



Атестационен семинар 2024

София, ФзФ  
23 януари 2025

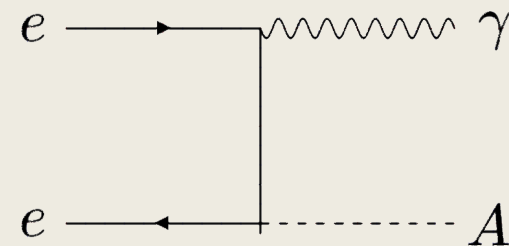
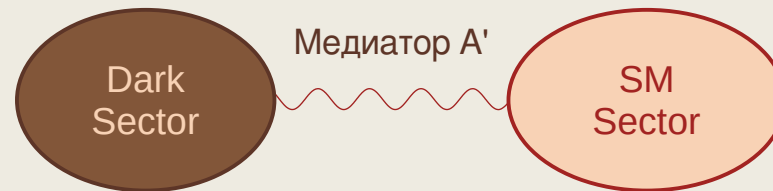


# Управление на физически експерименти - ОПИТЪТ ОТ PADME

Симеон Иванов,  
докторант,  
ФзФ – Атомна  
физика  
ФЯЕЧ

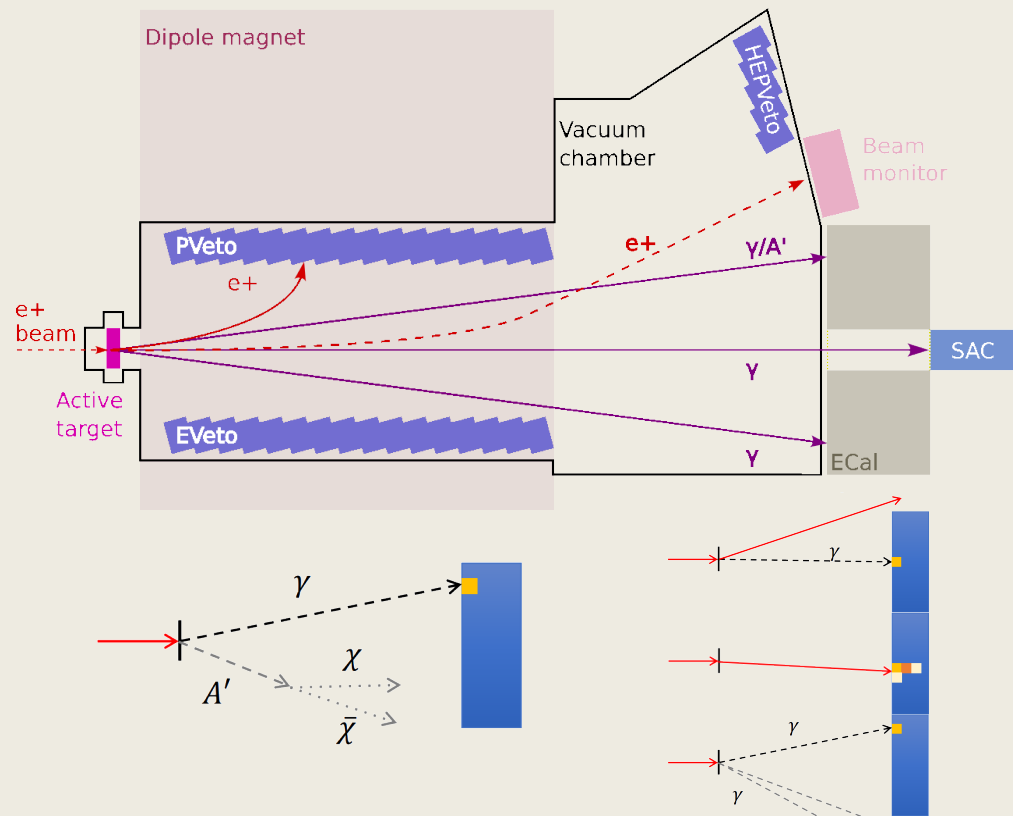
## В търсене на тъмния фотон

- Работна хипотеза
  - Тъмен сектор с медиатор  $A'$  слабо взаимодействащ със СМ
  - Широк обхват от възможни маси на частицата и коефициенти на взаимодействие
  - Потенциално може да обясни няколко свързани проблеми във физиката ( $\mu$ on g-2 anomaly,  $^8\text{Be}$  anomaly)
- Метод
  - Липсваща маса в разпади на началното състояние към частици от тъмния сектор при позитронна аниhilация върху тънка мишена
  - $M_{\text{miss}}^2 = (p_{e^+} + p_{e^-} - p_{\gamma})^2$
  - Необходимо е да се измерят началното и крайното състояние (и да бъдат премахнати шумовете)



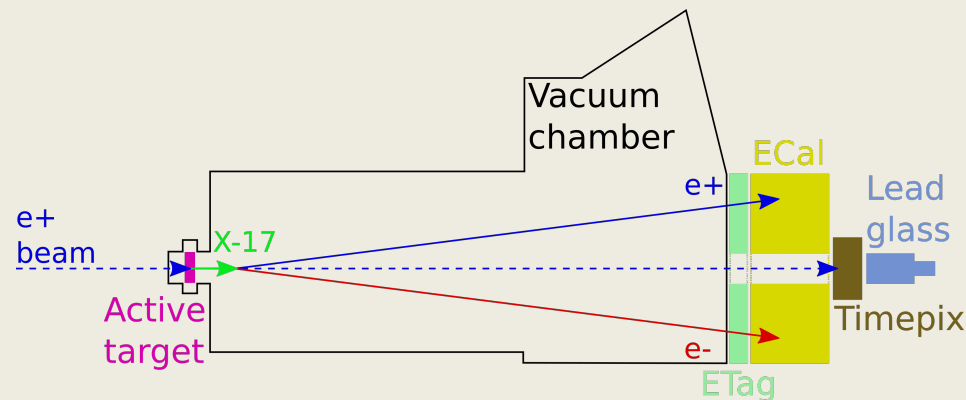
## Накратко за експеримента

- Провежда се в LNF, Фраскати
- LINAC линеен ускорител
  - Характеристики на снопа
    - енергия до 500MeV, регулируема
    - дисперсия на енергията под 1%
    - 49 пакета за секунда с продължителност от 10 to 200 ns
    - до 25k позитрона в пакет
- $e^+e^-$  аниhilация върху оптимизирана тънка мишена
- Сигнал и шумове в експерименталната установка



## Накратко за експерименталната установка

- Детекторната система е подобна на PADME (вакуумната камера и част от детекторите се използват в подобна конфигурация)
- Интерфейсите за управление са идентични
- Допълнителен интегриран детектор Timepix
- Сходни изисквания за контрол и мониторинг



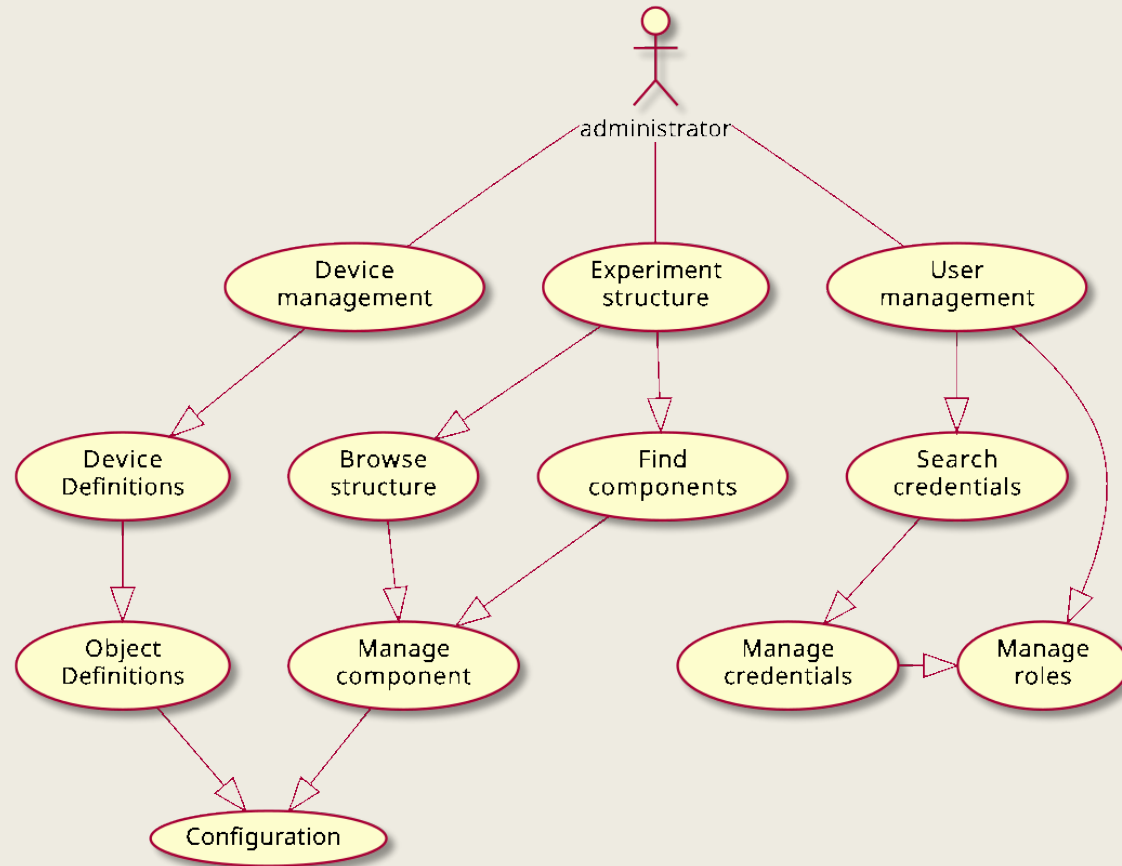
- Детектори, данни и протоколи

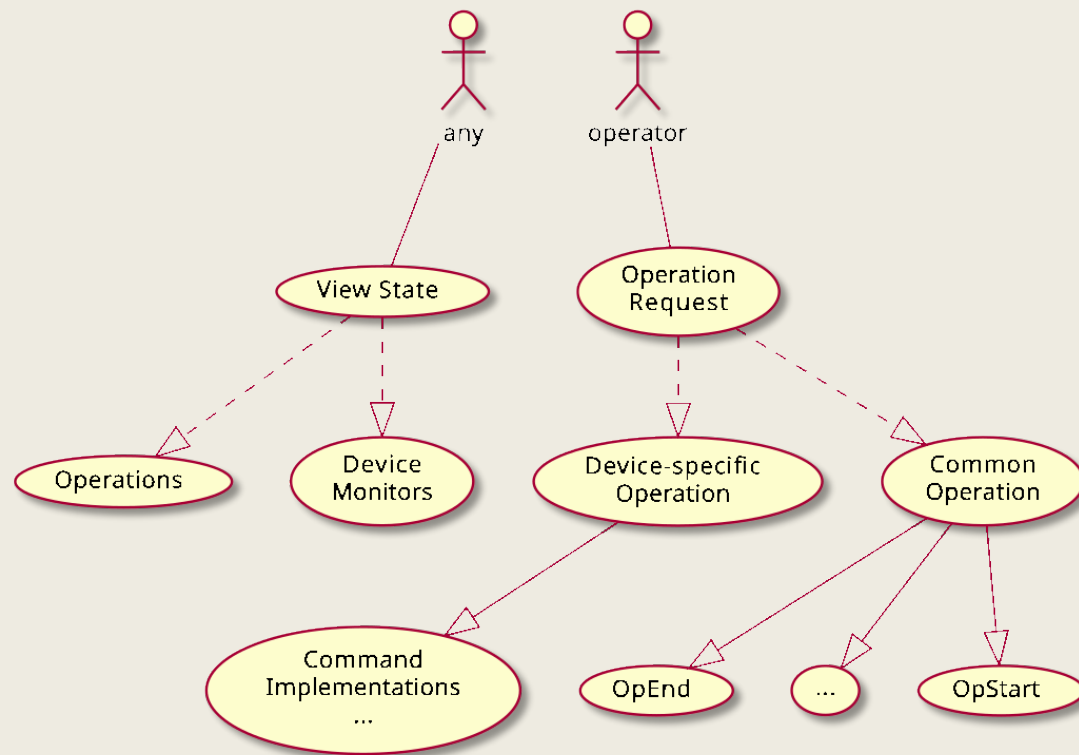
| Компонент          | Описание                                                            | Интерфейс                        | Данни                                                            | Брой/честота  |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|
| Вето               | Контролери, карти, канали за високо напрежение, изходящи измервания | HTTP/ Telnet                     | Напрежения<br>Температури<br>Позволен обхват                     | 150/1-5Hz     |
| Калориметри        | Caen HV крейтове, отделни карти, канали, статус                     | Протокол по спецификация на CAEN | Напрежения<br>Градиенти/времена при вкл/изкл<br>Текущи стойности | 1к/0.5-1Hz    |
| НИМ и BME крейтове | Захранване на системата за вето и подобни (етаг)                    | Протокол НИМ/BME на CAEN         | Напрежения и статус                                              | 10/0.5-1Hz    |
| Други устройства   | Температурни и др. датчици, данни от ускорителя и др.               | Разнообразни                     | Температури, режим на работа на ускорителя и др.                 | 10-20/0.5-5Hz |

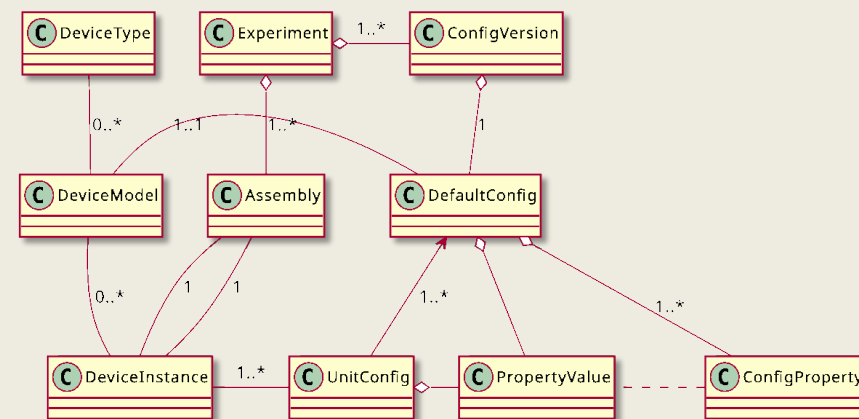
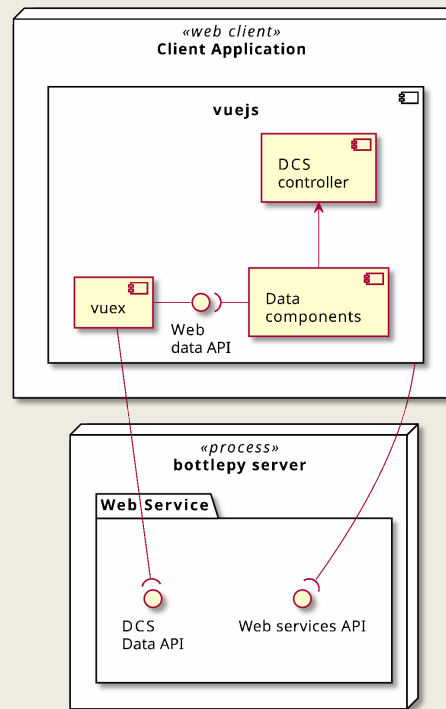
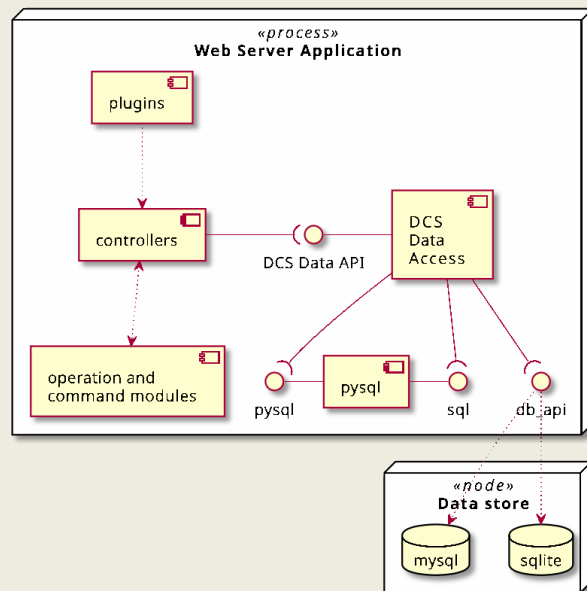


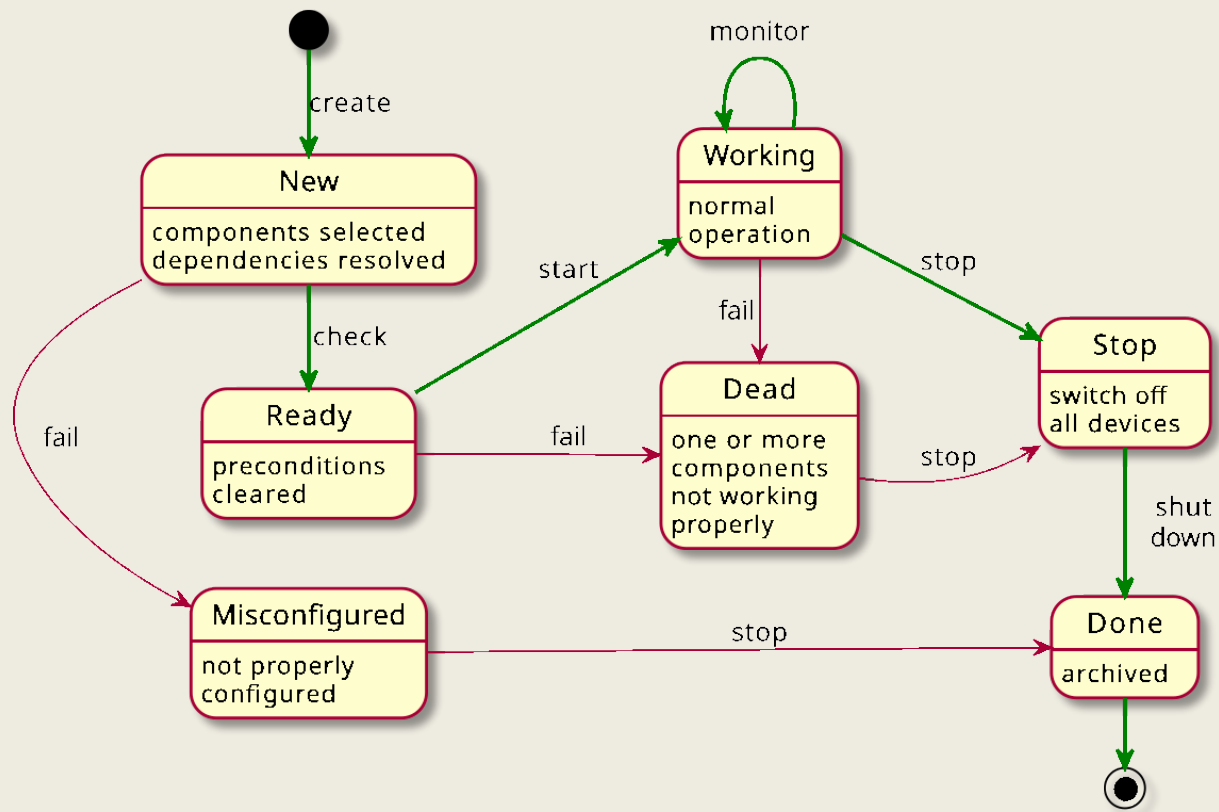
- Главни функции
  - Описание на детекторната конфигурация на целия експеримент
  - Паралелни конфигурации на различни експерименти
  - База данни на хардуера
  - База данни на състоянието на системата по време на работа
  - Версии на конфигурацията на параметрите на компонентите в един и същи експеримент
  - Възможност за модификация на параметрите на индивидуални компоненти през потребителски интерфейс
  - Възможност за синхронизация на конфигурацията от описание в текстов формат, който поддържа машинно четене
  - Възможност за управление на цялата система или части от нея (подготовка, проверка, пускане, спиране, обратна връзка и автоматична реакция при излизане от позволените рамки на даден компонент)

- Други функции
  - Система за идентификация и роли на различните потребители, запис на действията на потребител
  - Възможност за разширяване – независимост на ядрото от хардуерните модули, динамично добавяне на нови компоненти и тяхната конфигурация, вкл. през потребителския интерфейс
  - Ефективност и производителност – системата да бъде ограничена от производителността на отделните хардуерни елементи; размер на ядрото и периферните модули, което да позволи използването ѝ дори от малки устройства от типа на RPI/Jetson Nano и подобни
  - Повторно използване на кода и на цялата система
  - Обучение – простота на кода, с цел системата да бъде използвана за представяне на основни идеи, принципи на дизайн и разработка на софтуер за контрол и управление на научни експерименти









- Системата управлява паралелно две различни експериментални установки, PADME (от 2020 г.) и X17 (от 2022 г.)
- Позволява групиране и управление на подсистеми разделени до най-ниските елементи (отделни SiPM/PMT канали)
- Събрани са подробни данни за работата на системата по време на всички кампании за набор на данни през годините
- Интегрирани са няколко нови детектора

- Повечето работа е планирана и извършена през 2024
- Прототип на системата с генератори/coroutines вместо с threads
  - По-ясен и компактен код
  - Възможност на ядрото да работи на редица „малки компютри“
  - Възможност на периферния софтуер да работи на малки устройства (микропитон)
  - По-лек код в случаите, когато основното ограничение е I/O към устройствата
  - Значително подобрение на инициализацията и на представянето на детекторите
- Преминаване от първо поколение (gen-based) към второ поколение (asyncio) на coroutines
  - Главно заради по-добрата поддръжка на новата схема от езика в микропитон
- Приложения
  - Изграждане на няколко системи за контрол на малки експерименти с десетки индивидуални детектори върху платформи от „малки компютри“

- Физиката е на две места
  - В конфигурацията, която е достъпна както през базата данни, така и от записа ѝ в текстов файл.
    - Информация за точната конфигурация на експерименталния хардуер за всеки run, вкл. в случаите, когато се работи с части от системата
  - В базата данни, събрани от системите за мониторинг и контрол
    - Информация за режима на работа, синхронизирана по време с останалата част от експерименталната система
- Защо е там?
  - Кодът на системата и данните на експеримента са разделени изцяло
  - Достъпът до данни не изисква познаване на системата за управление, а само структурата на данните в съответните бази – т.е. описанието на детекторната система и нейната конфигурация, както и режимите на работа и изходящите данни.
  - Възможност за програмен достъп от софтуера за анализ на данни до цялата събрана информация, вкл. с филтриране по различни критерии



- Публикации

- Simultaneous Deposited Energy and Interaction Position Determination in Monolithic Scintillators, S. Ivanov, Sv. Ivanov, V. Kozhuharov and S. Lalkovski, Proceedings of Science 2023, 427, 026 (Q4)
- Improving Performance of Impact Point Determination Algorithms of Gamma Interaction in a Monolithic Scintillator Using ML and Numerical Methods, Sv. Ivanov, S. Ivanov, S. Lalkovski, 2023 J. Phys.: Conf. Ser. 2668 012008 (Q4)
- Profile Characterization of the PADME Experiment's Positron Beam Using a TimePix3 Sensor Array, S. Ivanov et al 2023 J. Phys.: Conf. Ser. 2668 012009 (Q4)
- Cross-section measurement of two-photon annihilation in-flight of positrons at  $\sqrt{s}=20$  MeV with the PADME detector, PADME Collaboration F. Bossi (Frascati) et al. Physical Review D (2023), 107(1), 012008 (Q1)
- The PADME experiment at LNF-INFN, PADME Collaboration, 2023, Proceedings of Science (427) (Q4)
- The study of the X17 anomaly with the PADME experiment, PADME Collaboration, 2023, Journal of Physics: Conference Series (2586) (Q4)
- **Design and performance of the front-end electronics of the charged particle detectors of PADME experiment, S. Bertelli et al 2024 JINST 19 C01051 (Q2)**
- **Characterization of the PADME positron beam for the X17 measurement, The PADME collaboration., Bertelli, S., Bossi, F. et al., J. High Energ. Phys. 2024, 121 (2024) (Q2)**
- **Beam diagnostics with silicon pixel detector array at PADME experiment, S. Bertelli et al 2024 JINST 19 C01016 (Q2)**