



JORGE MARTÍNEZ ORTEGA

PROSPECTOS DE MEDICIÓN DE LA ANOMALÍA $R(D^*)$ EN BELLE II

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

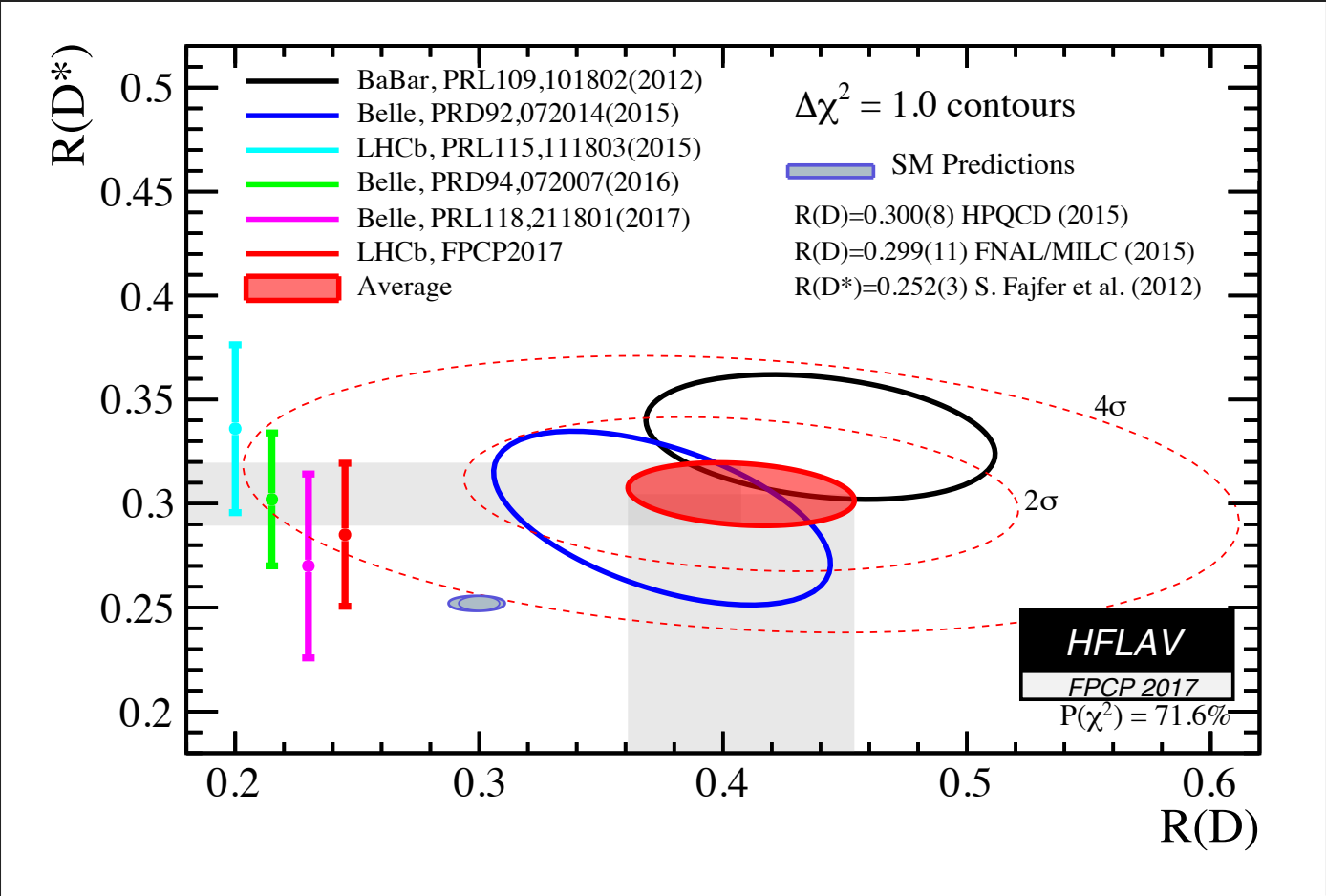
- Definición:

$$R(D) = \frac{\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D\tau^- \bar{\nu}_\tau)}{\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D\ell^- \bar{\nu}_\ell)} \quad R(D^*) = \frac{\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D^*\tau^- \bar{\nu}_\tau)}{\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D^*\ell^- \bar{\nu}_\ell)}$$

- En el SM, $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\tau^- \bar{\nu}_\tau)$ y $\mathcal{B}(\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\ell^- \bar{\nu}_\ell)$ sólo difieren debido a la masa del leptón involucrado en el decaimiento.
- Sin embargo, en escenarios de nueva física, los decaimientos que involucran el lepton τ podrían verse favorecidos.
- Las mediciones actuales muestran una tensión con el SM.

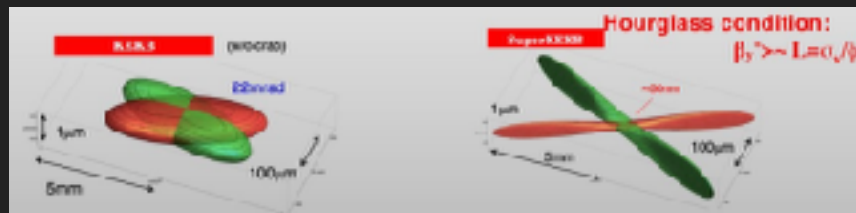
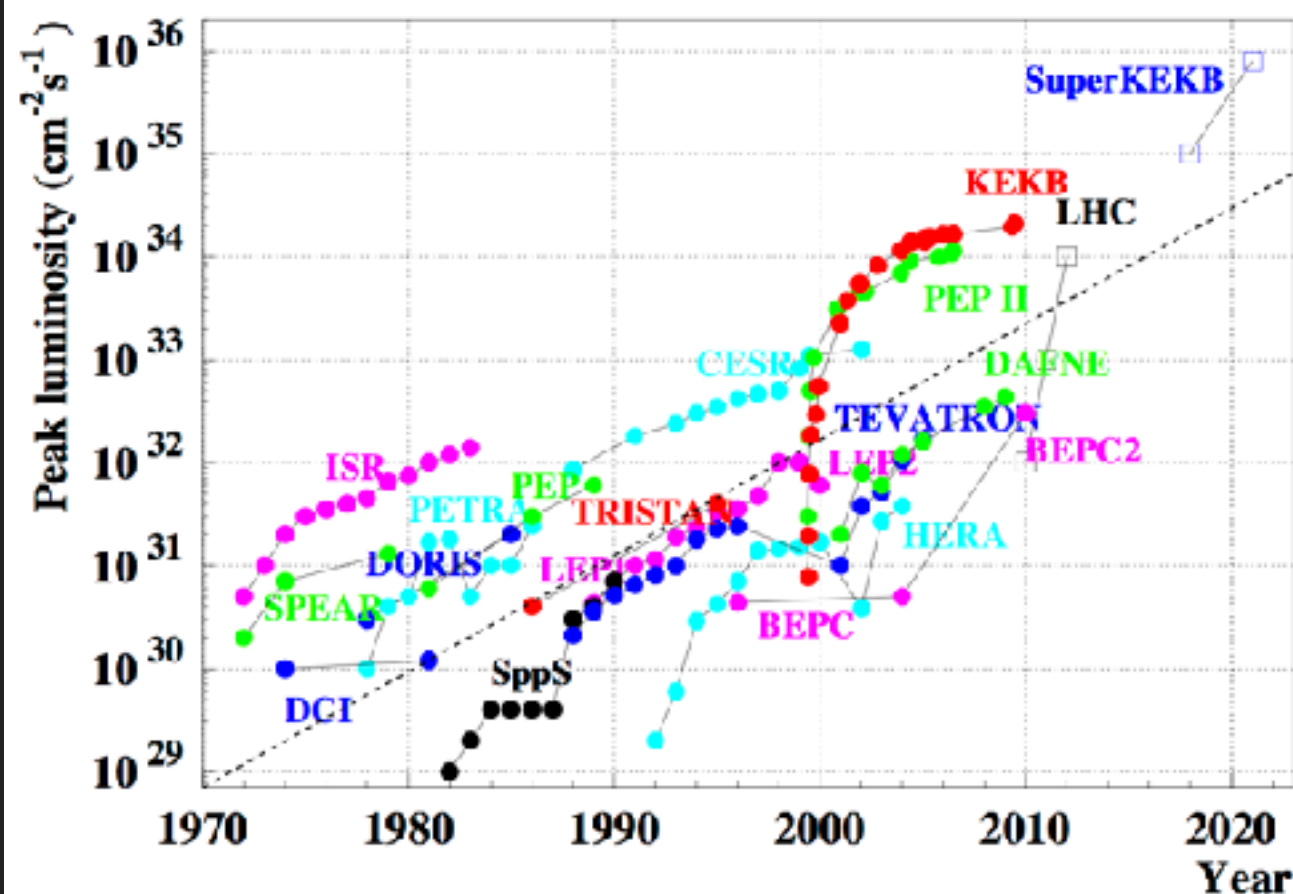
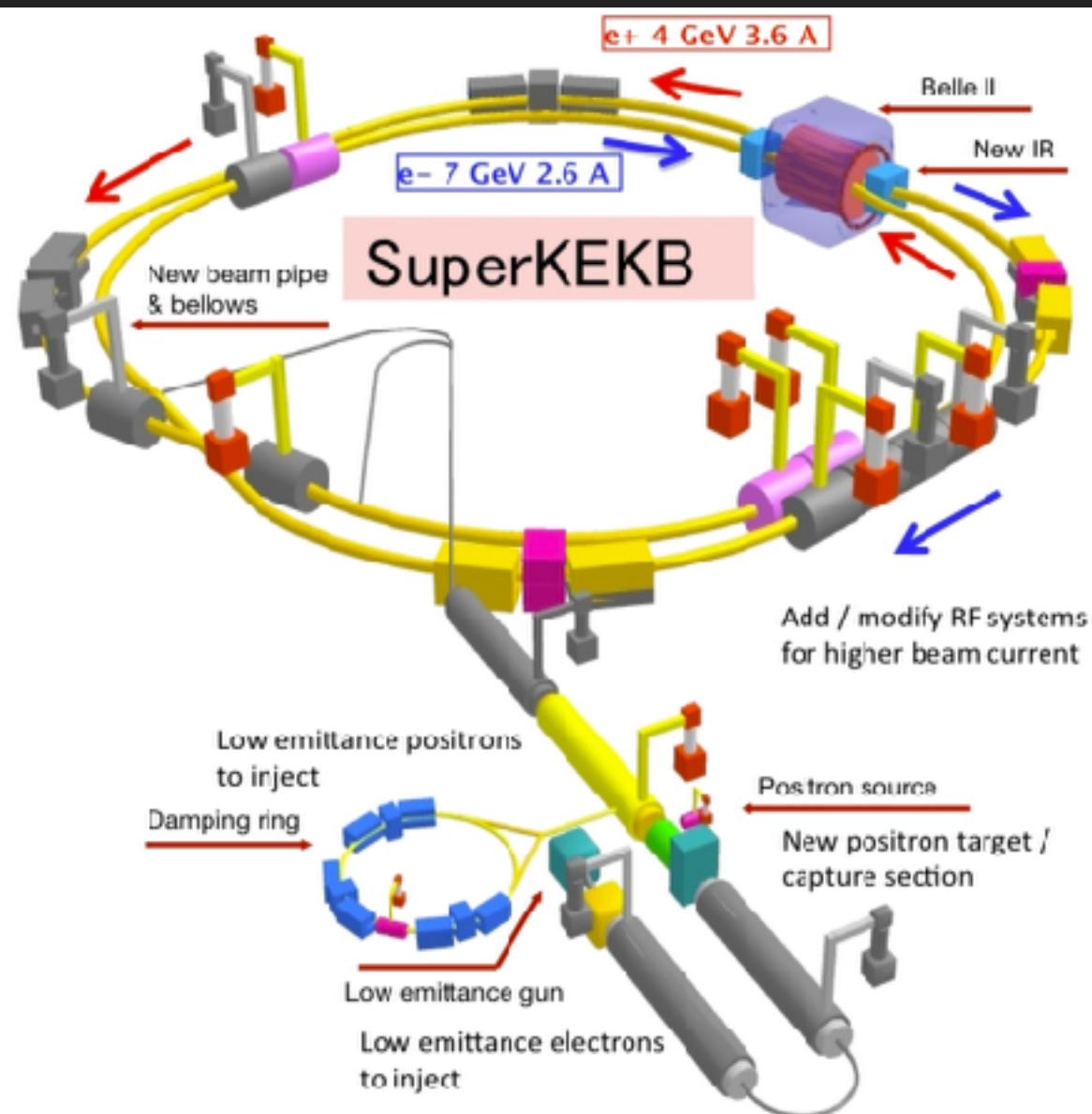
ESTATUS EXPERIMENTAL

Experiment	Tag method	τ mode	$R(D)$	$R(D^*)$	ρ
Belle 07	inclusive	$e\nu\nu, \pi\nu$	0.38 ± 0.11	0.34 ± 0.08	—
Belle 10	inclusive	$\ell\nu\nu, \pi\nu$			
BaBar 12	hadronic	$\ell\nu\nu$	$0.440 \pm 0.058 \pm 0.042$	$0.332 \pm 0.024 \pm 0.018$	-0.27
Belle 15	hadronic	$\ell\nu\nu$	$0.375 \pm 0.064 \pm 0.026$	$0.293 \pm 0.038 \pm 0.015$	-0.32
Belle 16	semileptonic	$\ell\nu\nu$	—	$0.302 \pm 0.030 \pm 0.011$	—
Belle 17	hadronic	$\pi\nu, \rho\nu$	—	$0.270 \pm 0.035^{+0.028}_{-0.025}$	—
LHCb 16	—	$\ell\nu\nu$	—	$0.336 \pm 0.027 \pm 0.030$	—
LHCb 17*	—	$3\pi\nu, 4\pi\nu$	—	$0.285 \pm 0.019 \pm 0.025 \pm 0.013(\text{ext})$	—
HFAG*	—	—	$0.407 \pm 0.039 \pm 0.024$	$0.304 \pm 0.013 \pm 0.007$	-0.23
LHCb	—	—	—	$0.306 \pm 0.016 \pm 0.008$	—
Belle	—	—	$0.375 \pm 0.064 \pm 0.026$	$0.292 \pm 0.020 \pm 0.012$	—
SM	—	—	0.300 ± 0.008	0.252 ± 0.003	—



ESPERIMENTO BELLE II

Super KEKB



$$L = \frac{\gamma_{e\pm}}{2e r_e} \left(1 + \frac{\sigma_y^*}{\sigma_x^*} \right) \left(\frac{I_{e\pm} \xi_{e\pm}}{\beta_y^*} \right) \left(\frac{R_L}{R_{\mp y}} \right)$$

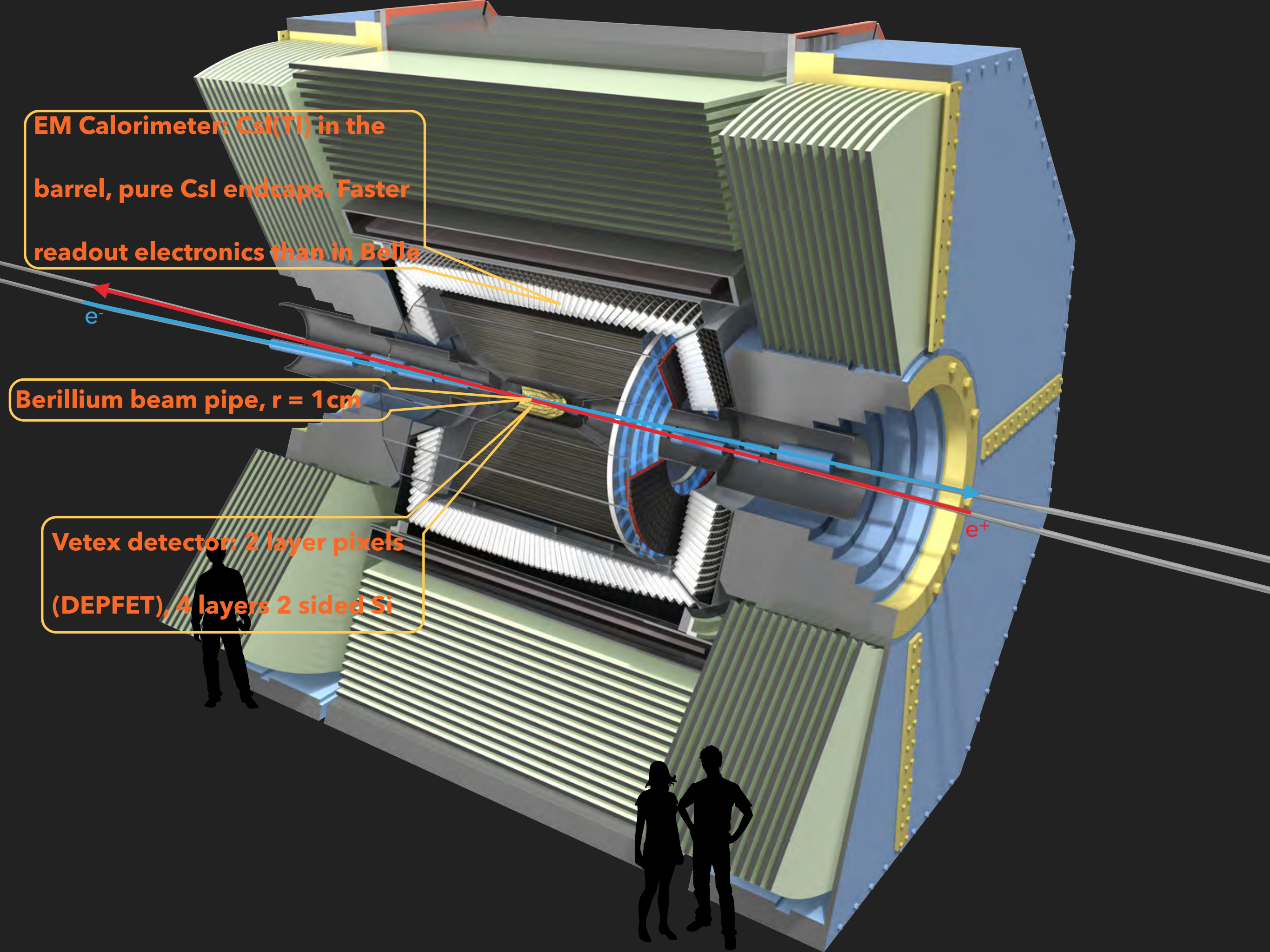
Lorentz factor
 Beam current
 Beam-beam parameter
 Classical electron radius
 Beam size ratio@IP
 1 ~ 2 % (flat beam)
 Lumi. reduction factor (crossing angle) & Tune shift reduction factor (hour glass effect) 0.8 ~ 1 (short bunch)
 Vertical beta function@IP

	E (GeV)	β_y^* (mm)	β_x^* (cm)	ϕ (mrad)	I (A)	L (cm ⁻² s ⁻¹)
	LER/HER	LER/HER	LER/HER		LER/HER	
KEKB	3.5/8.0	5.9/5.9	120/120	11	1.6/1.2	2.1×10^{34}
SuperKEKB	4.0/7.0	0.27/0.30	3.2/2.5	41.5	3.6/2.6	80×10^{34}

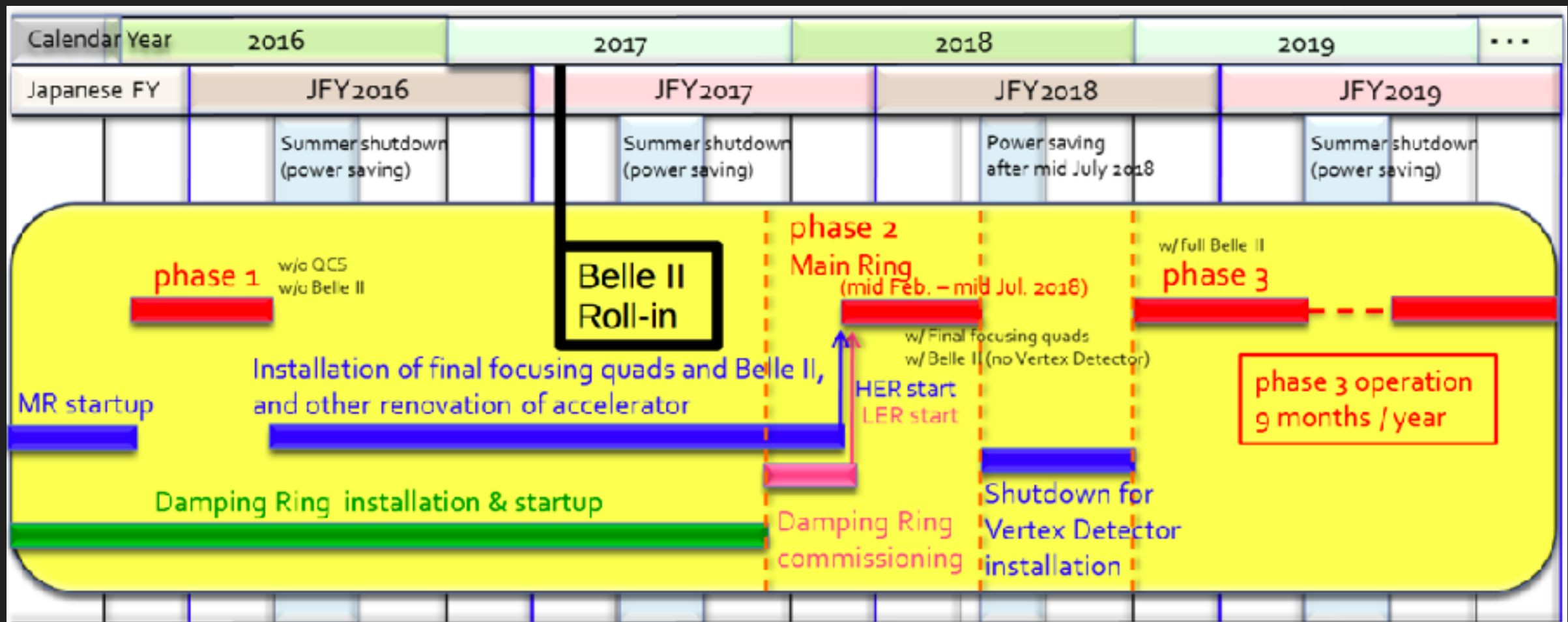
EM Calorimeter: CsI(Tl) in the barrel, pure CsI endcaps. Faster readout electronics than in Belle

Berillium beam pipe, $r = 1\text{ cm}$

Vetex detector: 2 layer pixels (DEPFET), 4 layers 2 sided Si



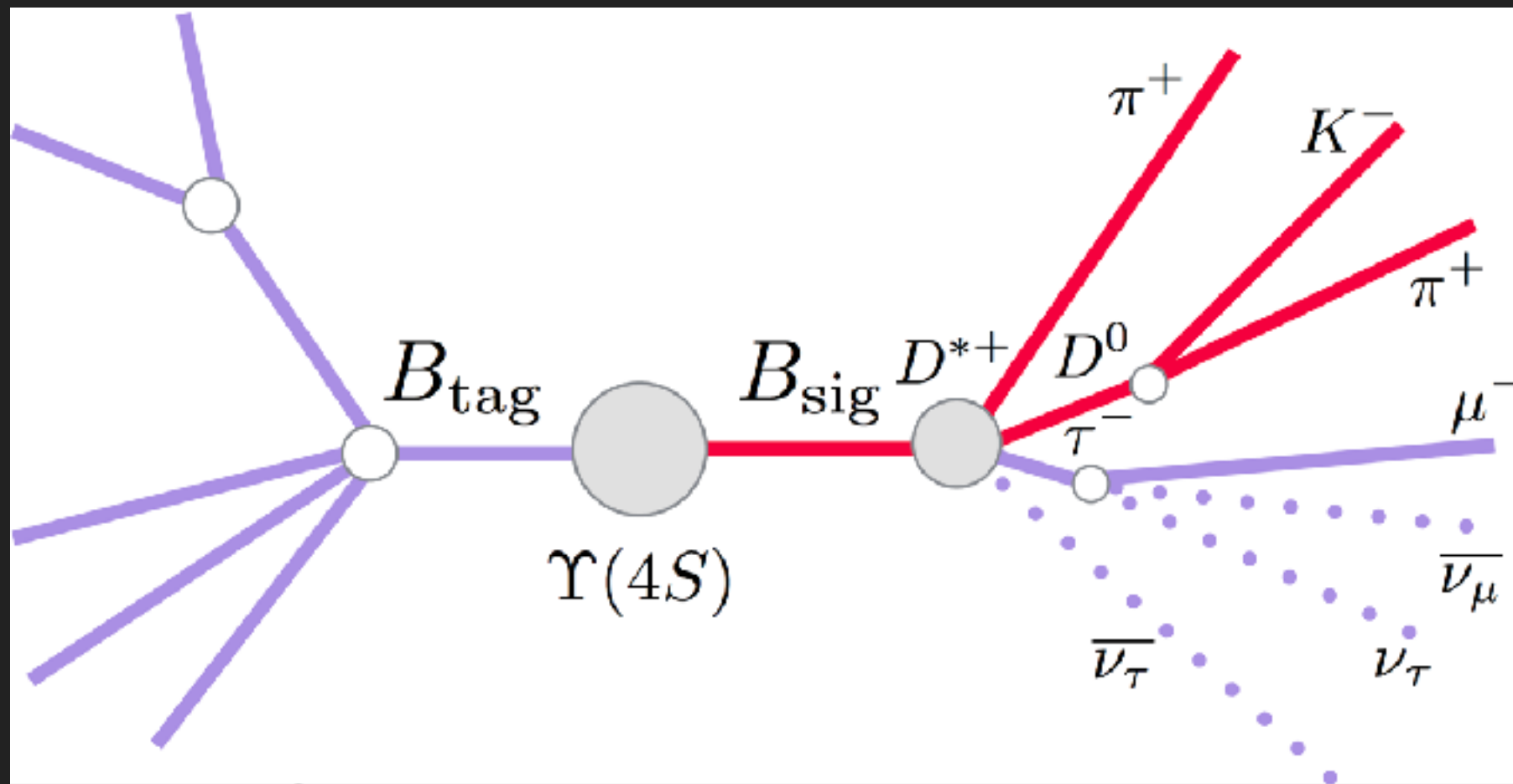
CONSTRUCCIÓN



CALENDARIO DE BELLE 2

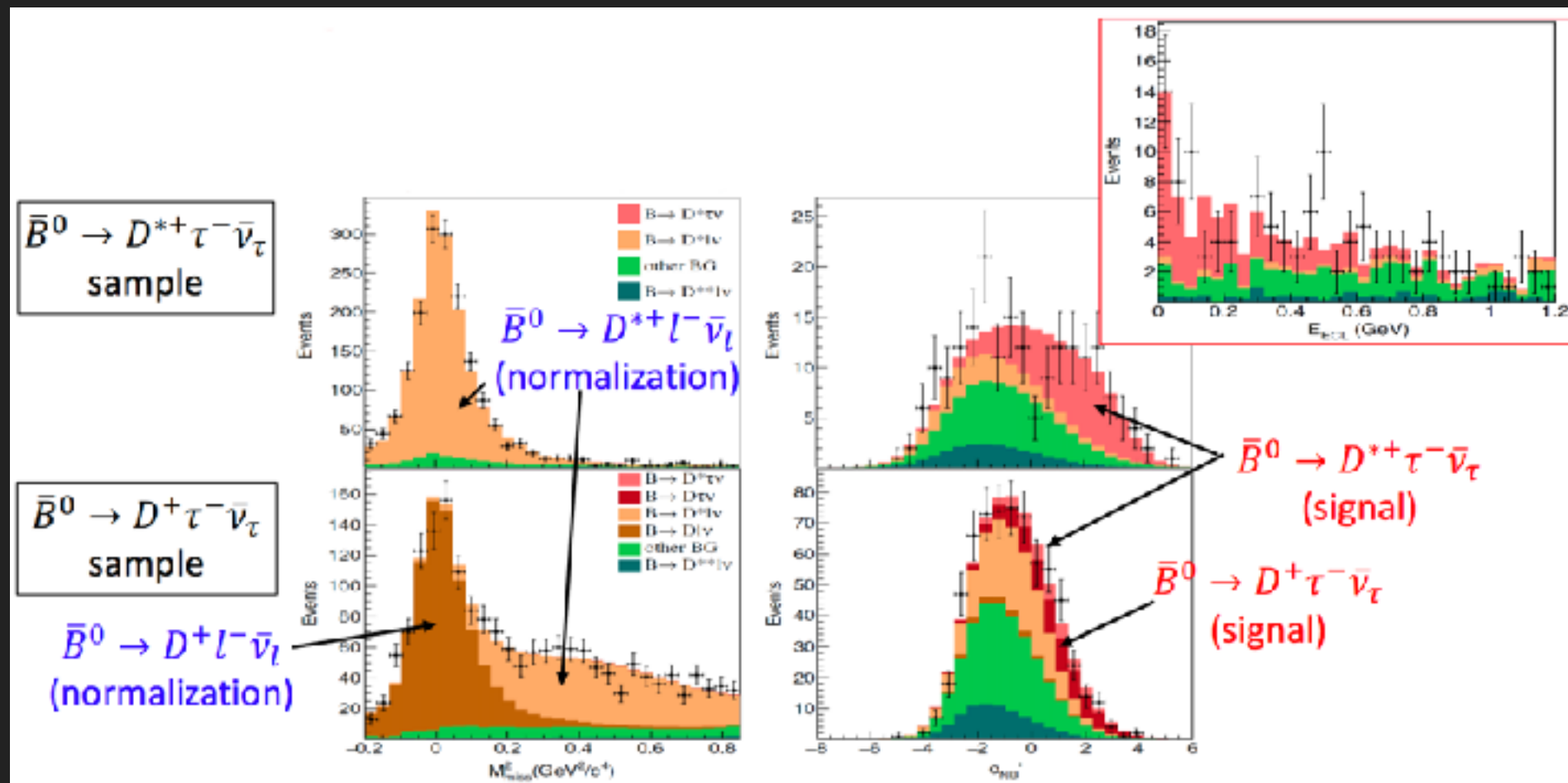
- ▶ Phase 1 (2016): haces sin colisiones, cósmicos.
- ▶ Phase 2 (2018): colisiones, detector completo, excepto el detector de vértices.
- ▶ Phase 3 (final 2018-2024): Belle 2 completo.

MÉTODO DE ANÁLISIS



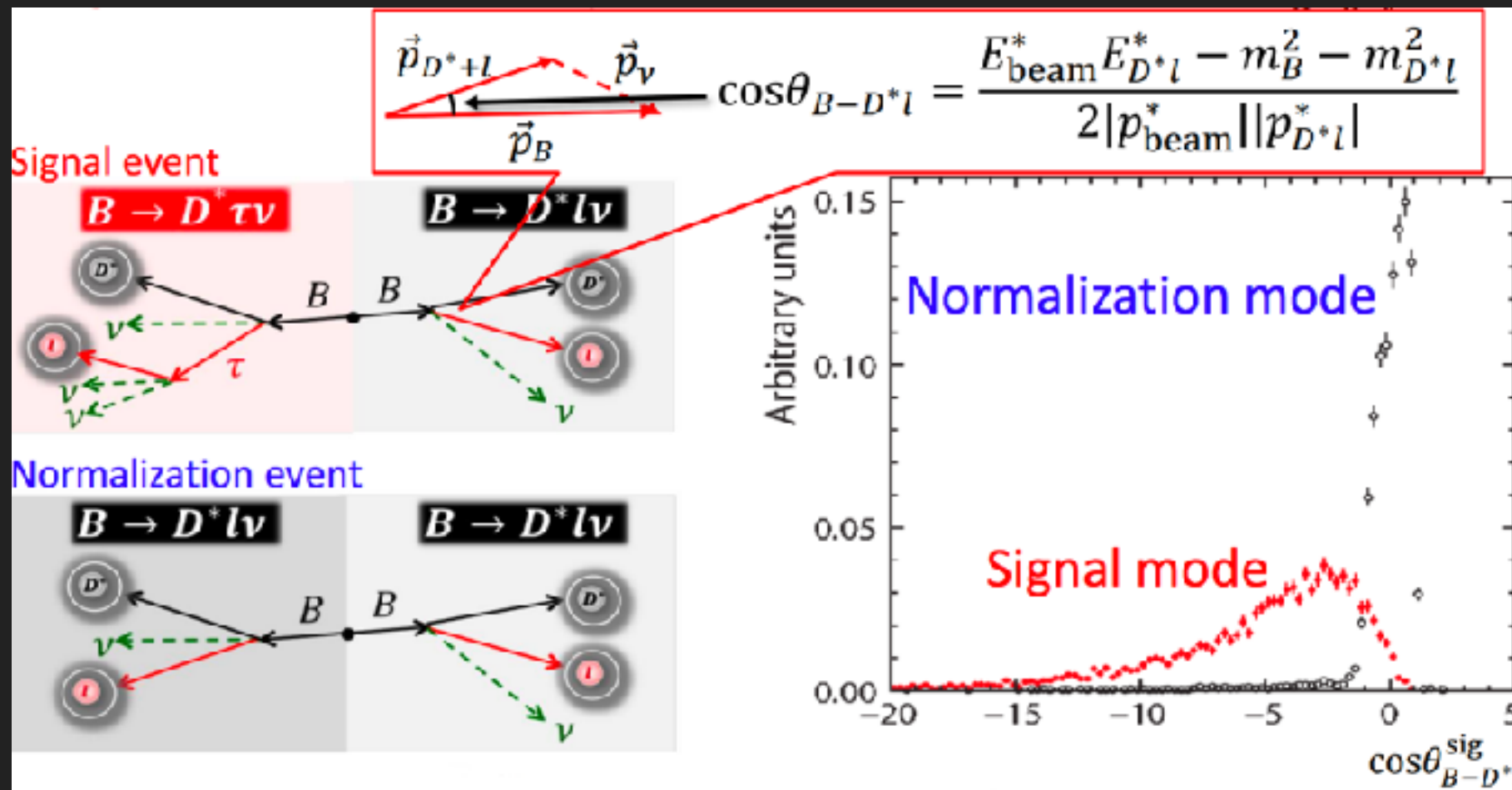
TRES MÉTODOS DE ANÁLISIS

- ▶ Tag hadrónico: Se buscan decaimientos hadrónicos del meson B que acompaña a la señal. Toda la energía perdida se atribuye a la señal.
- ▶ Tag leptónico: Se reconstruye el meson B del otro lado con decaimiento semileptónico. Existe pérdida de energía, pero es muy abundante.
- ▶ Untagged: Se reconstruye primero al señal. Se usa la topología de los eventos para discernir entre decaimientos de B, y otros eventos.



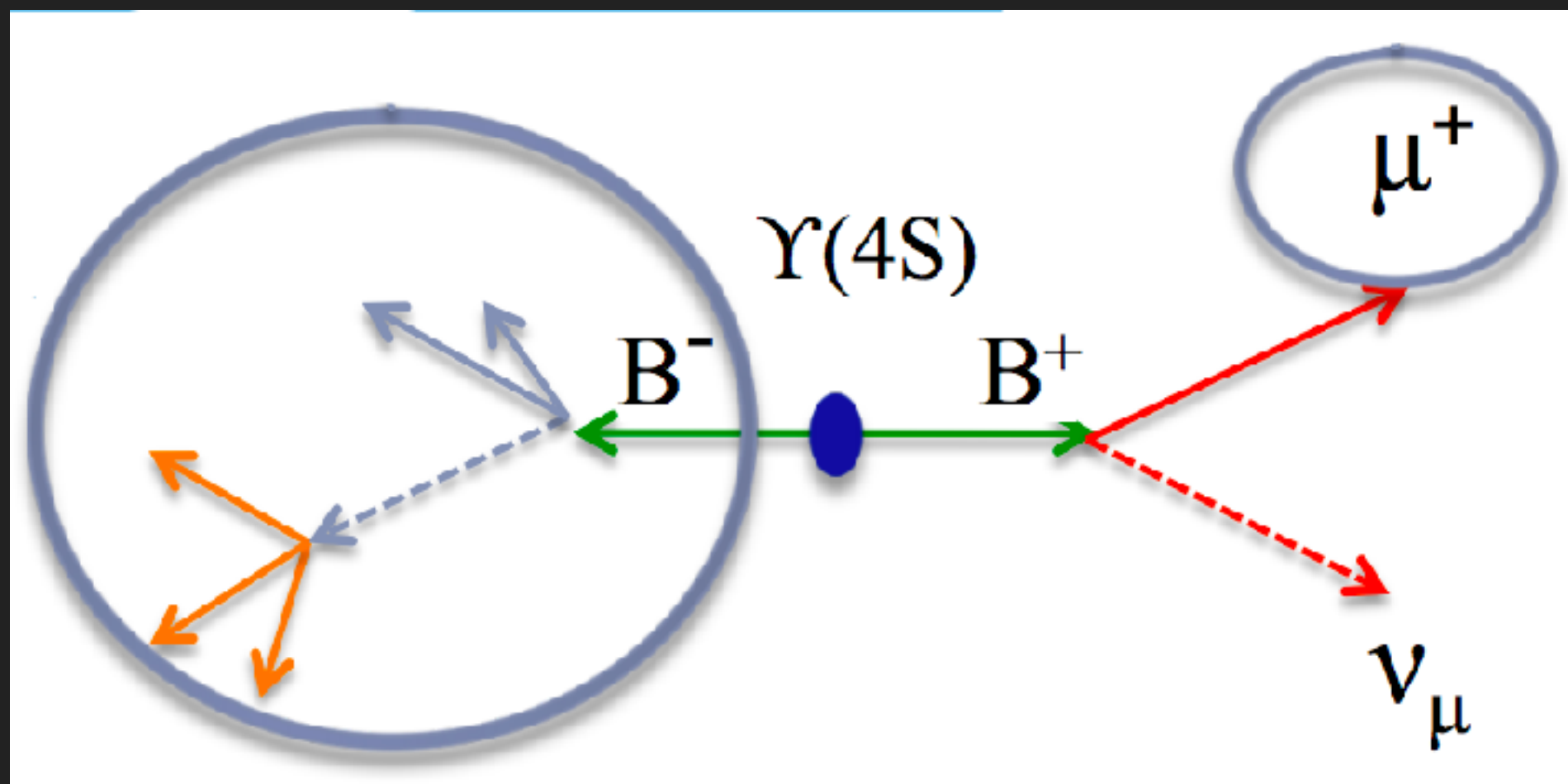
CARACTERÍSTICAS

- ▶ Debido a que se puede reconstruir todo el evento, excepto el/los neutrinos del lado de la señal, es una muestra muy limpia, sin embargo con estadística limitada.
- ▶ La energía depositada en el calorímetro que no está asociada a las partículas de los decaimientos, y la masa faltante, son las variables más importantes para identificar los eventos de señal.
- ▶ La masa faltante permite distinguir los eventos con leptón τ de los que no lo tienen.



CARACTERÍSTICAS

- Se usa la Energía depositada en el calorímetro para separar señal de background.
- Se asume que sólo una partícula sin masa no es detectada.
- Se usa el ángulo entre B y la combinación del mesón D y el leptón para entrenar un método multivariable para distinguir entre los eventos con un leptón τ o sin él.



CARACTERÍSTICAS

- ▶ Se reconstruye primero el lado de señal.
- ▶ No se intenta reconstruir explícitamente el mesón B que acompaña a la señal.
- ▶ La variable más importante es la masa constreñida a la energía del haz del mesón B que acompaña a la señal. Se usan características tipológicas para construir un discriminado multivariado.

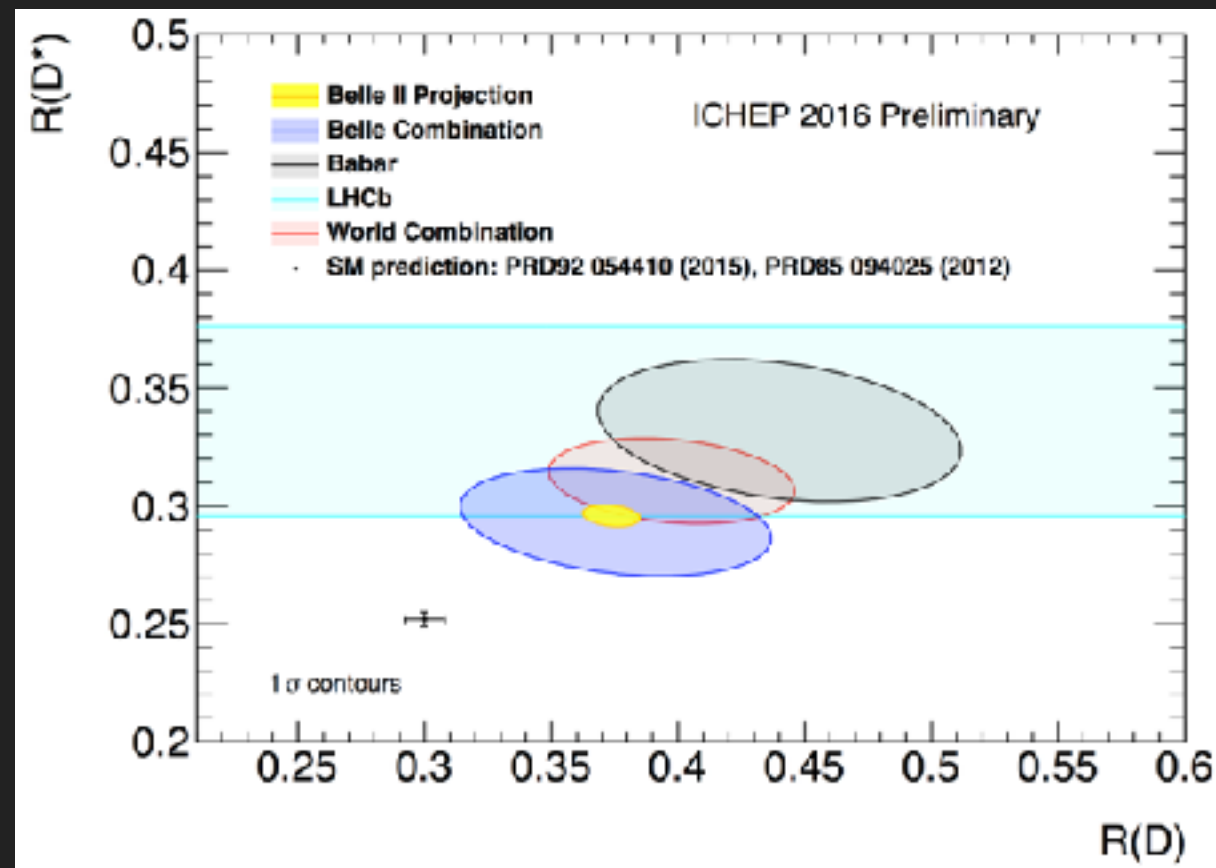
INCERTIDUMBRES SISTEMÁTICAS EN LOS ANÁLISIS DE BELLE

	Experiment	Error profile*	SL tag R_{D^*}	Had tag R_{D^*} , $\tau \rightarrow h \nu$	Had tag R_{D^*} , $\tau \rightarrow l \nu \nu$	Had tag R_D , $\tau \rightarrow l \nu \nu$
1	MC statistics	Gauss	2.2	3.5		
2	$B \rightarrow D^{**} l \nu$ modelling	Uniform	+1, -1.7	0.7	1.5	4.2
3	$B \rightarrow D^* l \nu$	Gauss	+1.3, -0.2	0.8		
4	D^{**} decay modes	Uniform	(in 2)	(in 2)	1.3	3.0
5	Hadronic B decays	Uniform	1.1	4.4		
6	$B \rightarrow D^{**} \tau \nu$	Uniform	(in 2)	2.7		
7	Fake $D^{(*)}$	Gauss	1.4	0.2	0.3	0.5
8	Fake lepton	Gauss		-	0.6	0.5
9	Lepton ID	Gauss	1.2	1.8	0.5	0.5
10	τ Br	Gauss	0.2			
	Total		3.5	7.1	5.2	7.1

INCERTIDUMBRES ESPERADAS EN BELLE II

Table 1: Expected precision on $R(D^{(*)})$ and $P_\tau(D^*)$ at Belle II. The first and the second values are the expected statistical and the systematic errors, respectively. These expectations are shown as the relative (absolute) values for $R(D^{(*)})(P_\tau(D^*))$.

	5 ab^{-1}	50 ab^{-1}
$R(D)$	$(6.0 \pm 3.9)\%$	$(2.0 \pm 2.5)\%$
$R(D^*)$	$(3.0 \pm 2.5)\%$	$(1.0 \pm 2.0)\%$
$P_\tau(D^*)$	0.18 ± 0.08	0.06 ± 0.04



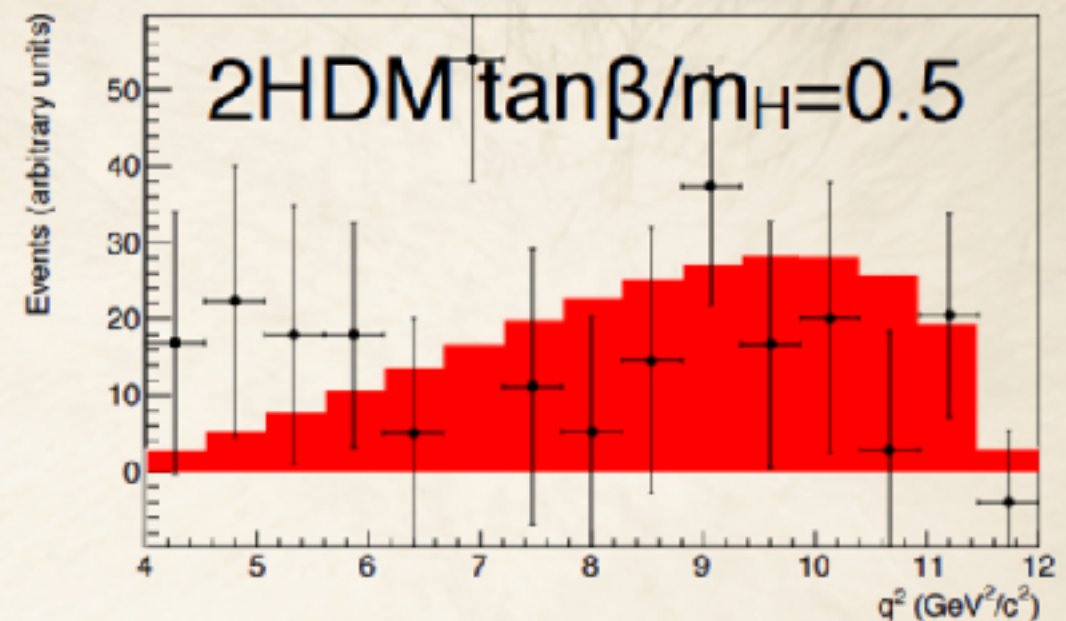
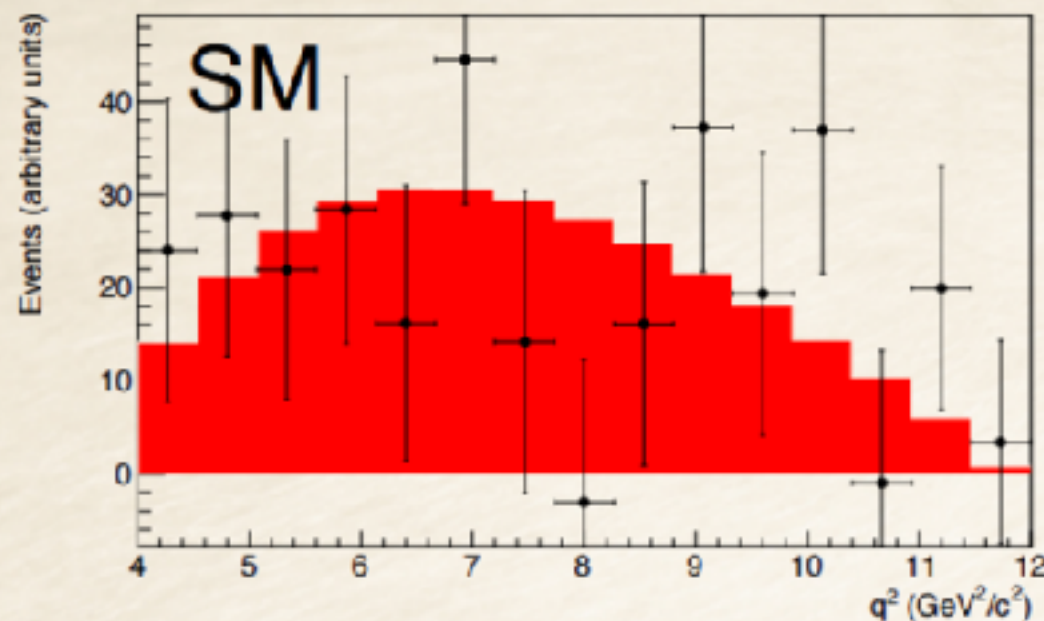
CONCLUSIONES

- ▶ Las pruebas de Universalidad Leptónica son un buen lugar para realizar búsquedas de Nueva Física.
- ▶ El Working Group de Belle está trabajando en escribir el código de reconstrucción para los tres tipos de análisis.
- ▶ También se está trabajando en generar las muestras de MC necesarias para entrenar los métodos multivariados.
- ▶ El algoritmo que permite reconstruir el resto del evento excluyendo las partículas de señal (Full Event Interpretation) está listo para usarse en el software de Belle 2.
- ▶ Se espera reducir las incertidumbres sistemáticas en un orden de magnitud.

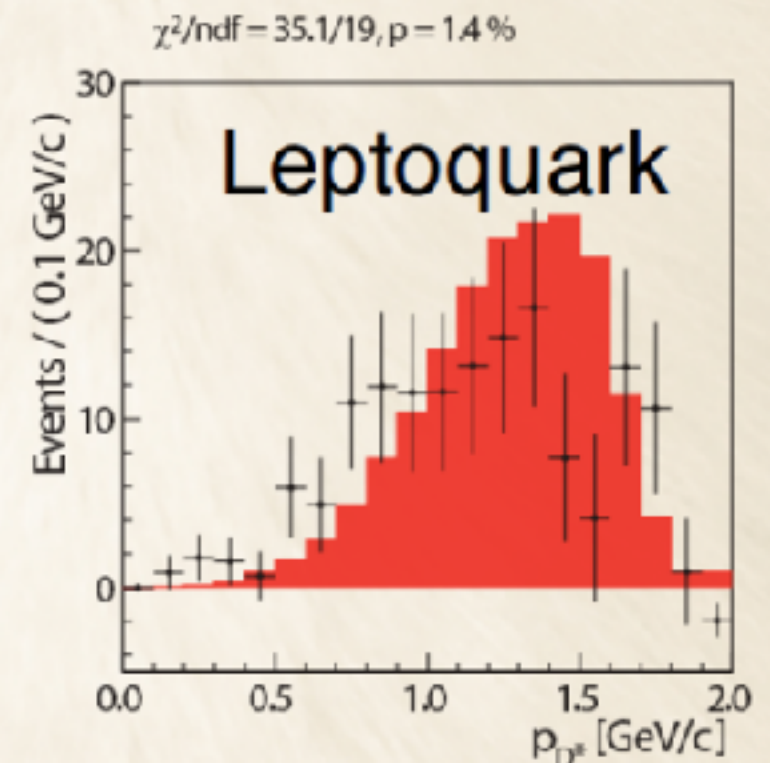
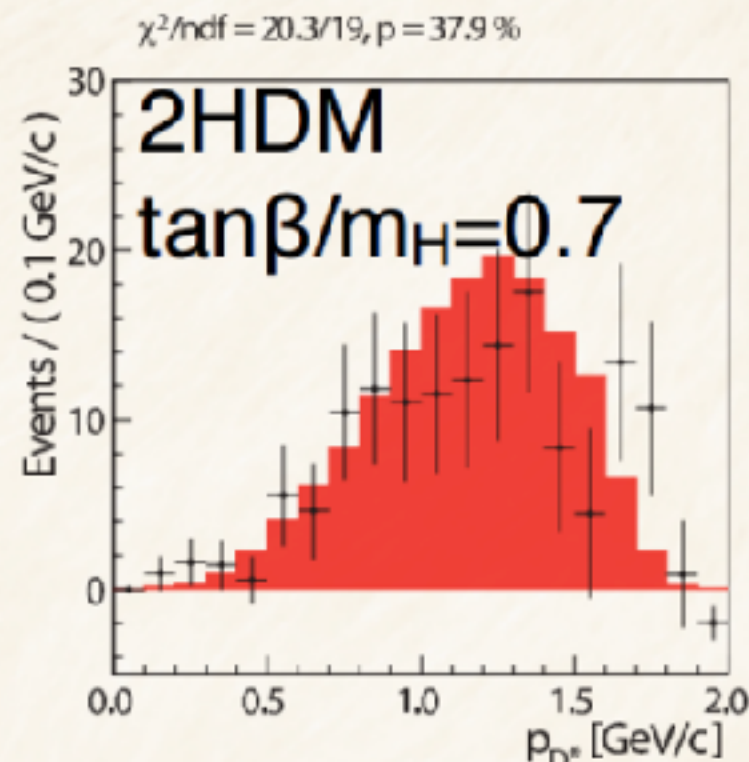
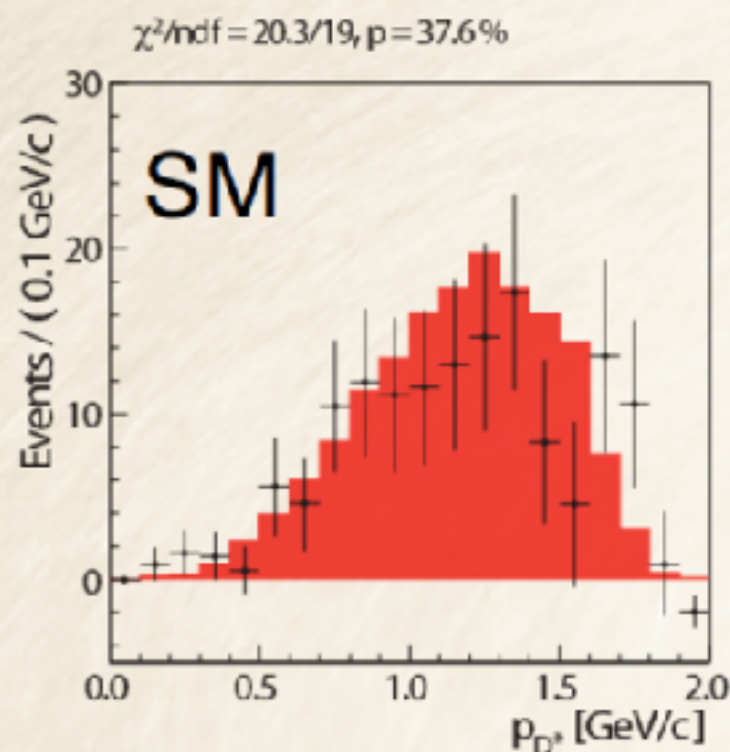
GRACIAS

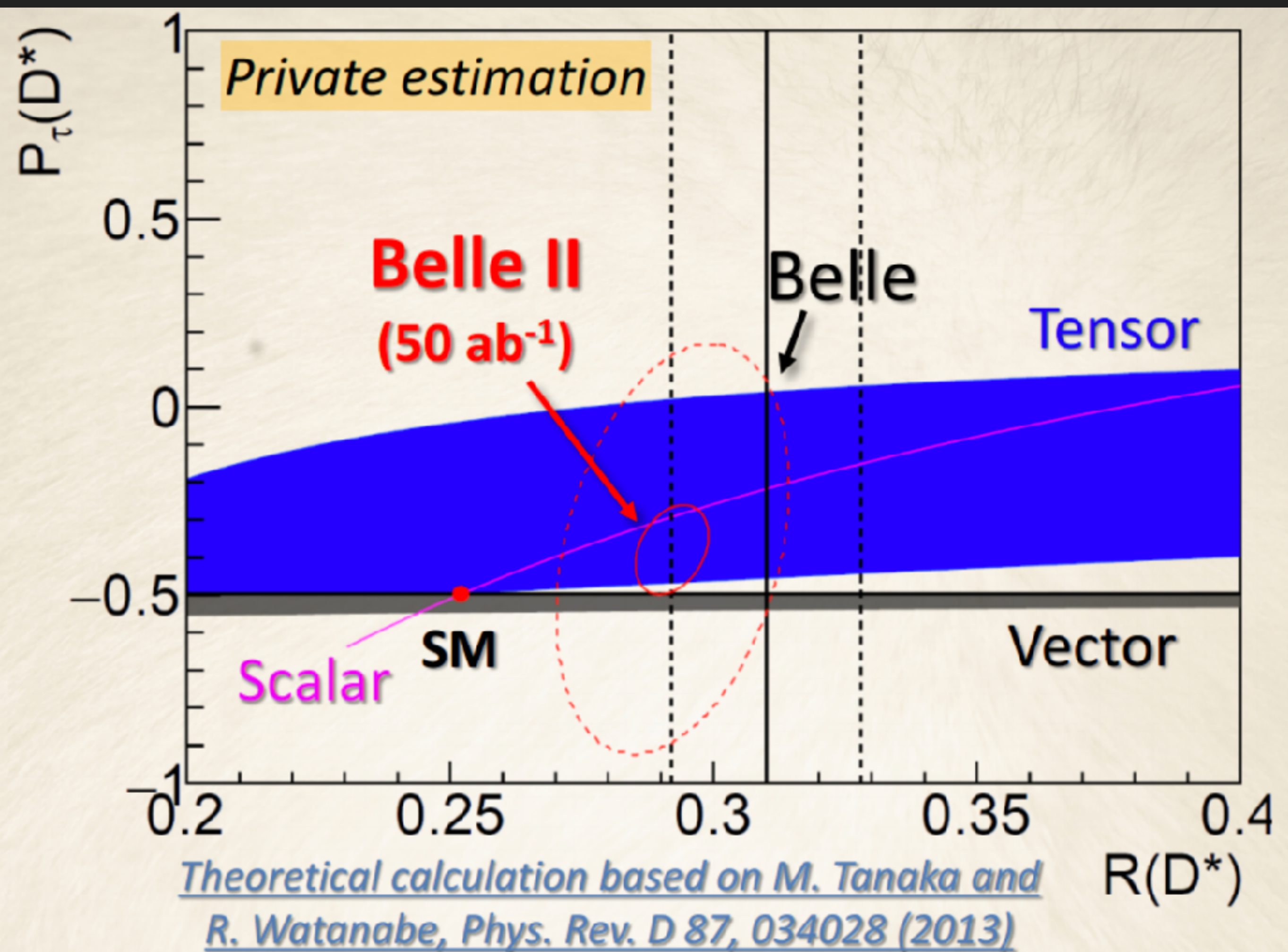
BACK UP

Belle had tag $B \rightarrow D \tau \nu$, Stat errors only! (same case for Babar)



Belle SL tag $B \rightarrow D^* \tau \nu$, Stat errors only.





PROVOCACIÓN



DØ Note 6442-CONF

Measurement of the B_s^0 lifetime in the flavor-specific decay channel $B_s^0 \rightarrow D_s^- \mu^+ X$
with the DØ Detector

Decay channel	Contribution
$D_s^- \mu^+ \nu_\mu$	$(27.5 \pm 2.4)\%$
$D_s^{*-} \mu^+ \nu_\mu \times (D_s^{*-} \rightarrow D_s^- \gamma / D_s^- \pi^0)$	$(66.2 \pm 4.4)\%$
$D_{s(J)}^{*-} \mu^+ \nu_\mu \times (D_{s(J)}^{*-} \rightarrow D_s^{*-} \pi^0 / D_s^- \gamma)$	$(0.4 \pm 5.3)\%$
$D_s^{(*)-} \tau^+ \nu_\tau \times (\tau^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu \nu_\tau)$	$(5.9 \pm 2.7)\%$

$$\frac{\tau_{B_s^0}}{\tau_{B^0}} = 0.964 \pm 0.013 \text{ (stat.)} \pm 0.007 \text{ (syst.)}.$$