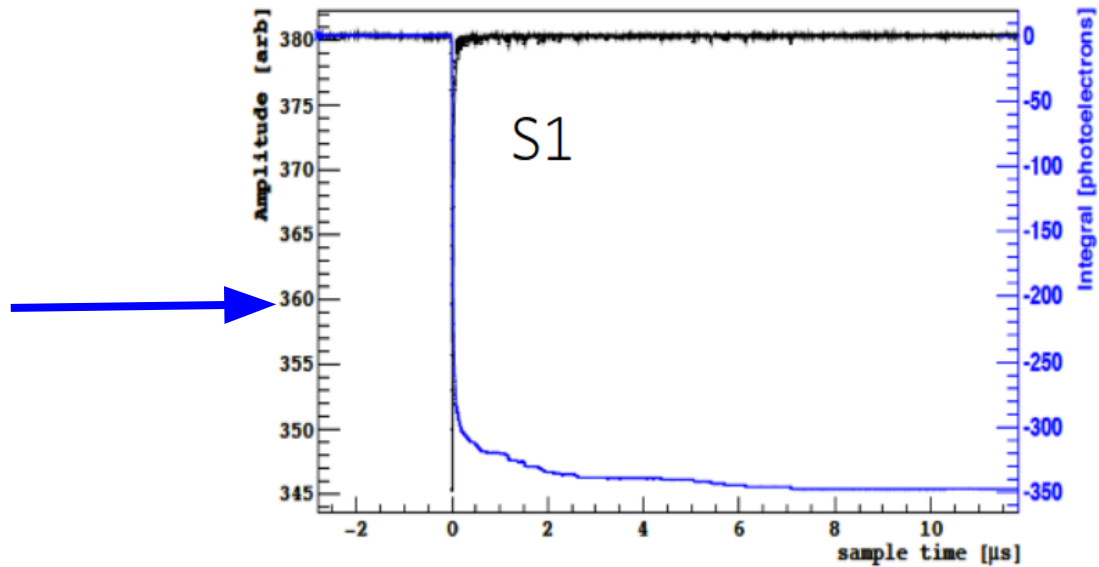
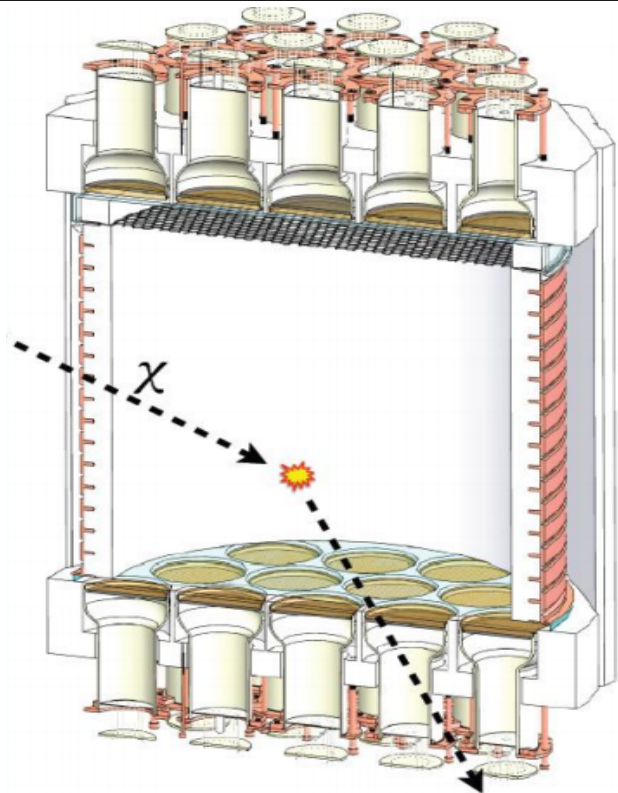
$^{39}\text{Ar}$ , бета распад  
( $Q=565$  keV,  $t_{1/2}=269$  y)  
 $\sim 1$  Bq/kg

атмосферный аргон (AArg)

подземный аргон (UArg)

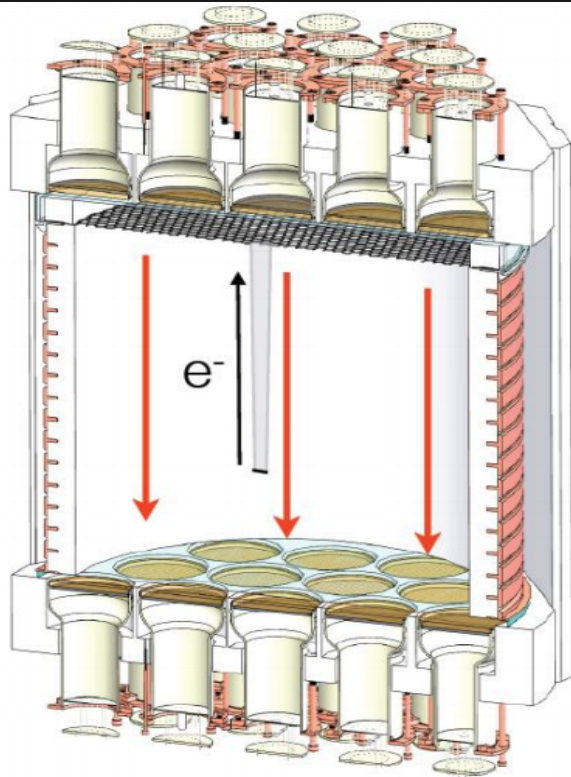
фактор  $\sim 150$

# детектирование, S1



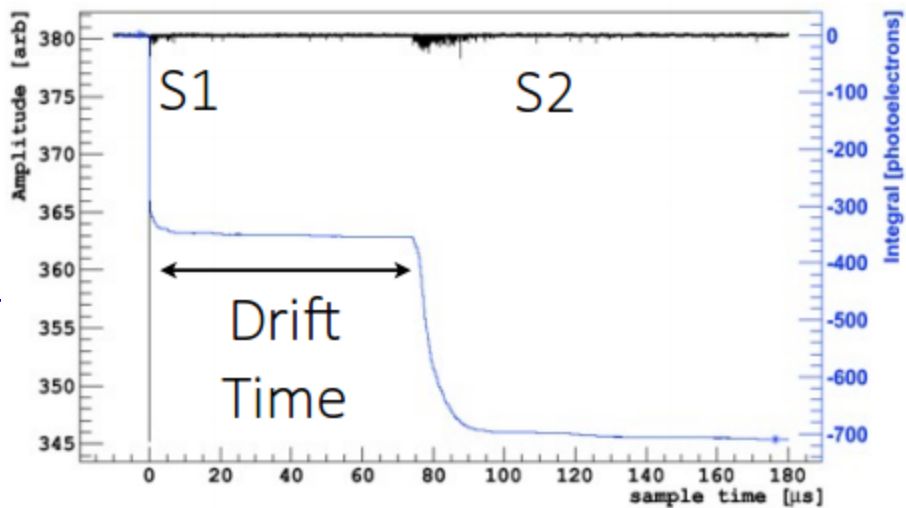
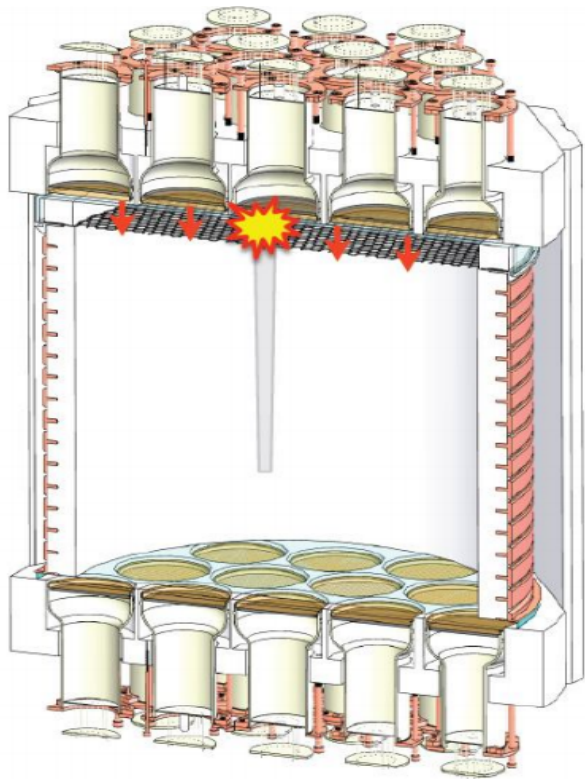


# дрейф электронов



Время жизни электронов  $> 5\text{ мс}$   
при макс. времени дрейфа  $\sim 375\text{ мкс}$   
и скорости дрейфа  $\sim 0.9\text{ мм/мкс}$

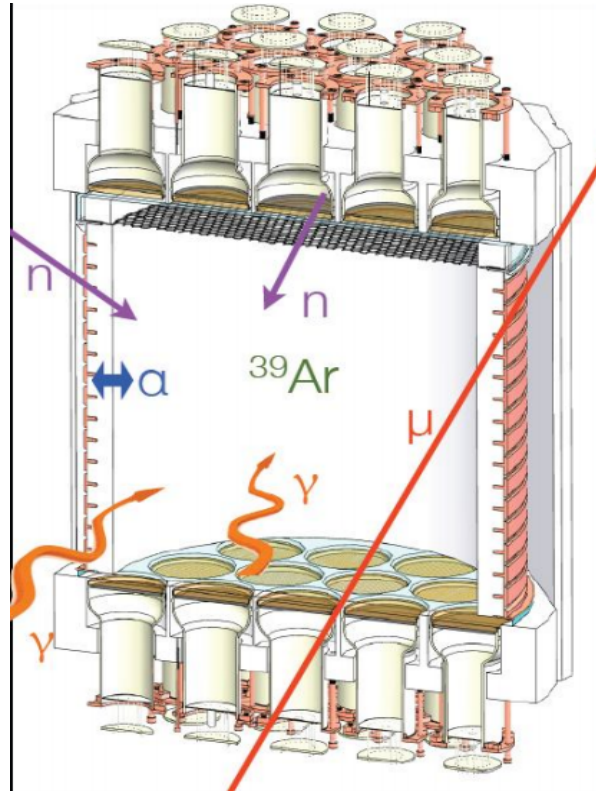
# детектирование, S2



# фоны

$^{39}\text{Ar} \sim 9 \times 10^4 \text{ evt/kg day}$   
gamma  $\sim 1 \times 10^2 \text{ evt/kg day}$

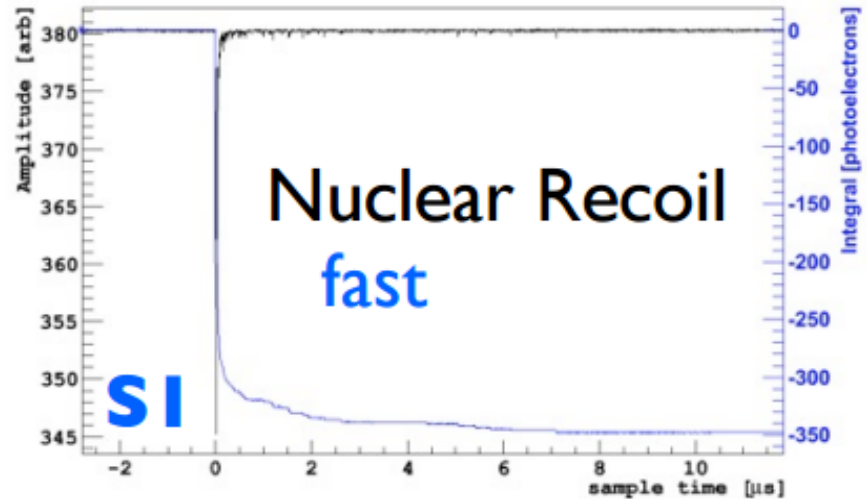
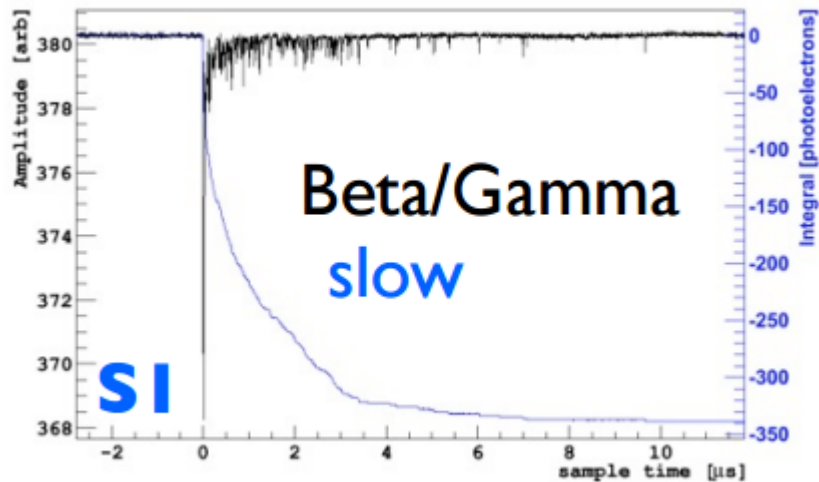
100 GeV,  $10^{-45} \text{ cm}^2$   
WIMP Rate  $\sim 10^{-4} \text{ evt/kg/day}$



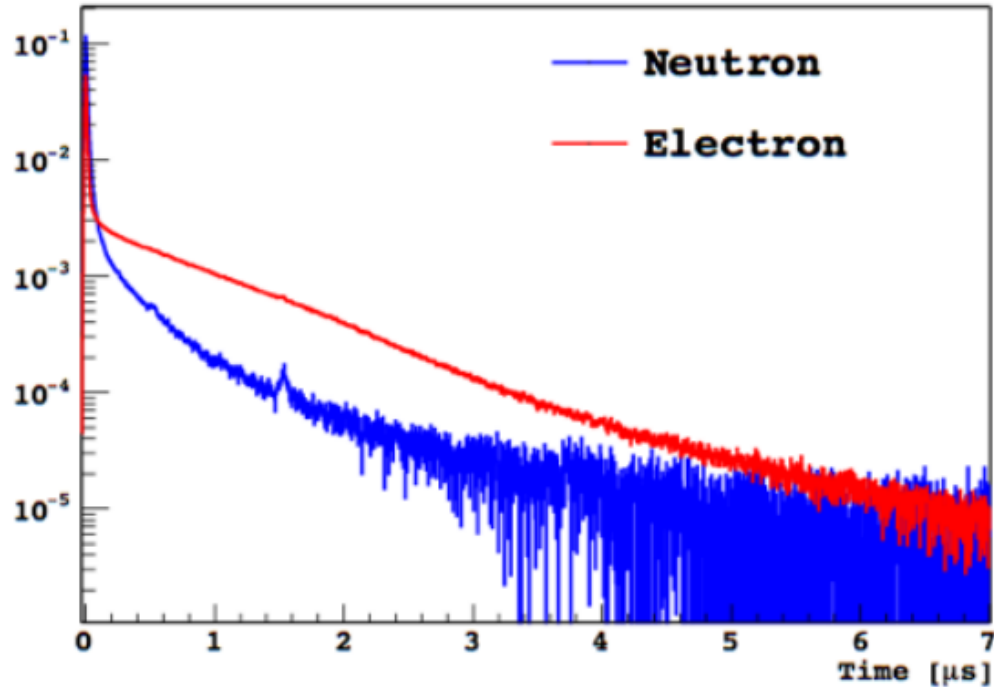
мюоны  $30 \text{ evt/m}^2 \text{ day}$   
нейтроны  $\sim 6 \times 10^{-4} \text{ evt/kg day}$   
альфа  $10 \text{ evt/m}^2 \text{ day}$



# разделение сигнал/фон



# разделение сигнал/фон

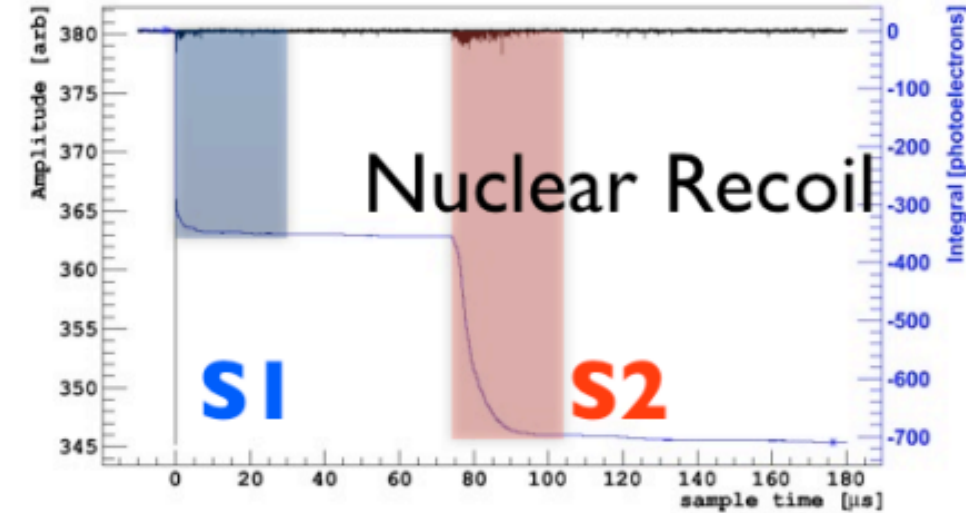
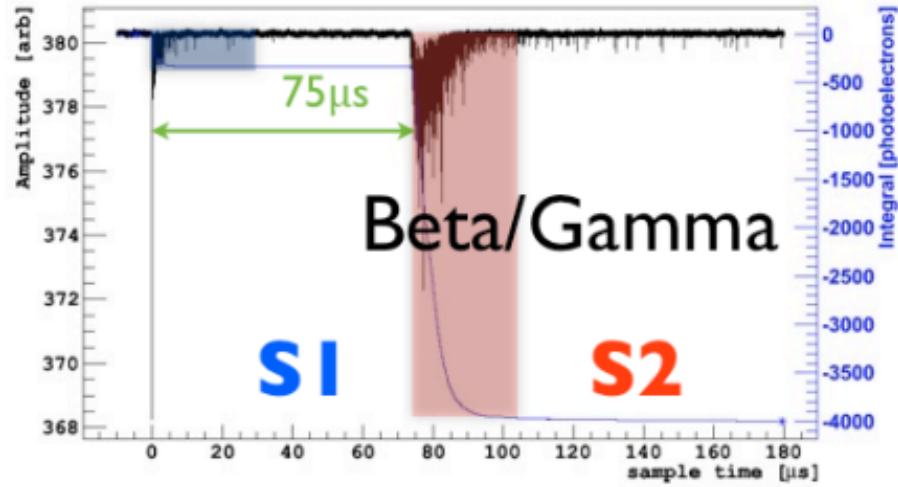


F90 : вклад в сигнал первых 90 ns

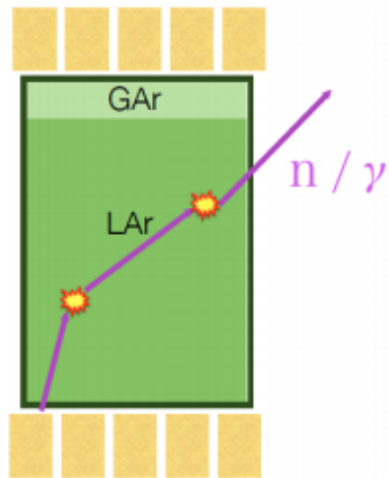
$T_{\text{singlet}} \sim 7 \text{ ns}$

$T_{\text{triplet}} \sim 1500 \text{ ns}$

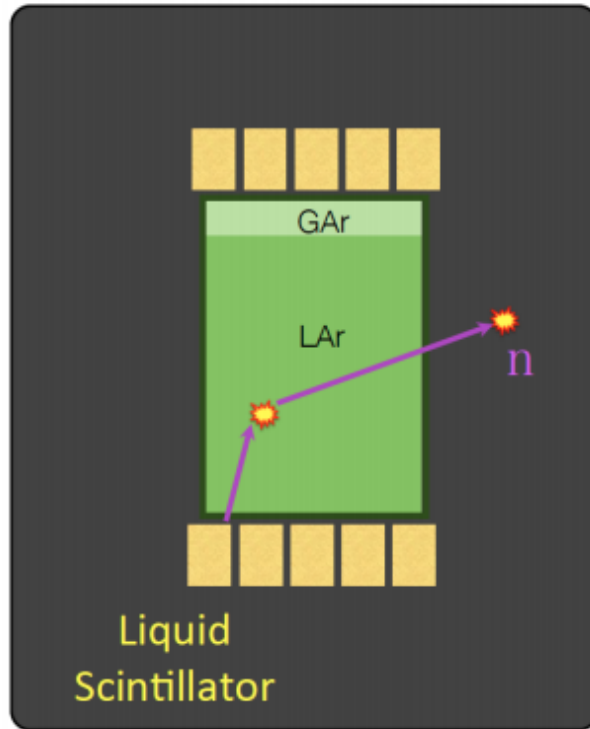
# разделение сигнал/фон



# ТОПОЛОГИЯ

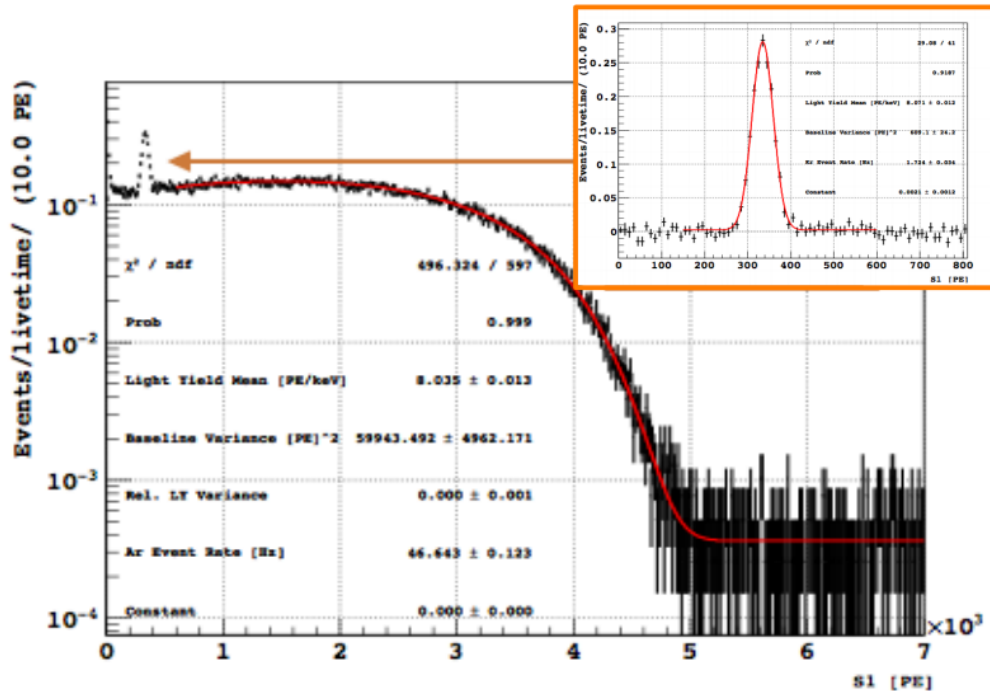


Multiple S2 signal



Liquid Scintillator

# калибровка 83Kr



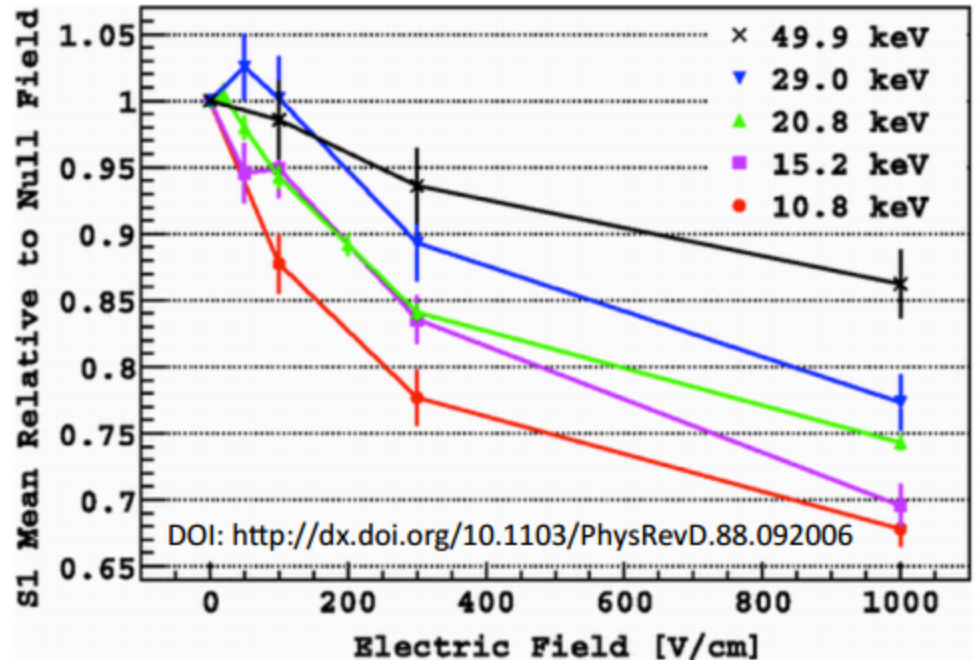
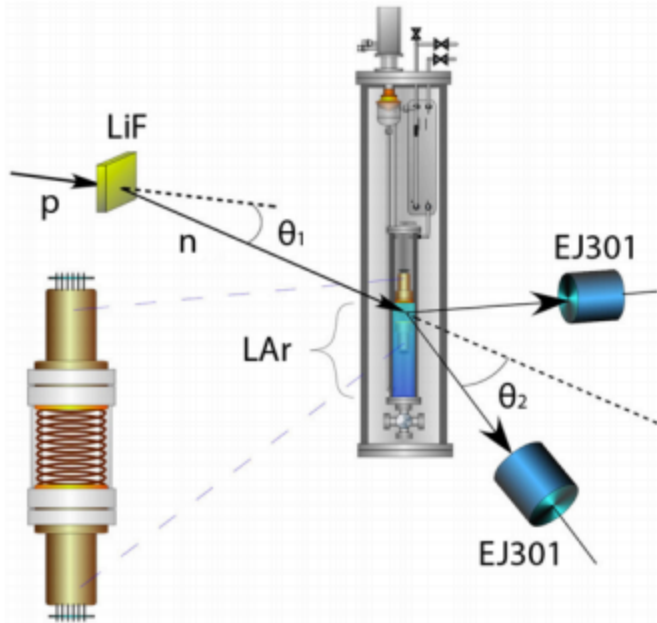
СВЕТОВОХОД

7.9  $\pm$  0.4 pe/keV 0 V/cm

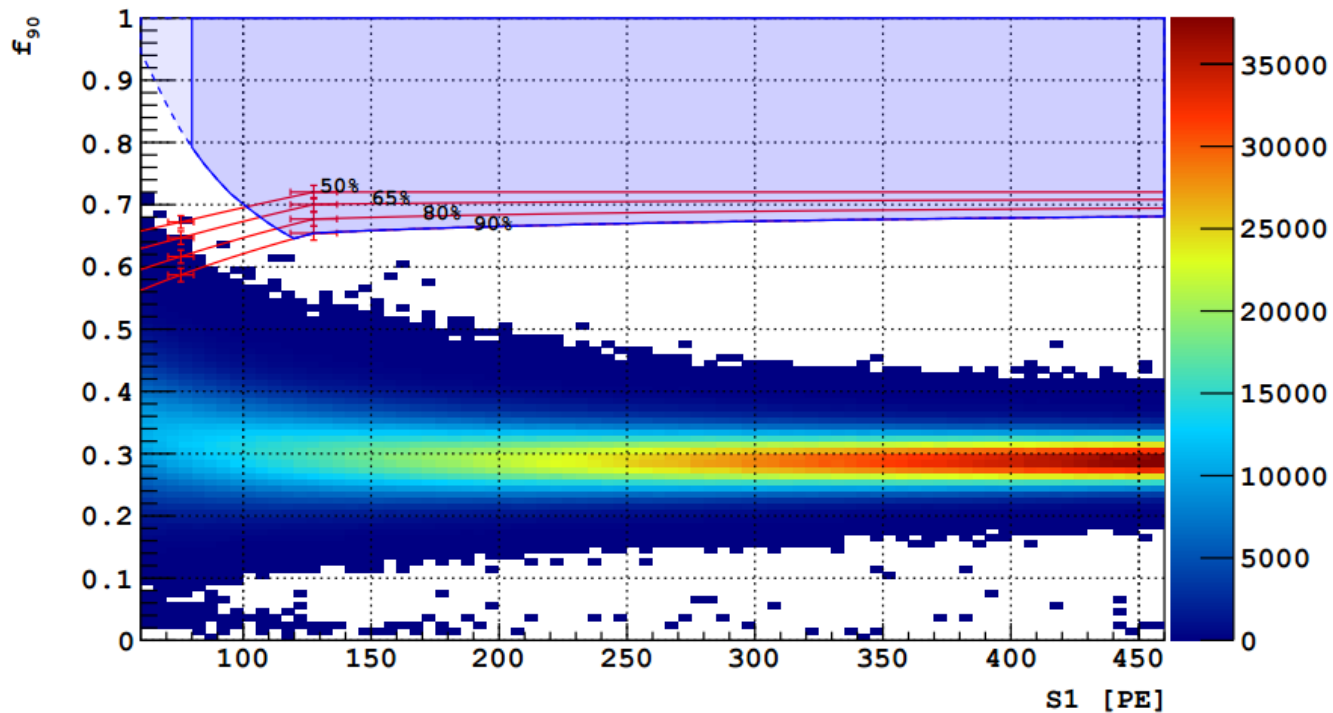
7.0  $\pm$  0.3 pe/keV 200 V/cm

# SCENE

## Scintillation Efficiency of Nuclear Recoils in Noble Elements



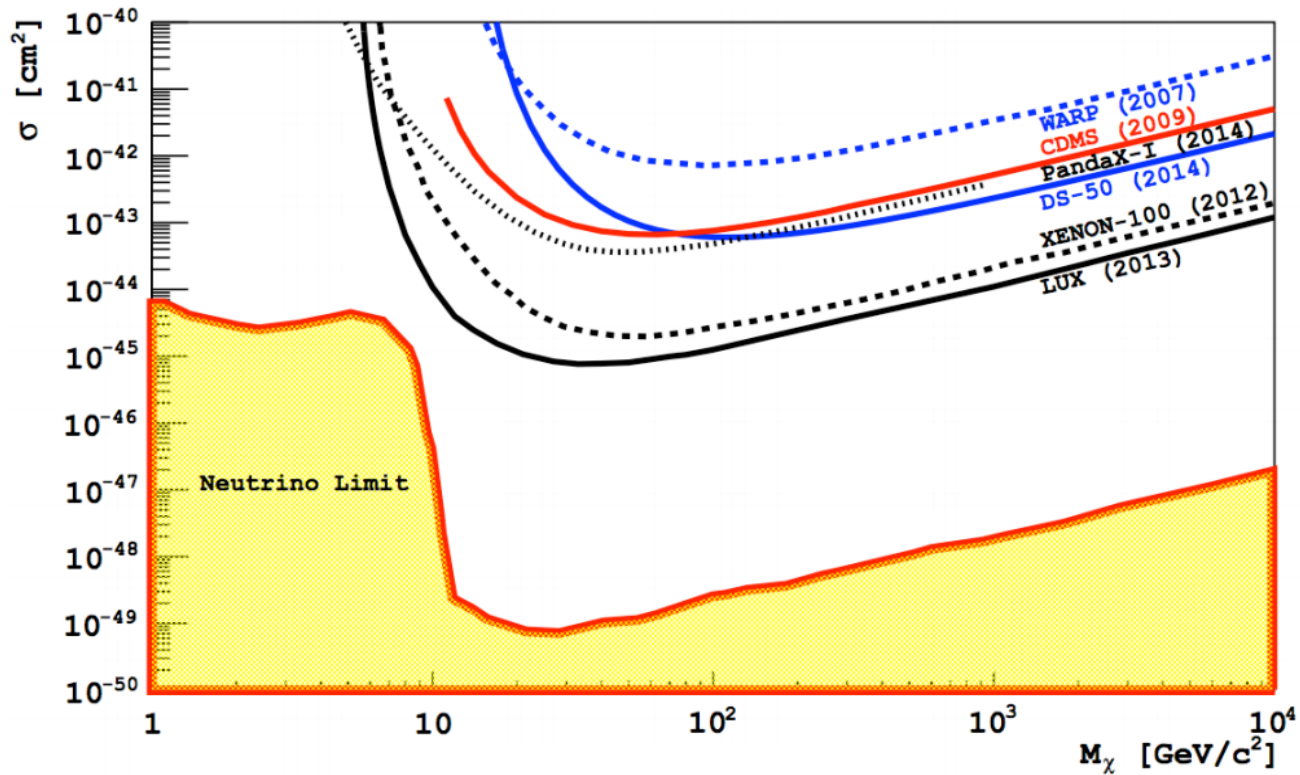
# главный результат



47.1 дней, AAr



20 лет, UAr



$\sigma < 6.1 \times 10^{-44} \text{ cm}^2$

100 GeV/c<sup>2</sup>



# заключение

- Двухфазный детектор на жидком аргоне продемонстрировал ожидавшиеся характеристики (LY, electron lifetime)
- F90 - эффективная техника подавления фона
- Разделение сигнал/фон может быть усилено применением S2/S1
- UAr
- Калибровочные кампании (Am, gamma)
- Существующие технологии позволяют создать следующее поколение детекторов на жидком аргоне

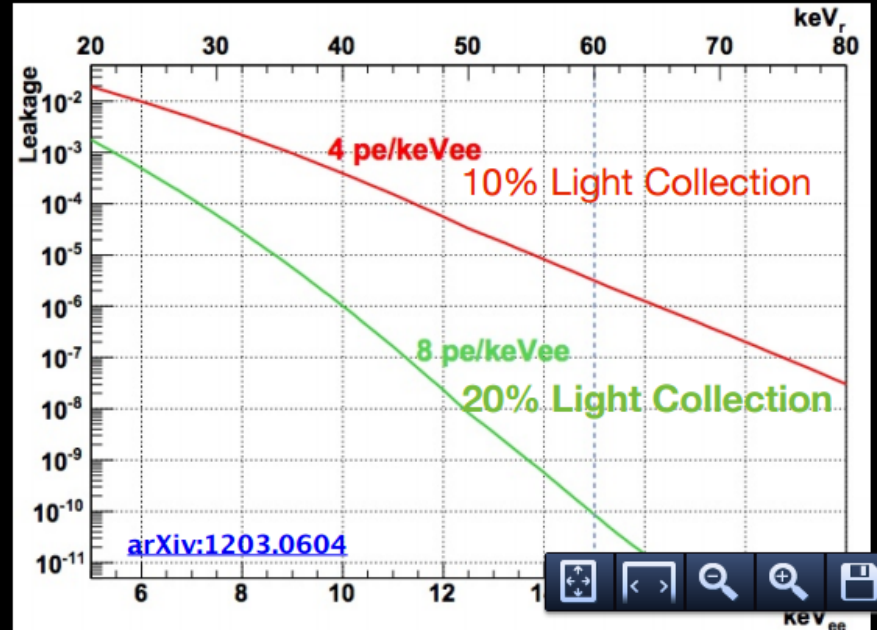
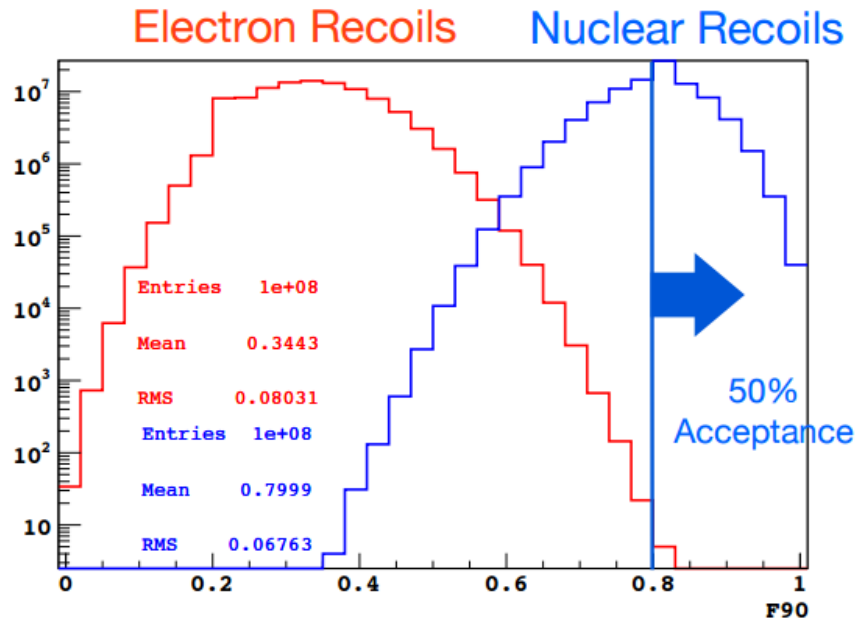


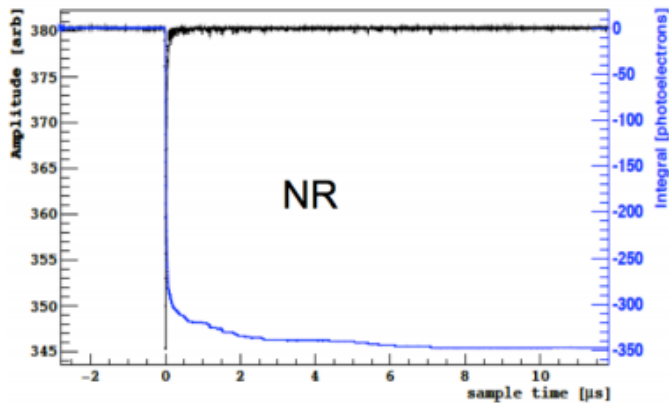
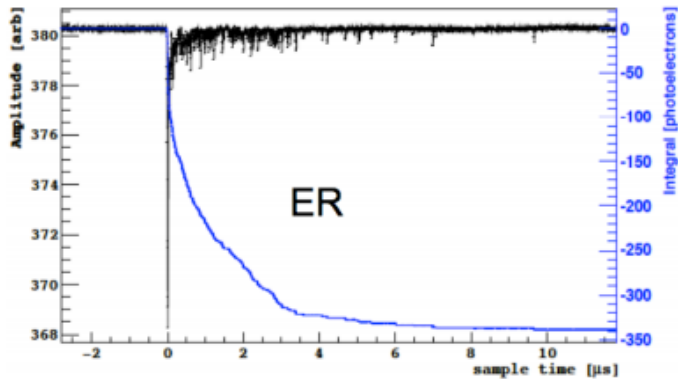
F90: Ratio of detected light in the first 90 ns,  
compared to the total signal

$\tau_{\text{singlet}} \sim 7 \text{ ns}$

$\tau_{\text{triplet}} \sim 1600 \text{ ns}$

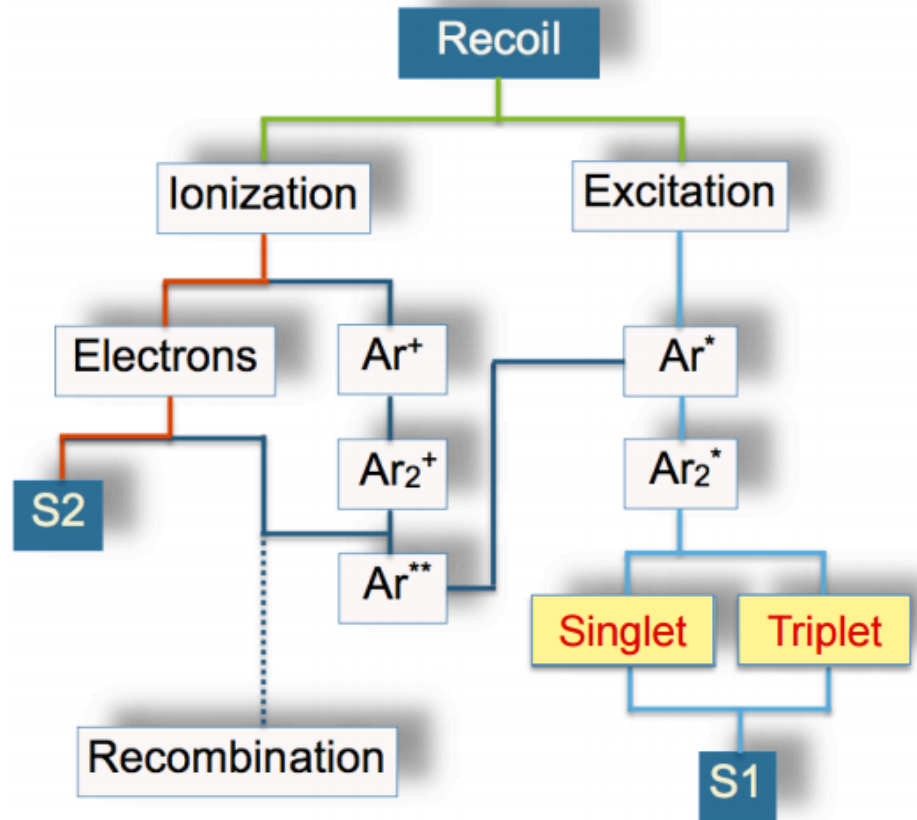
F90  $\sim$  Fraction of singlet states





**ER Rejection factor:  $\sim 10^8$**

WARP Astr. Phys 28, 495 (2008)



LAr  $\tau_{\text{singlet}} = 7 \text{ ns}$

LAr  $\tau_{\text{triplet}} = 1600 \text{ ns}$

	Liquid density (g/cc)	Boiling point at 1 bar (K)	Electron mobility (cm <sup>2</sup> /Vs)	Scintillation wavelength (nm)	Scintillation yield (photons/MeV)	Long-lived radioactive isotopes	Triplet molecule lifetime (μs)
LHe	0.145	4.2	low	80	19,000	none	13,000,000
LNe	1.2	27.1	low	78	30,000	none	15
LAr	1.4	87.3	400	125	40,000	<sup>39</sup> Ar, <sup>42</sup> Ar	1.6
LKr	2.4	120	1200	150	25,000	<sup>81</sup> Kr, <sup>85</sup> Kr	0.09
LXe	3.0	165	2200	175	42,000	<sup>136</sup> Xe	0.03