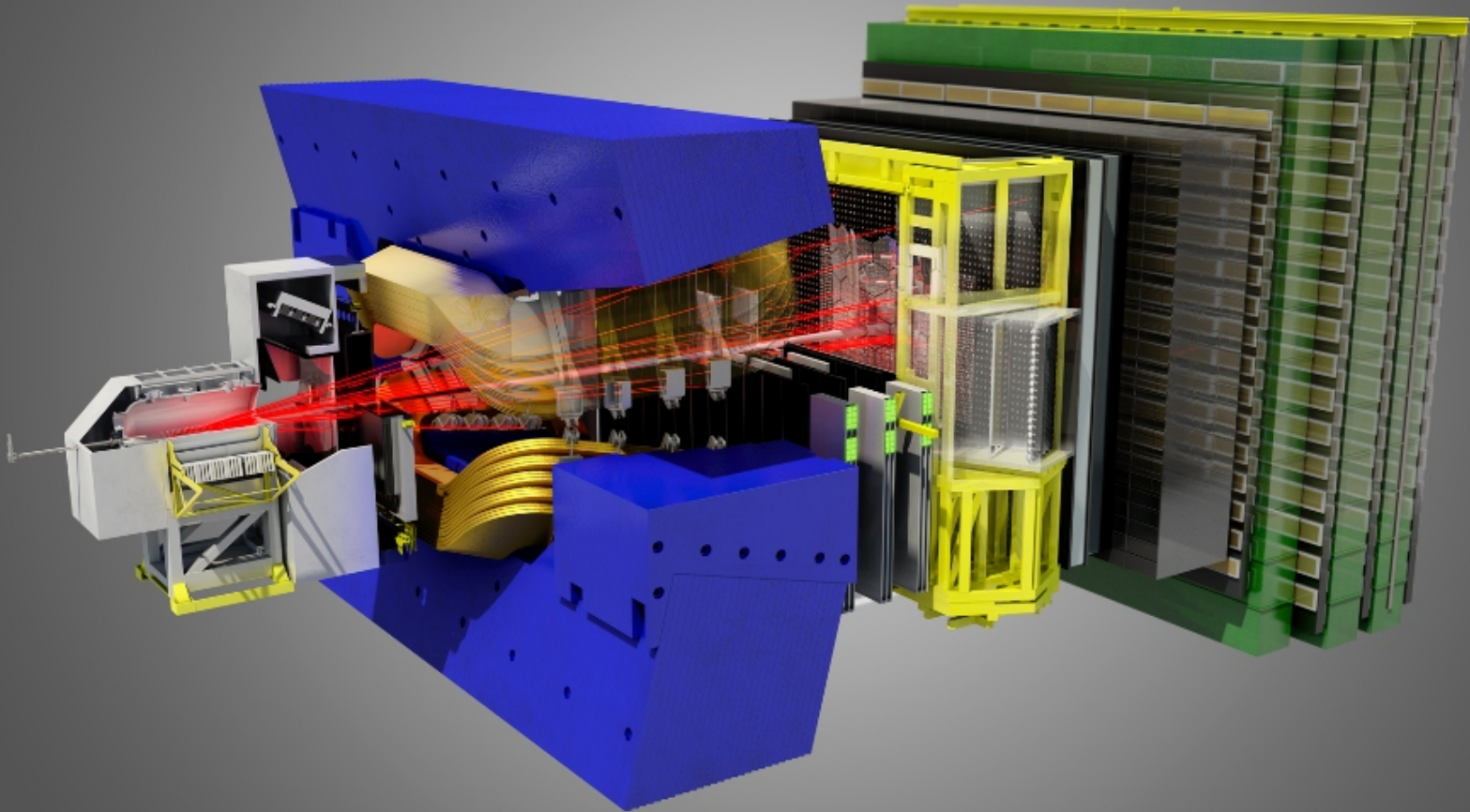


El Experimento LHCb



LHCb@IFIC: Composición del grupo

- El IFIC es miembro oficial de LHCb desde junio de 2013

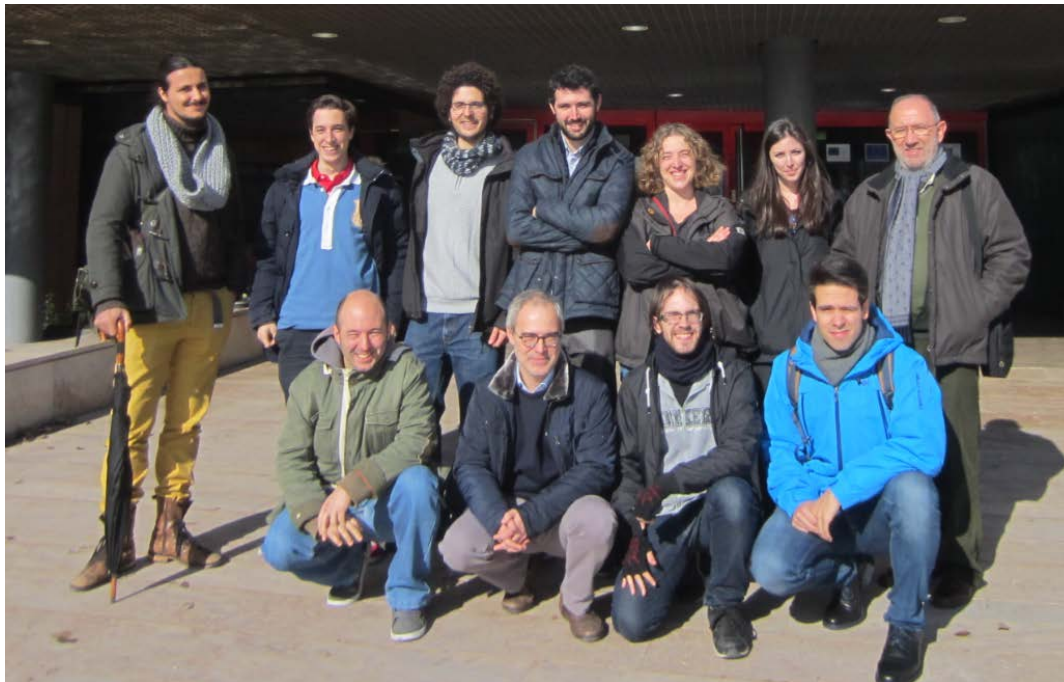
- Miembros:

Seniors: Arantza Oyanguren (R&C), Fernando Martinez Vidal (TU), Francisco Botella (CU)

Postdocs: Louis Henry (S8a)

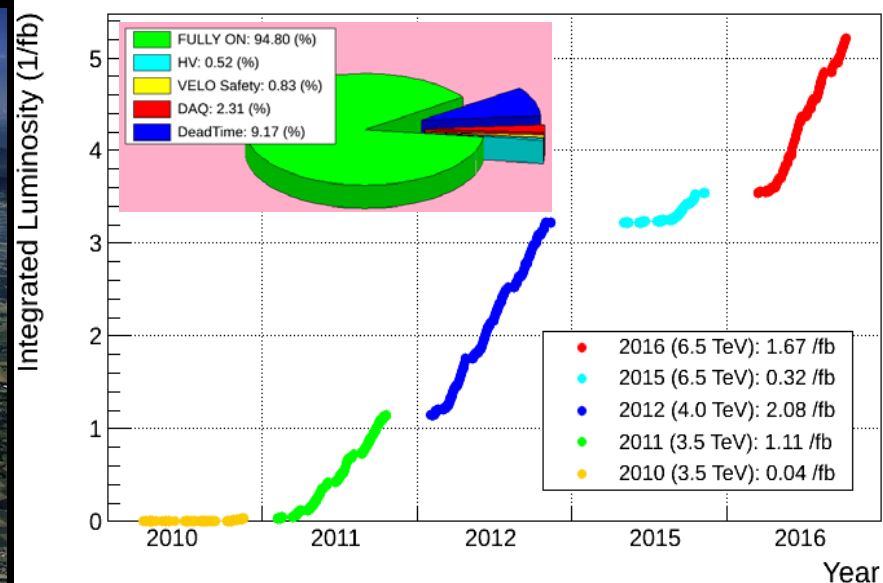
PhDs: Pablo Ruiz*, Carlos Sánchez Mayordomo (FPI), Clara Remón (Proyecto), Luismi García (Proyecto), Joan Ruiz Vidal (Proyecto), Fernando Cornet (Prometeo).

Ingenieros: Jose Mazorra de Cos (Prometeo→ PTA)

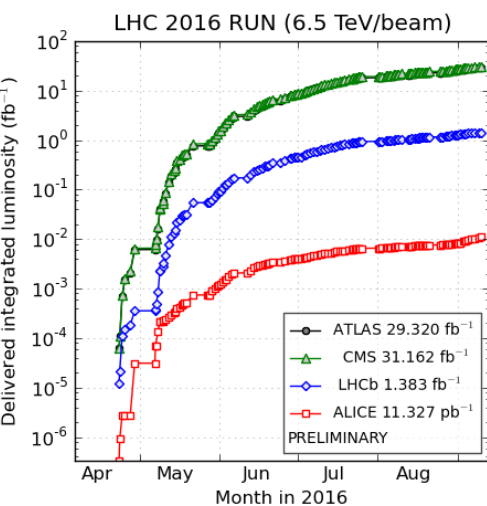


* Doctorado en Diciembre de 2016

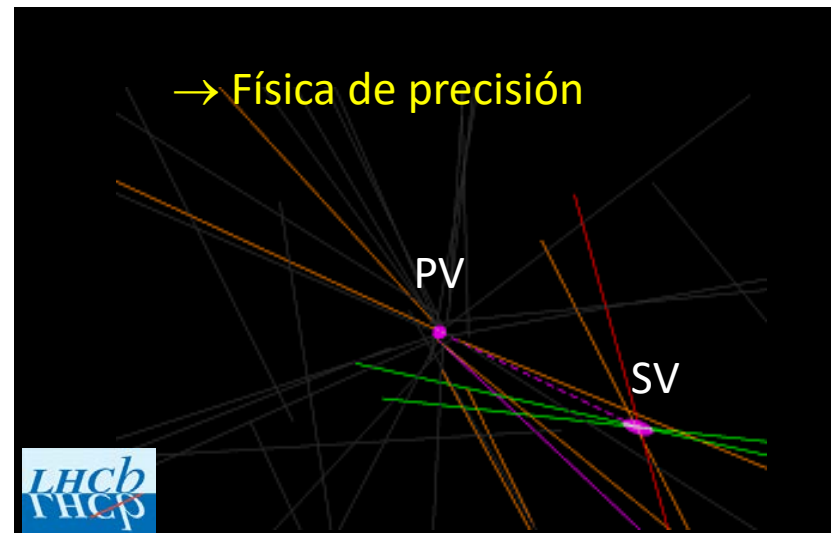
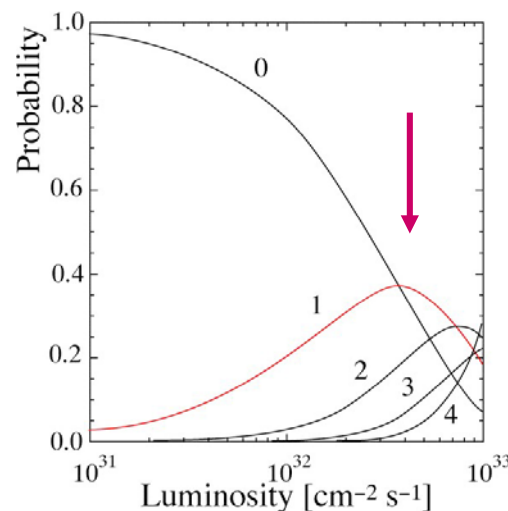
LHCb@IFIC: Tema de investigación



Haces desfocalizados para reducir el número de interacciones: $\mathcal{L}_{\text{LHB}} \sim \mathcal{L}_{\text{ATLAS}}/20$



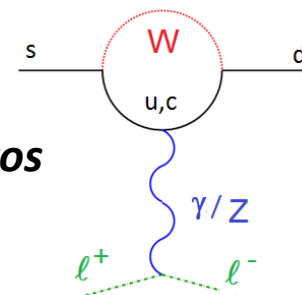
(2016-09-11 11:06 including fill 5288; scripts by C. Barschel)



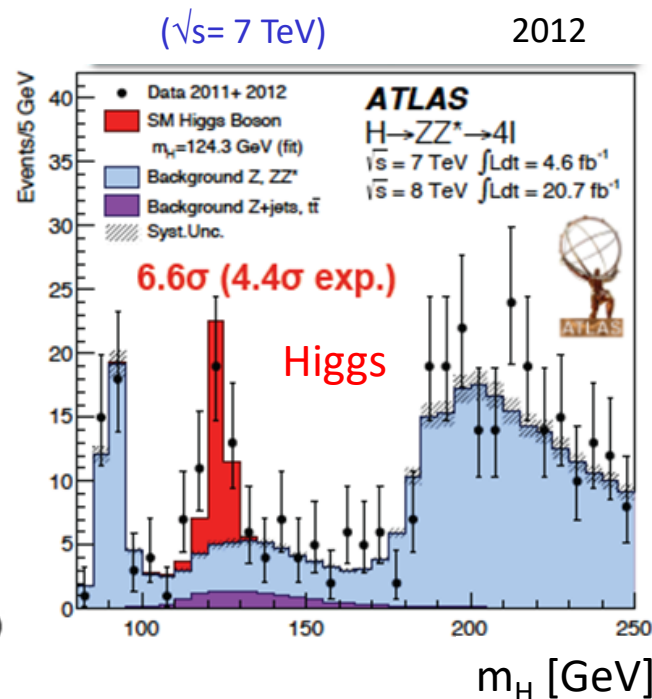
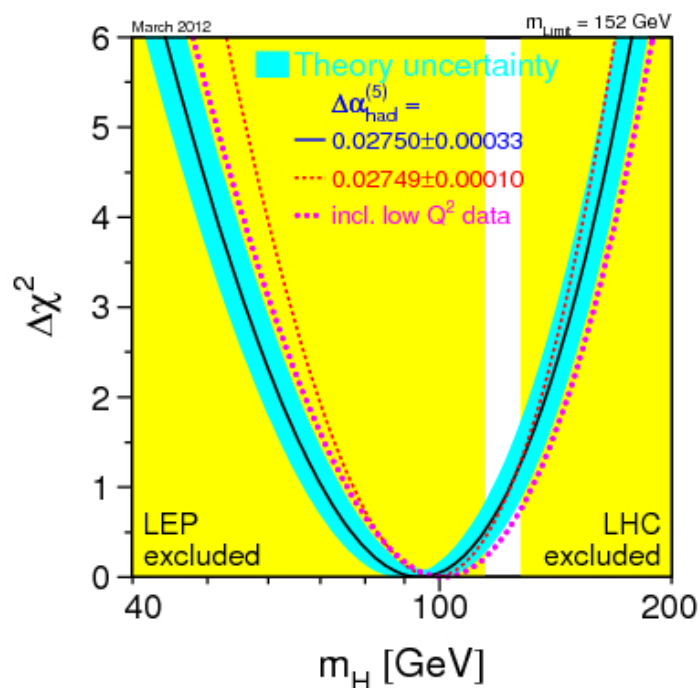
LHCb@IFIC: Tema de investigación

Goal: Búsqueda de Nueva Física ...

Búsqueda indirecta → **partículas creadas off-Shell: Evidencia en efectos cuánticos (loops)** → Física de precisión (*BR's, asimetrías...*)



→ Complementaria a la búsqueda directa en ATLAS y CMS

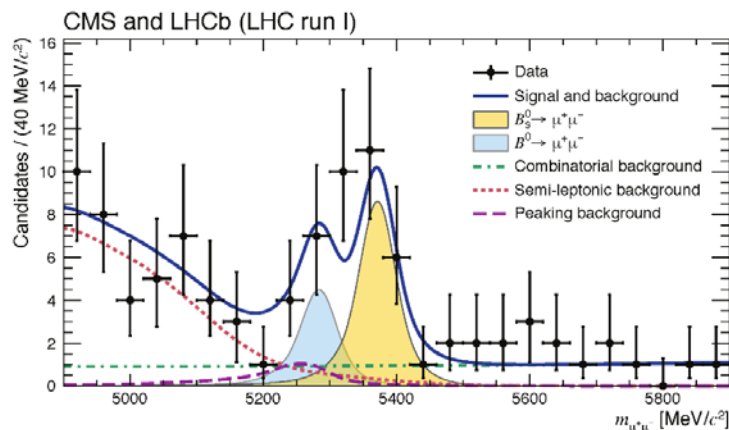


LHCb@IFIC: Tema de investigación

Some LHCb highlights:

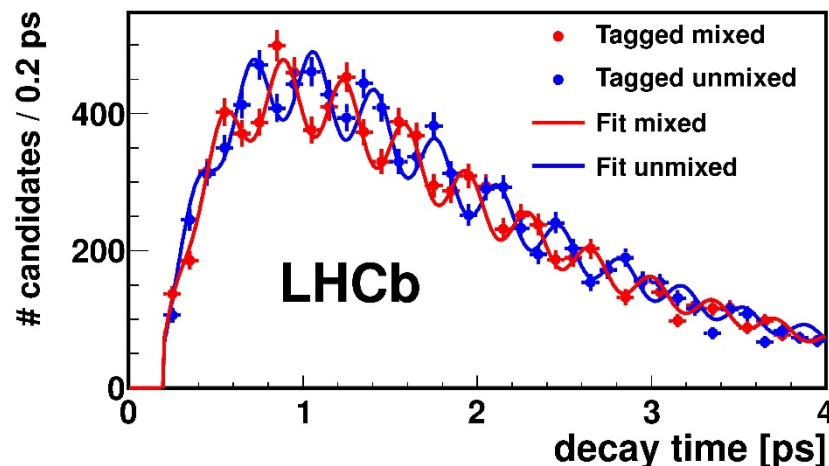
Observation of $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$

Nature 522, (2015) 68-72

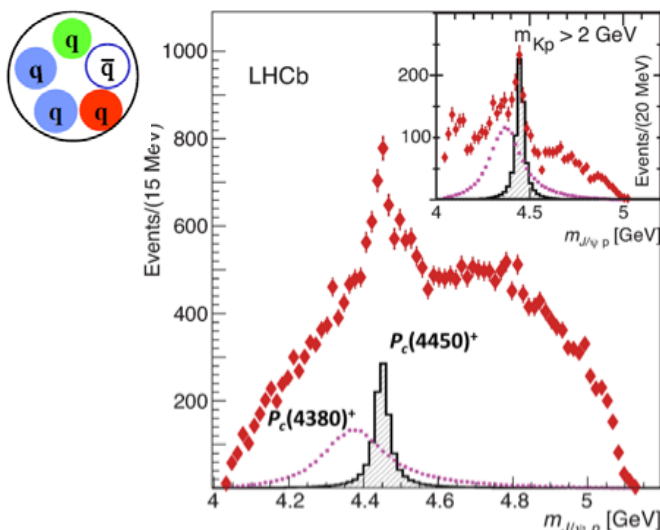


B_s oscillation frequency

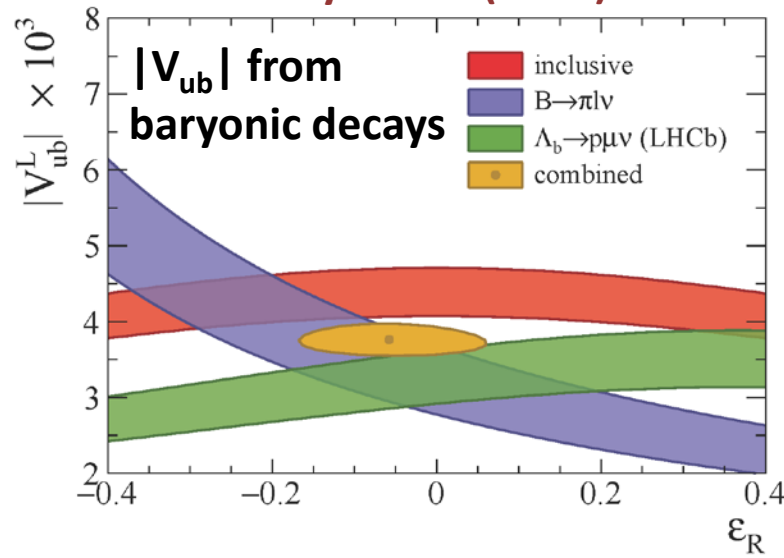
New J. Phys. 15 (2013) 053021



Pentaquarks **PRL 115 (2015) 072001**



Nature Physics 11 (2015) 743



LHCb@IFIC: Tema de investigación

Lineas de investigación en el IFIC:

- Desintegraciones radiativas de hadrones pesados.
- Física de espín y Momentos Dipolares Eléctricos (EDMs).
- Fenomenología de la Física de Sabor.
- Contribución al desarrollo del nuevo detector de trazas SciFi.

Financiación:

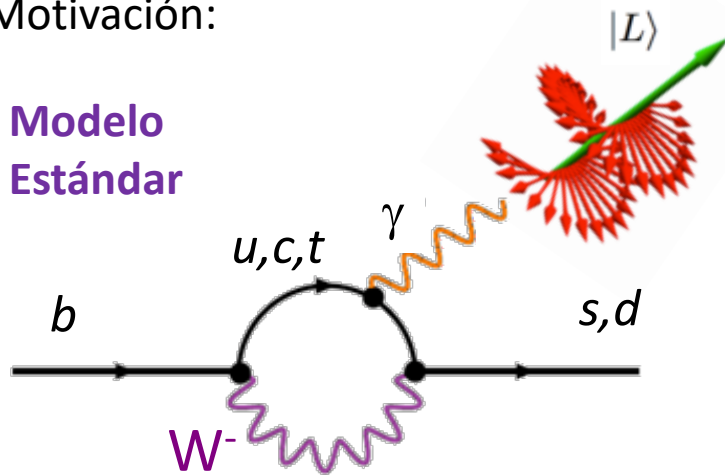
- ▶ *Desafíos presentes y futuros del experimento LHCb del CERN (II).*
FPA2015-68318-R, 2016-2017.
- ▶ *Aproximación teórico-experimental a la búsqueda de nueva física con sabores pesados.* **PROMETEOII/2014/049**, 2014-2017.
- ▶ *Participación española en el experimento LHCb del CERN: física y mejoras.*
FPA2013-48020-C3-2-P, 2014.

LHCb@IFIC: Tema de investigación

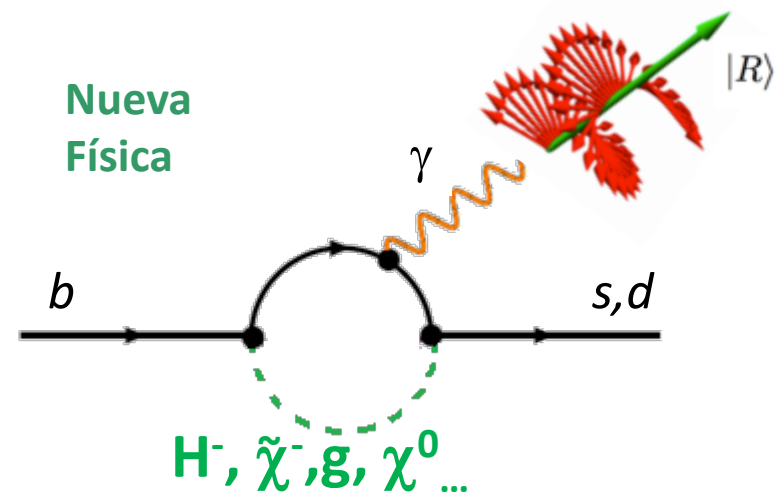
Desintegraciones radiativas de hadrones pesados (FCNC):

Motivación:

Modelo
Estándar



Nueva
Física



La polarización del fotón en desintegraciones del tipo $b \rightarrow s \gamma$ es levógira en el SM. La presencia de fotones con polarización anómala implicaría la existencia de Nueva Física. Esta polarización se puede medir:

- 1- A través del estudio del **tiempo propio de desintegración** en canales del tipo $B_s \rightarrow \phi \gamma$.
- 2- A través del estudio de las **distribuciones angulares** de desintegraciones de hadrones pesados, ej: **b-baryons** ($\Lambda_b \rightarrow \Lambda \gamma$, $\Xi_b \rightarrow \Xi \gamma$, $\Omega_b \rightarrow \Omega \gamma$).

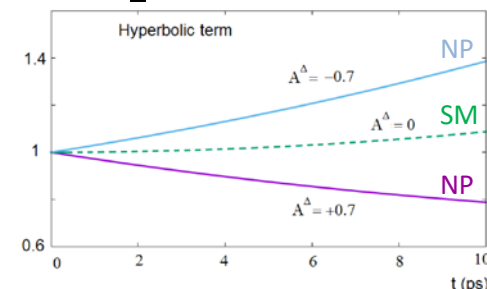
LHCb@IFIC: Tema de investigación

1 - Primera medida del tiempo propio en la desintegración $B_s \rightarrow \phi \gamma$:

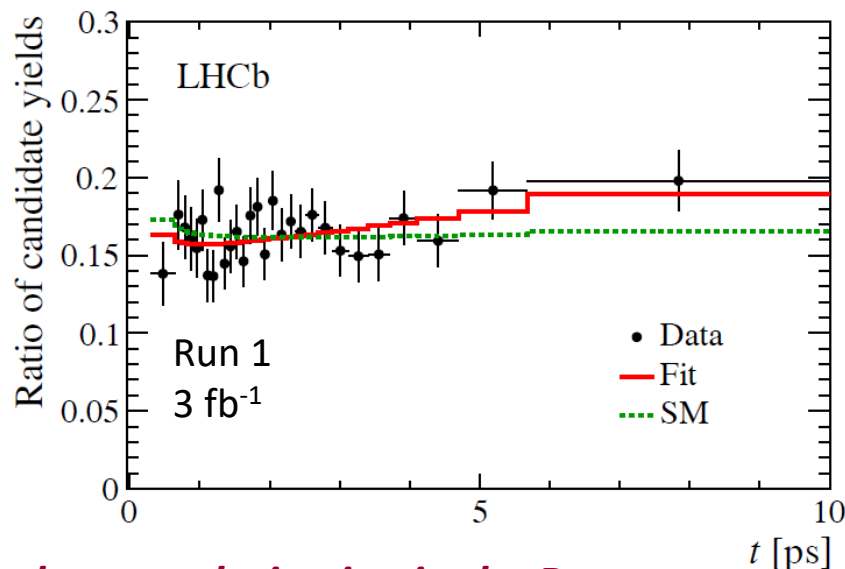
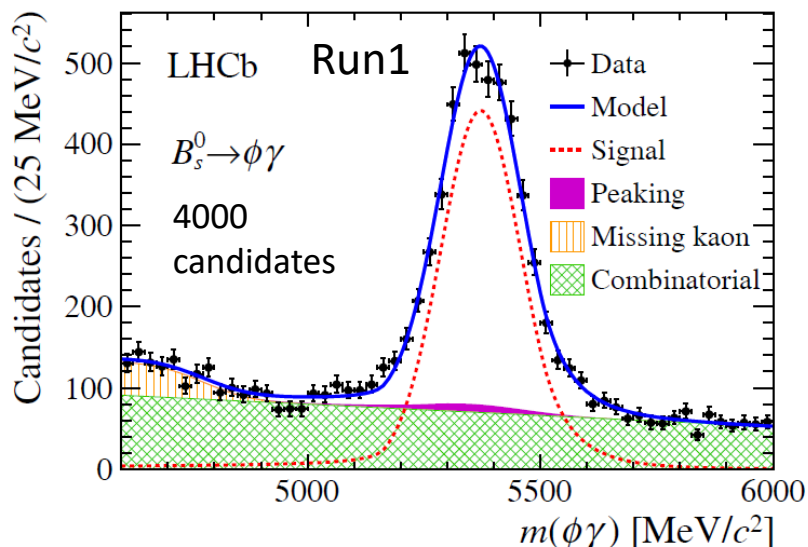
**LHCb
milestone**

$$\Gamma_{B_s^0 \rightarrow \phi \gamma}(t) \propto e^{-\Gamma_s t} \left[\cosh(\Delta\Gamma_s t/2) - \mathcal{A}^\Delta \sinh(\Delta\Gamma_s t/2) \right]$$

Información sobre la polarización anómala del fotón



(Canal de control: $B \rightarrow K^* \gamma$)



First experimental study of the photon polarization in the B_s system

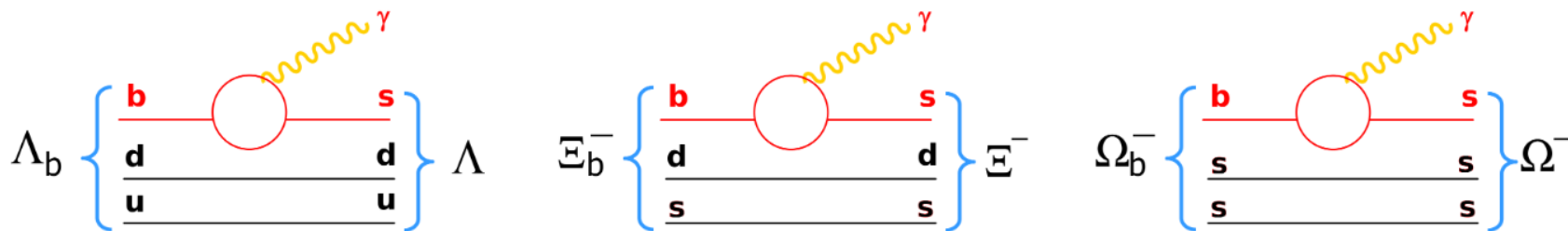
$$\mathcal{A}^\Delta = -0.98^{+0.46}_{-0.52} {}^{+0.23}_{-0.20}$$

Publicado en **Phy. Rev. Lett. 118 (2017) 021801**

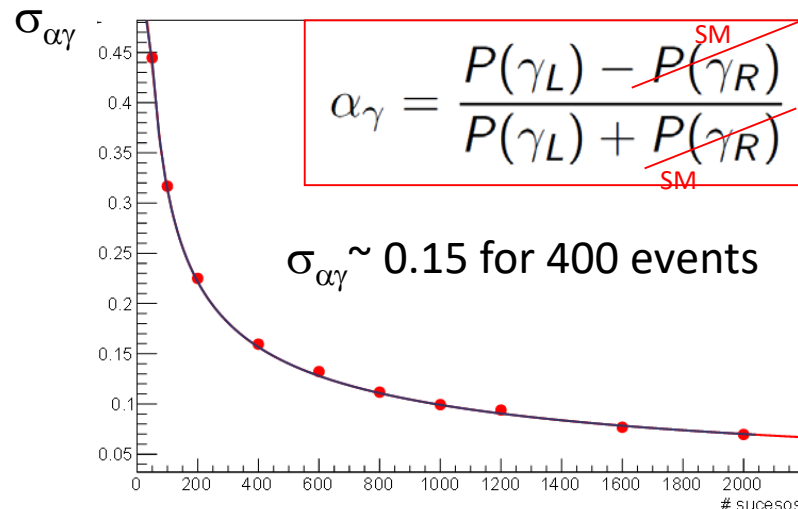
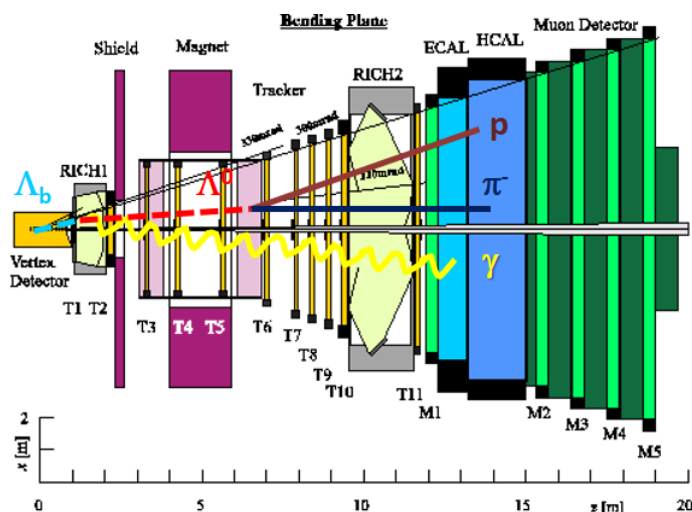
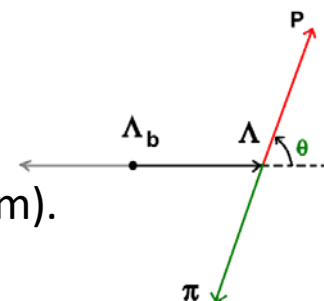
(CERN Physics Highlight en la ICHEP 2016)

LHCb@IFIC: Tema de investigación

2- Distribución angular en desintegraciones radiativas de b -baryons



- No se han observado todavía $BR(\Lambda_b \rightarrow \Lambda \gamma) < 10^{-3}$, accesibles en LHCb
- Acceso a la polarización del fotón a través de la distribución angular
- Challenge: Long-living particles, difíciles de reconstruir ($c\tau(\Lambda) = 7.89$ cm).
- Hemos desarrollado el trigger y la reconstrucción, listos para el Run 2



LHCb@IFIC: Tema de investigación

Física de Espín y EDMs:

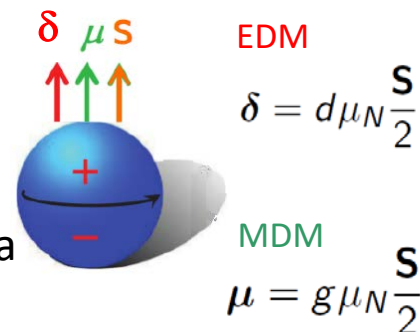
Motivación:

La bariogénesis necesita nuevas fuentes de violación de CP: Nueva Física

→ Procesos *flavour-changing* (FCNC) → Goal de LHCb

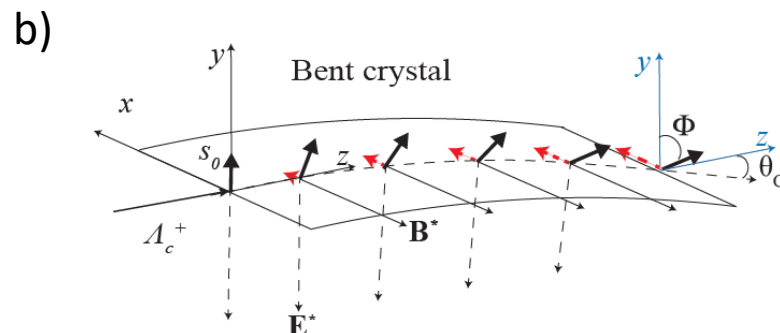
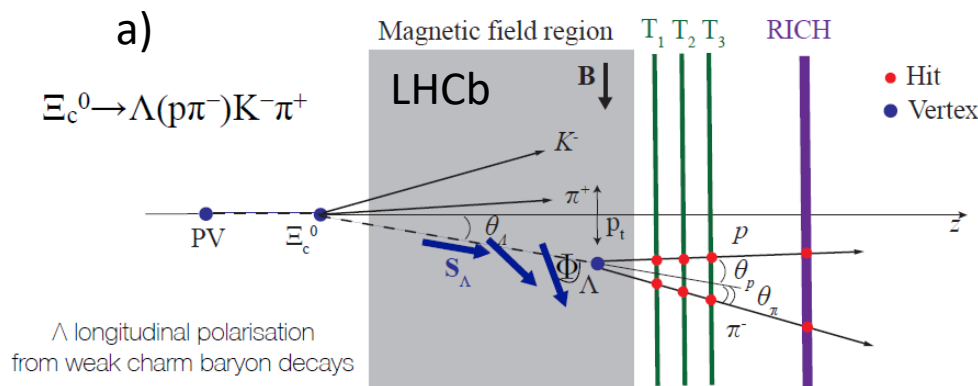
→ Procesos *flavour-conserving* → Momentos dipolares eléctricos (EDMs)

→ Tests de CPT con MDMs



Propuesta: *On the search for EDMs of strange and charm baryons at LHC,*
[arXiv:1612.06769 \[hep-ex\]](https://arxiv.org/abs/1612.06769) (enviado a EPJC)

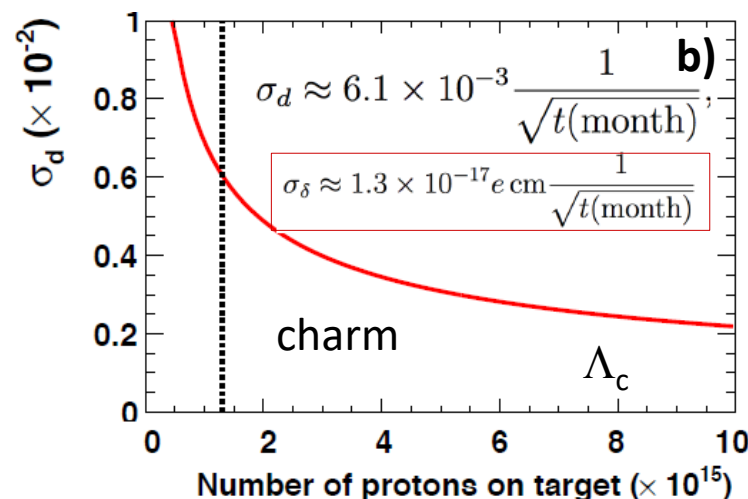
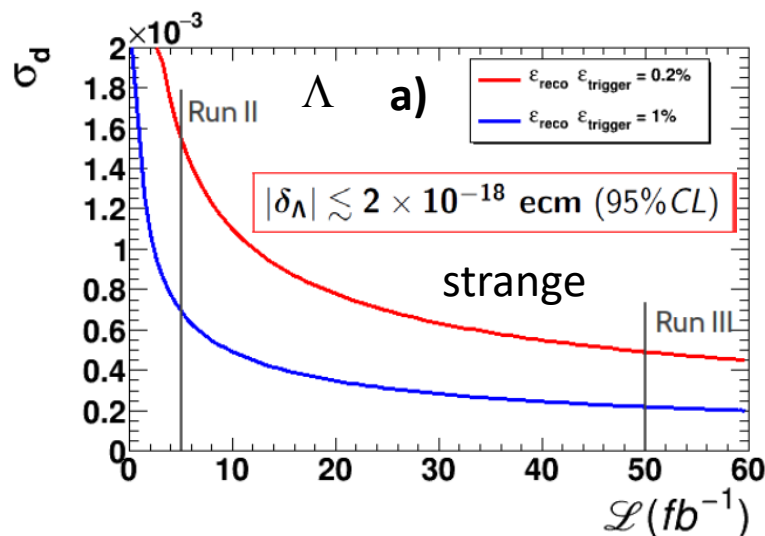
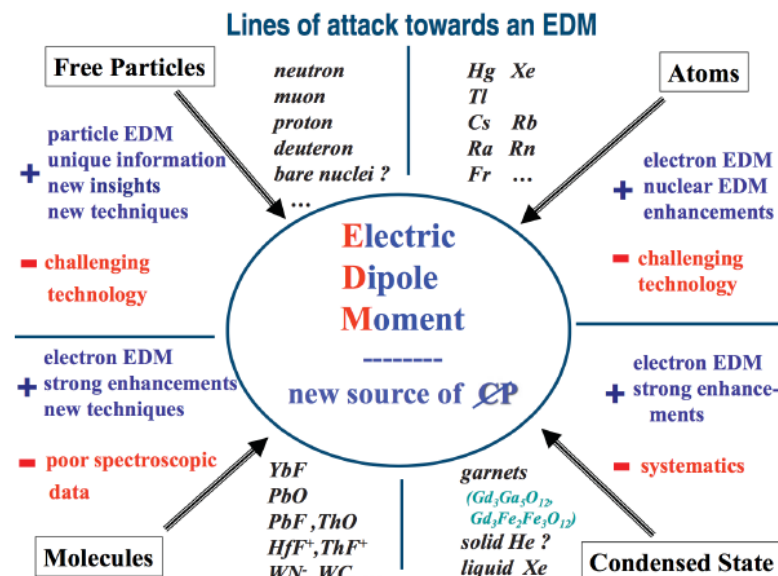
- Utilizar la precesión de espín de bariones con vidas medias largas (Λ) en el campo electromagnético de LHCb.
- Utilizar la precesión de espín de bariones con vida medias cortas (Λ_c^+ , Ξ_c^+) utilizando cristales curvos en un montaje de blanco fijo cerca de LHCb.



LHCb@IFIC: Tema de investigación

Estudios en diferentes sistemas, medidas actuales:

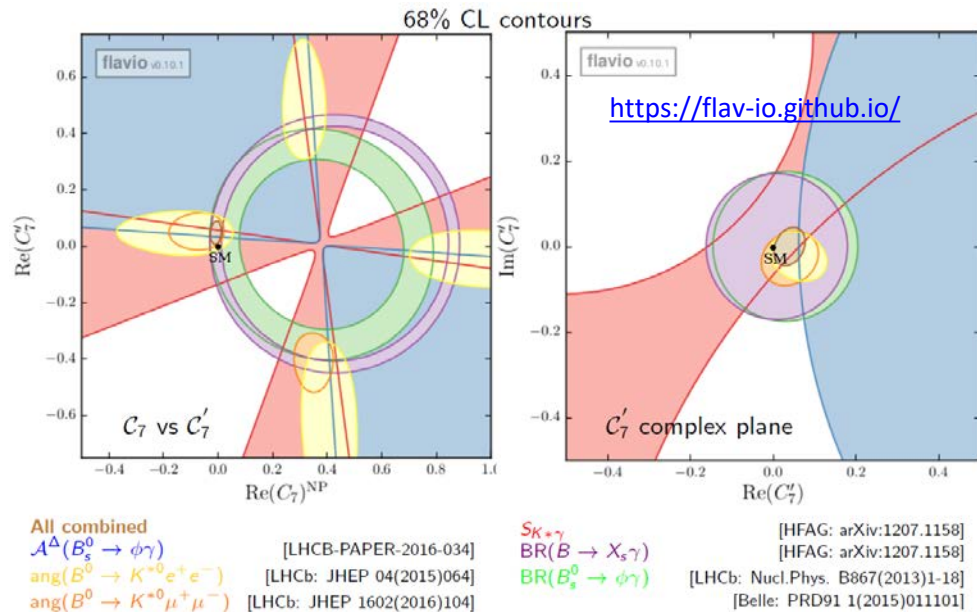
Particle	Limit/Measurement [e cm]	SM limit [factor to go]
e	$<1.05 \times 10^{-27}$	10^{11}
μ	$<1.8 \times 10^{-19}$	10^8
τ	$(-2.2 < d_\tau < 4.5) \times 10^{-17}$	10^7
n	$<2.9 \times 10^{-26}$	10^4
p	$<0.54 \times 10^{-23}$	10^6
Λ^0	$(-3.0 \pm 7.4) \times 10^{-17}$	10^{11}
$\nu_{e,\mu}$	$<2 \times 10^{-21}$	
ν_τ	$<5.2 \times 10^{-17}$	
Hg-atom	$<3.1 \times 10^{-29}$	$\leq 10^4$



LHCb@IFIC: Tema de investigación

Fenomenología en Física de Sabor:

Crucial para la interpretación de resultados experimentales, definición de nuevos observables, etc...



→ Complementariedad entre la frontera de energía e intensidad:

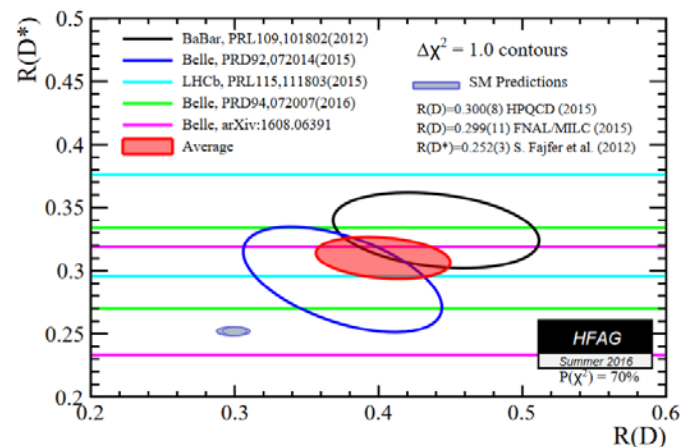
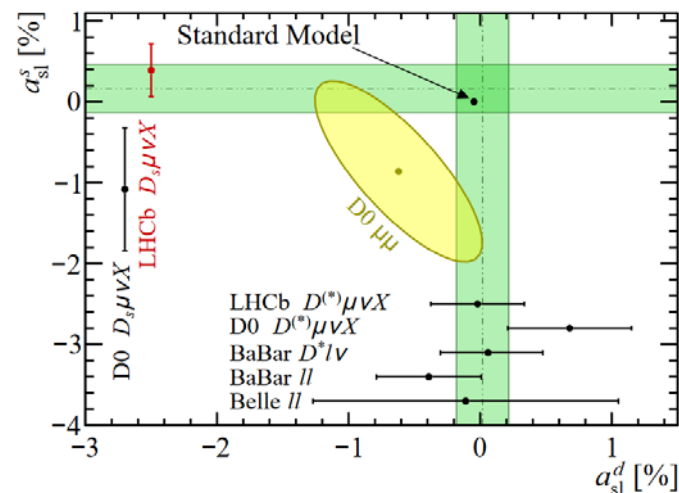
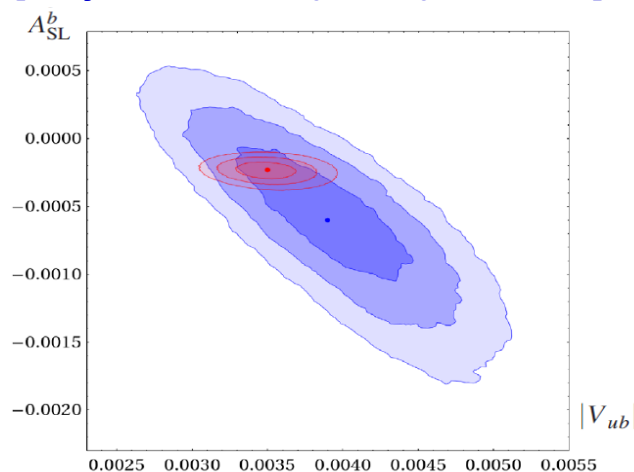
1. Vector like quarks and rare or CP violating decays
2. Flavour Changing processes in the Higgs sector
3. Discrete Symmetries (CPT,..)
4. Model independent analysis beyond 3x3 unitarity

LHCb@IFIC: Tema de investigación

Ejemplo: *Mixing asymmetries in B meson systems, the D^0 like-sign dimuon asymmetry and generic New Physics*

F. J. Botella, G. C. Branco, y M. Nebot and A. Sanchez

[Phy. Rev D 91 (2015) 035013]



Planes:

Trabajando en Two Higgs Doublet Models (BGL) para explicar las discrepancias medidas en las desintegraciones $B \rightarrow D^* \tau \nu$ y $B \rightarrow D \tau \nu$

LHCb@IFIC: Upgrade LHCb detector

Planes:

LHC era

HL-LHC era

Run (years)	Run 1 (2010-2012)	Run 2 (2015-2018)	Run 3 (2021-2023)	Run 4 (2027-2029)
Integrated luminosity	3 fb ⁻¹	8 fb ⁻¹	25 fb ⁻¹	50 fb ⁻¹
Instantaneous luminosity	4 x 10 ³² cm ⁻² s ⁻¹		2 x 10 ³³ cm ⁻² s ⁻¹	

Current LHCb

Upgraded LHCb

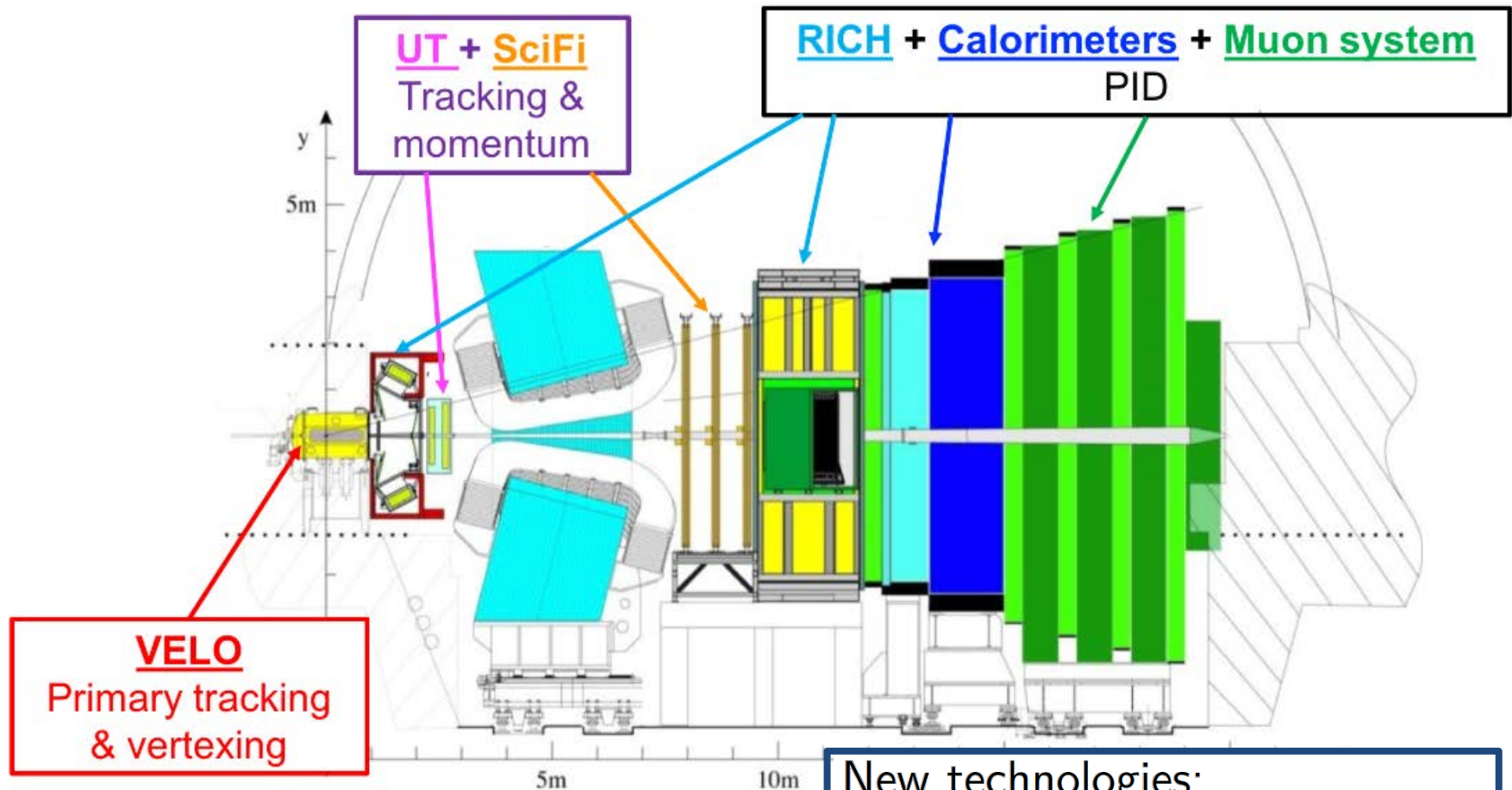
LS2
LHCb Upgrade

Hardware trigger L0
(E_T and μ P_T) [1MHz]



Full software trigger,
readout at 40MHz

LHCb@IFIC: Upgrade LHCb detector



Contribución del IFIC:

Diseño y caracterización
del chip de lectura del
nuevo central tracker SciFi

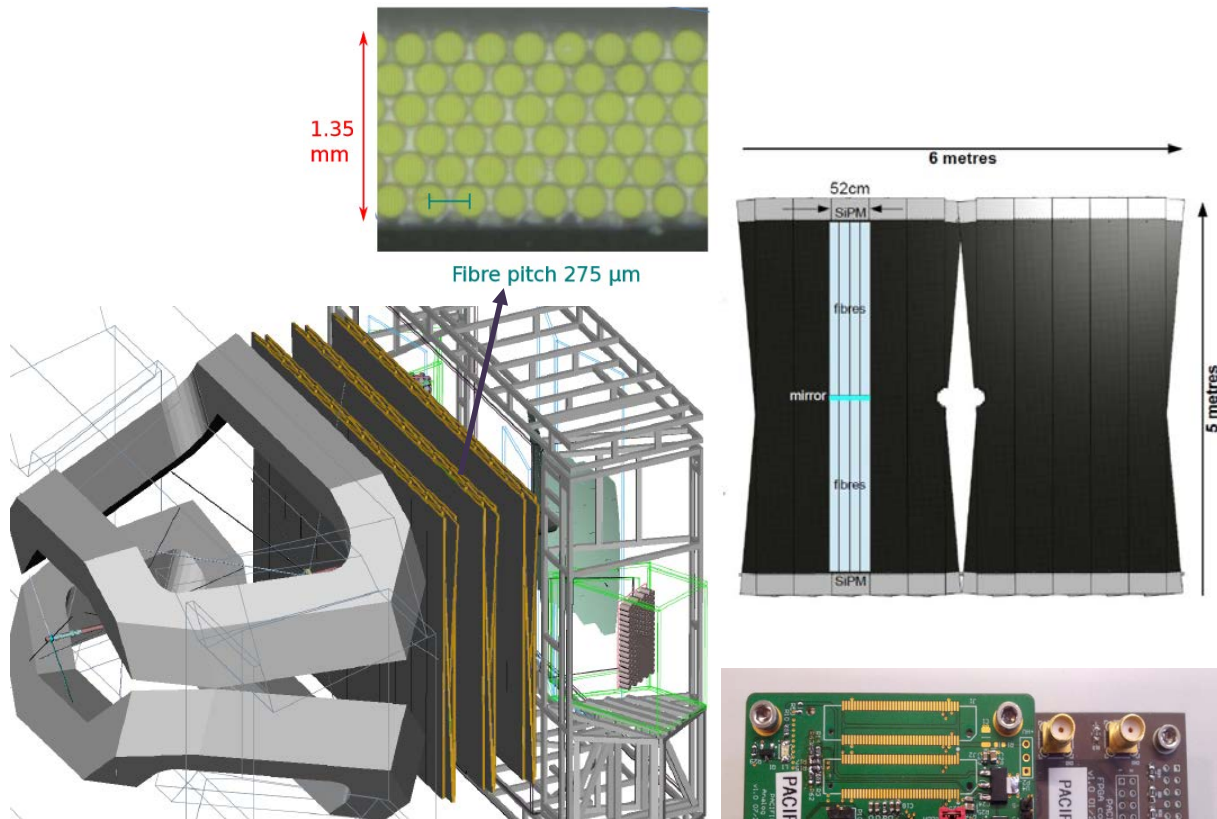
New technologies:

- VELO detector: Si pixel sensor
- UT: Si strips sensor
- SciFi Tracker: scintillating fibres
- RICH detector: new layout

LHCb@IFIC: Upgrade LHCb detector

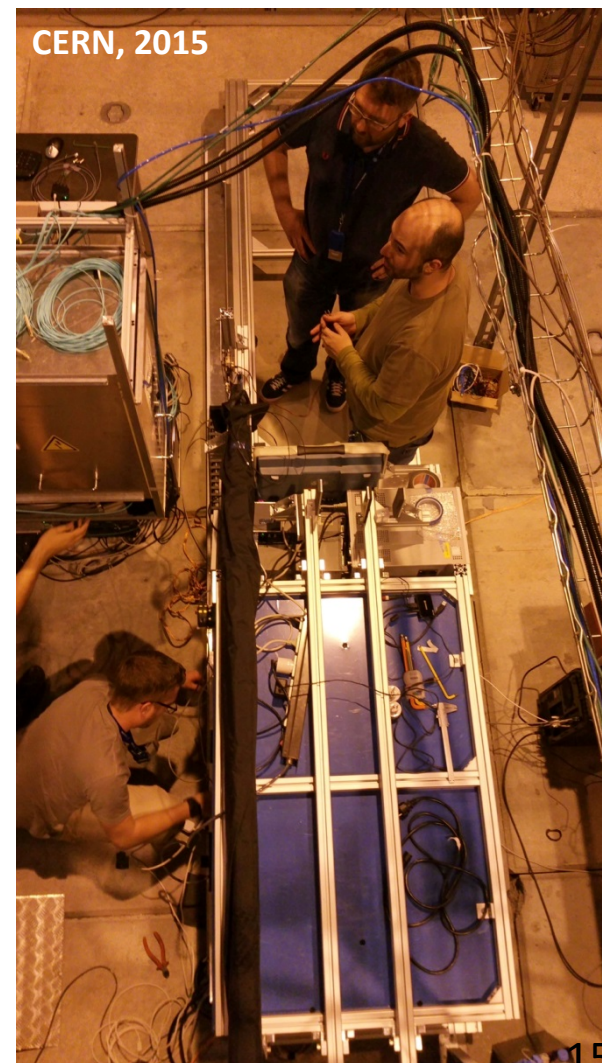
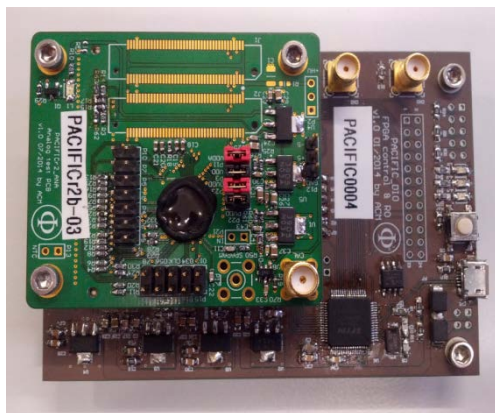
Contribución al desarrollo del nuevo Detector Central de Trazas SciFi:

Fibras centelleadoras de $l=2.5\text{m}$ y $\phi=250\mu$ (3 estaciones x 4 capas) + SiPMs



SciFi FE ASIC PACIFIC:

(IFIC en colaboración con
ICC-UB, LPC-UBP and PIH-RKU)

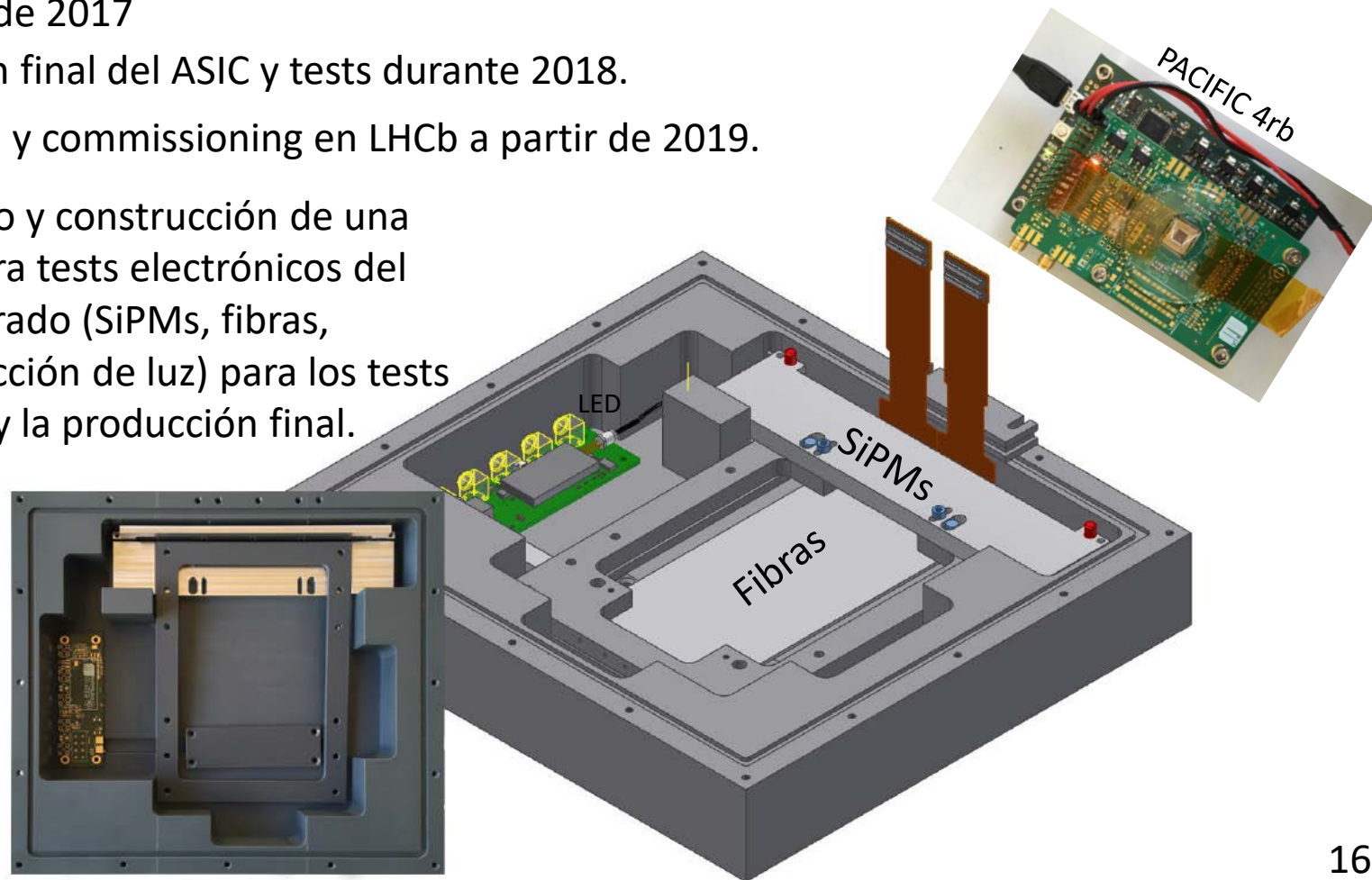


LHCb@IFIC: Upgrade LHCb detector

Contribución al desarrollo del nuevo Detector Central de Trazas SciFi:

- Actualmente testeando la version r4b de PACIFIC: test-beam en el DESY en febrero
- PACIFICr5 se producirá en los próximos meses, tests en Valencia y Heidelberg a partir de primavera de 2017
- Producción final del ASIC y tests durante 2018.
- Instalación y commissioning en LHCb a partir de 2019.

@ IFIC: Diseño y construcción de una caja negra para tests electrónicos del sistema integrado (SiPMs, fibras, trigger e inyección de luz) para los tests de PACIFICr5 y la producción final.



LHCb@IFIC: Planes

En resumen:

• **Corto plazo: 2017-2018**

- Medida de la polarización del fotón en $B_s \rightarrow \phi \gamma$ con el Run1+Run2, utilizando la información del sabor inicial del B_s
- Estudio de desintegraciones radiativas de bariones pesados
- Diseño final, tests y producción del chip PACIFIC para el SciFi
- Preparación medidas de EDMs (polarización Λ y Λ_c , tracking, diseño del montaje ...)
- Reconstrucción de trazas con el detector SciFi

• **Medio plazo: 2019-20**

- Análisis radiativos con todos los datos recogidos (Run1+Run2)
- Primeras medidas EDMs
- Instalación y *commissioning* del chip PACIFIC para el upgrade SciFi

• **Largo plazo: 2021-23 and beyond**

- Análisis de desintegraciones radiativas
- EDMs
- Posible instalación del montaje de blanco fijo con cristales curvos
- New ideas...

LHCb@IFIC: Logros científicos 13'-16'

Publicaciones (2013-16):

Artículos BaBar: 55

Artículos LHCb: 241

Artículos Teoría: 7 (+7)

Libros/reports:

- Handbook of LHC Higgs Cross Sections (2016) (868 pags)
- The Physics of the B Factories (2014) (928 pags)
- Averages of b -hadron, c -hadron, and τ -lepton properties (2012,2014,2016) (480 pags)

Tesis de Máster: 5

PhD Tesis: **Photon polarization in $B_s \rightarrow \phi \gamma$ at LHCb** (Pablo Ruiz Valls; diciembre 2016)

Conferencias: ~ 17 charlas en conf. internacionales (ICHEP14, 2 x EPS 2015, ICHEP 2016)

Responsabilidades:

Convener del grupo de Desintegraciones Radiativas en LHCb (A. Oyanguren) [2015-2017]

Miembro del LHCb Speaker Bureau (F. Martínez) [2016-2018]

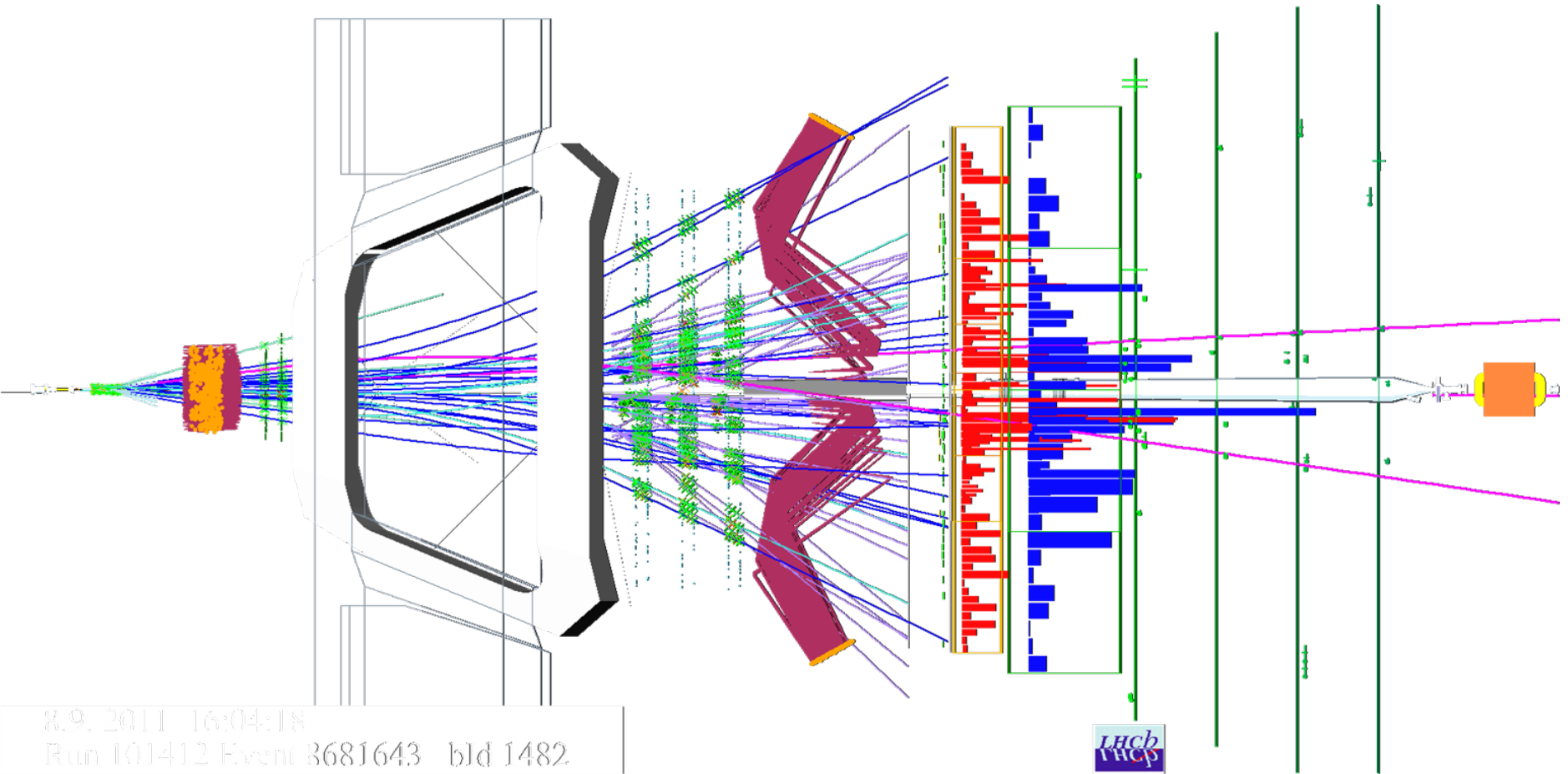
Miembro del Heavy Flavour Averaging Group (HFAG) (A. Oyanguren) [2012-]

Coordinadora de la Red Española de Física de Sabor (REFIS) (A. Oyanguren) [2016-]

Workshops & Outreach:



Gracias!



LHCb@IFIC: Backup

Type	Observable	LHCb 2018	Upgrade (50 fb ⁻¹)	Theory uncertainty
B_s^0 mixing	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi)$	0.025	0.008	~ 0.003
	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980))$	0.045	0.014	~ 0.01
	a_{sl}^s	0.6×10^{-3}	0.2×10^{-3}	0.03×10^{-3}
Gluonic penguins	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi \phi)$	0.17	0.03	0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0})$	0.13	0.02	< 0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B^0 \rightarrow \phi K_S^0)$	0.30	0.05	0.02
Right-handed currents	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi \gamma)$	0.09	0.02	< 0.01
	$\tau^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi \gamma) / \tau_{B_s^0}$	5 %	1 %	0.2 %
Electroweak penguins	$S_3(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.025	0.008	0.02
	$s_0 A_{\text{FB}}(B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-)$	6 %	2 %	7 %
	$A_1(K \mu^+ \mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.08	0.025	~ 0.02
	$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-) / \mathcal{B}(B^+ \rightarrow K^+ \mu^+ \mu^-)$	8 %	2.5 %	$\sim 10 \%$
Higgs penguins	$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$	0.5×10^{-9}	0.15×10^{-9}	0.3×10^{-9}
	$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) / \mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$	$\sim 100 \%$	$\sim 35 \%$	$\sim 5 \%$
Unitarity triangle angles	$\gamma(B \rightarrow D^{(*)} K^{(*)})$	4°	0.9°	negligible
	$\gamma(B_s^0 \rightarrow D_s K)$	11°	2.0°	negligible
	$\beta(B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)$	0.6°	0.2°	negligible
Charm CP violation	A_Γ	0.40×10^{-3}	0.07×10^{-3}	–
	$\Delta \mathcal{A}_{CP}$	0.65×10^{-3}	0.12×10^{-3}	–