

Kršitev simetrije **CP** pri razpadu

$$\begin{matrix} (-) \\ B \end{matrix} \rightarrow \varphi K_S :$$

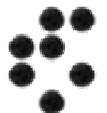
o stopnji presenetljivosti
izmerjenih vrednosti

Tomaž Podobnik

Well, QED is very nice and impressive, but when everything is so neatly wrapped up in blue bows, with all experiments in agreement with each other and with theory - that is when one is learning absolutely nothing!

R.Feynman

- [1] K.Abe et al., Belle Collaboration, BELLE-CONF-0344
- [2] T.Browder, "CKM Phases ϕ / β ", Lepton-Photon 2003
- [3] P.Križan, Znanost 22. septembra 2003, str. 3
- [4] B.G., M.B., P.K., I.B.



Kratka ponovitev:

$$Y(4S) \rightarrow B\bar{B} \rightarrow \underbrace{\varphi K_S}_{\substack{(-) \\ B}} + q$$

$q = \pm 1$: oznaka enega izmed okusov ob razpadu (B ali \bar{B})

Δt : čas med razpadoma mezonov B



Pričakovana porazdelitev po Δt :

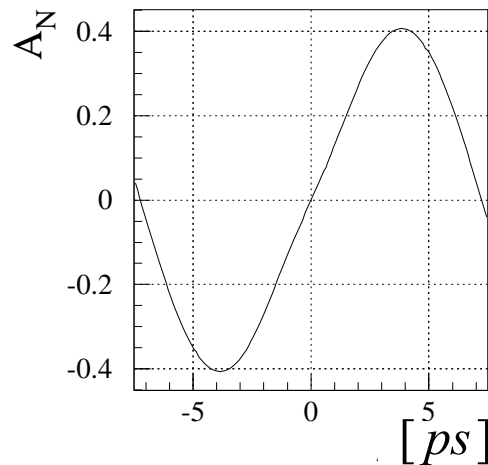
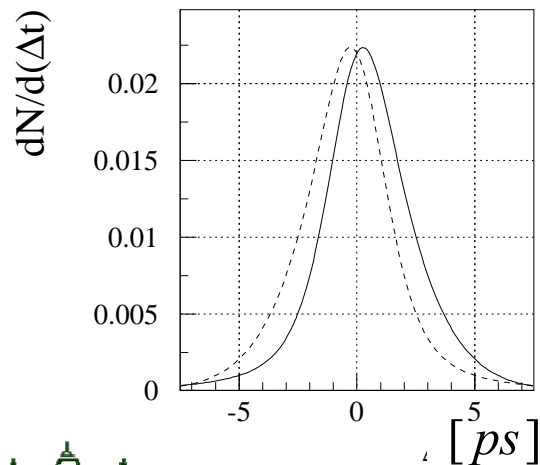
$$\frac{1}{N} \frac{dN}{d(\Delta t)} = \frac{e^{-|\Delta t|/\tau_B}}{4\tau_B} \left\{ 1 + q \left[S \sin(\Delta m \Delta t) + A \cos(\Delta m \Delta t) \right] \right\}$$

- ~~CP~~: **S** ali **A** $\neq 0$
- **SM**: $S = \sin(2\phi_1)$ in $A \approx 0$
- predhodne meritve ($J/\psi K_S$): **$S \approx 0.73$**



Meritev asimetrije:

- končna ločljivost Δt ($\sim 0,85$ ps) \Rightarrow konvolucija
 - delež w_1 napačno označenih razpadov
 - delež w_2 ozadja $(\bar{B}) \rightarrow K^+K^-K_S$
- } $w = w_1 + w_2$
} $q \rightarrow q(1 - 2w)$
- ozadje iz kontinuuma pod resonanco



$$S = 0.732$$

$$A = 0$$

$$w = 0.2$$

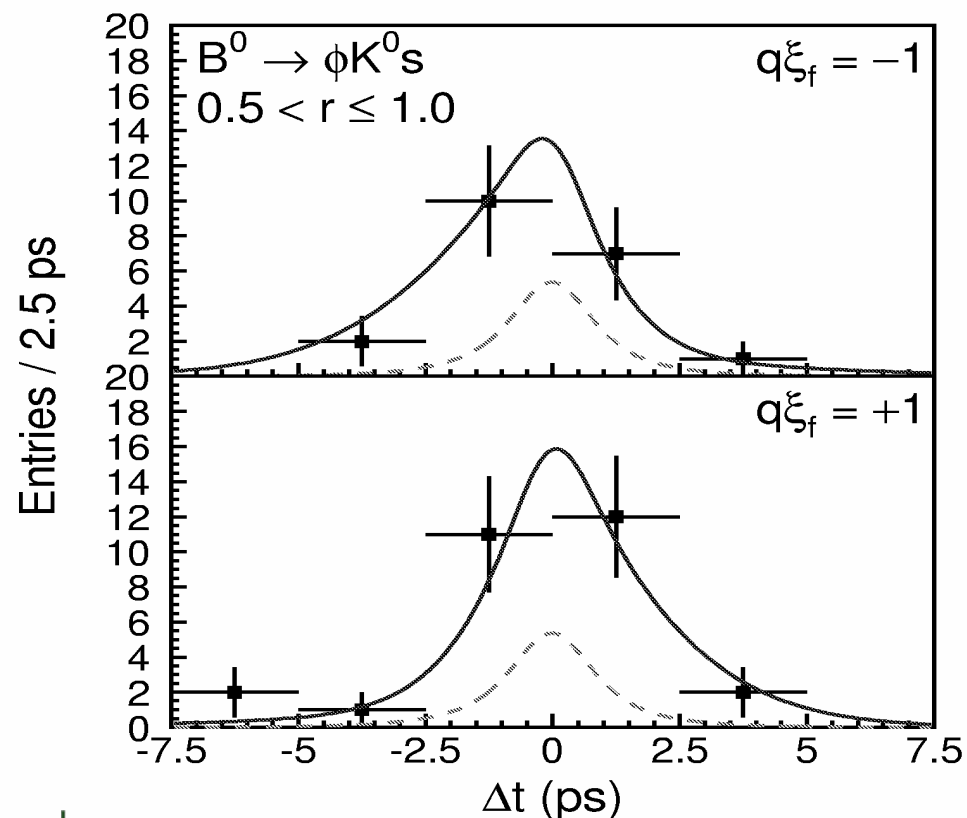
$$\sigma_{\Delta t} = 0.85 \text{ ps}$$

brez ozadja



Meritev Belle :

• w in $\sigma(\Delta t)$ za vsak dogodek posebej [1],[2]



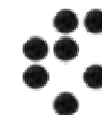
• S in A edina prosta parametra [1], [2]

$$S = -0.96 \pm 0.50^{+0.09}_{-0.11}$$

$$A = -0.15 \pm 0.29 \pm 0.07$$

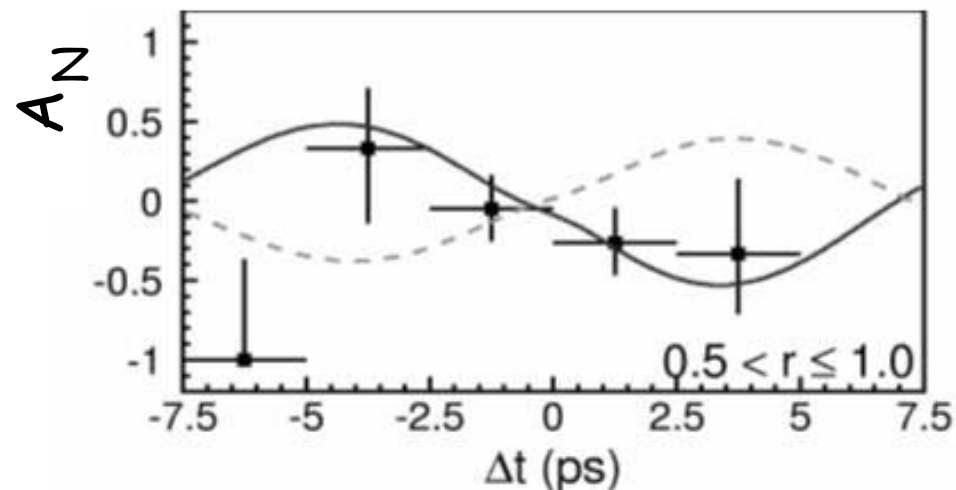
$$A = -0.99 \pm 0.50$$

$$S \equiv 0$$



• Asimetrija A_N :

$$A_N = \frac{N_{q=+1} - N_{q=-1}}{N_{q=+1} + N_{q=-1}}$$



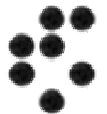
“Polna črta prikazuje najboljšo ujemanje z meritvami, napoved Standardnega modela pa prikazuje črtkana krivulja. Očitno je, da se slednja **ne ujema** z meritvijo.”
[3]

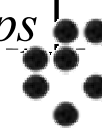
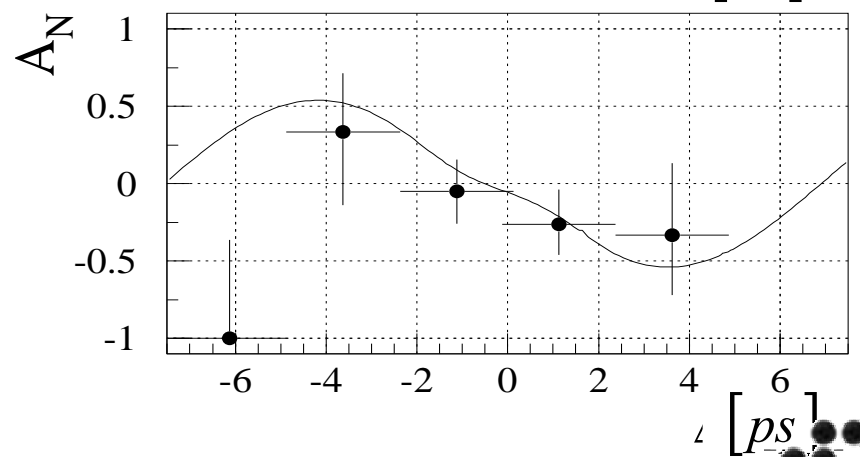
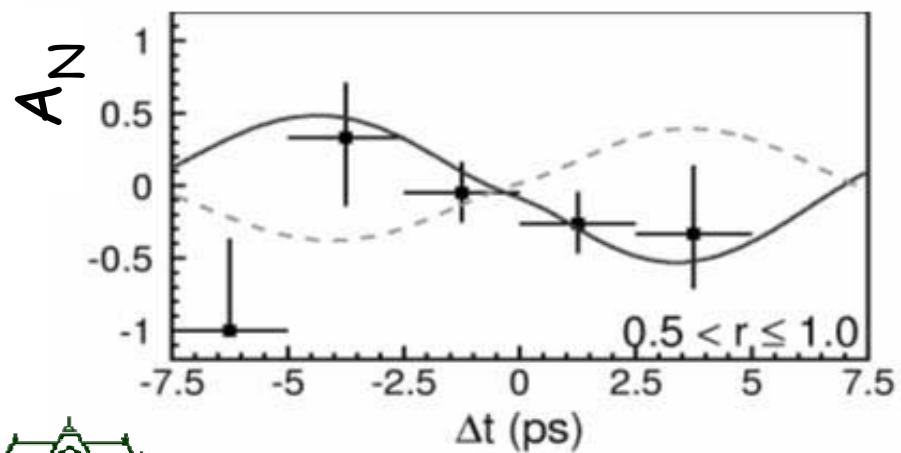
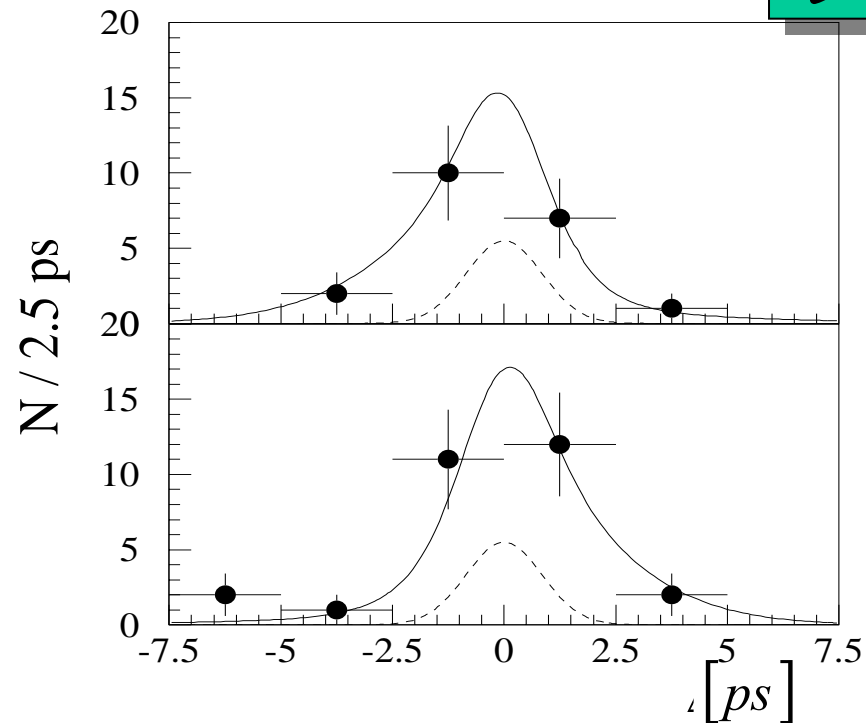
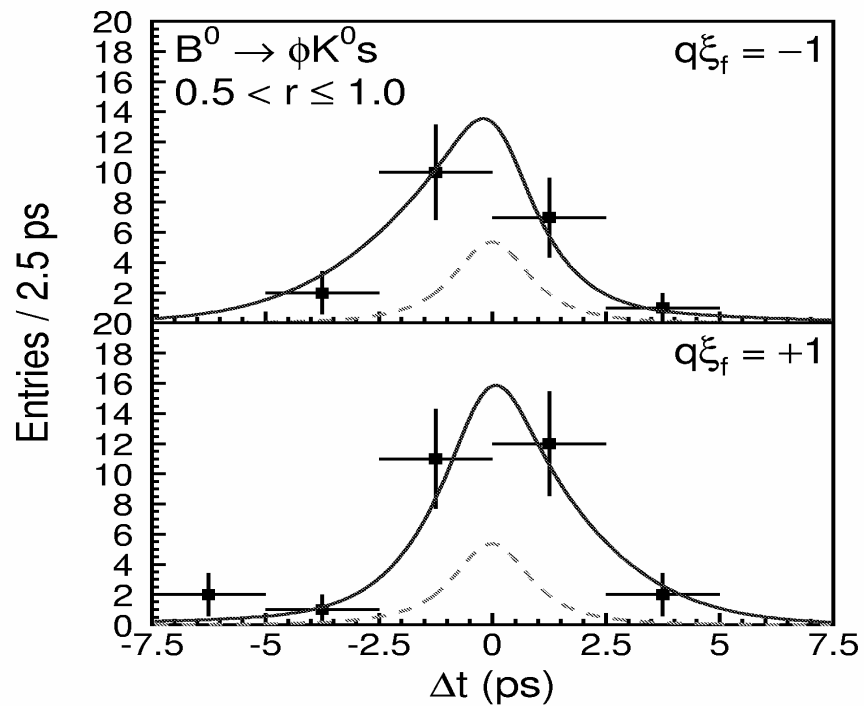
Pomislek #1: Ali je ujemanje polne črte in meritev res najboljše?

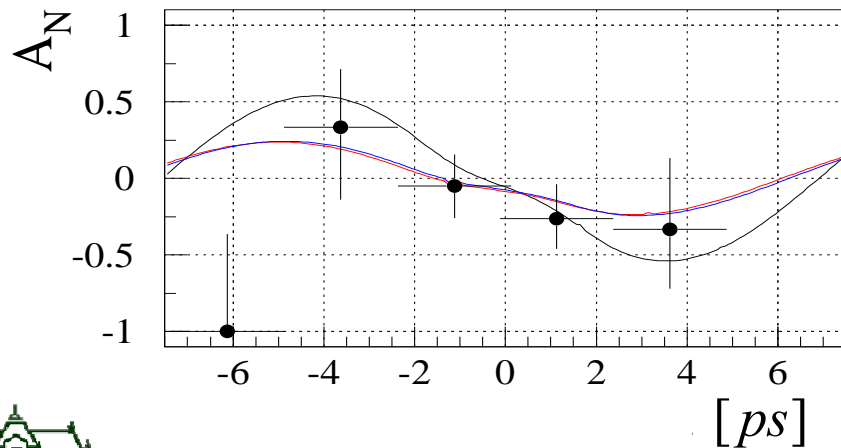
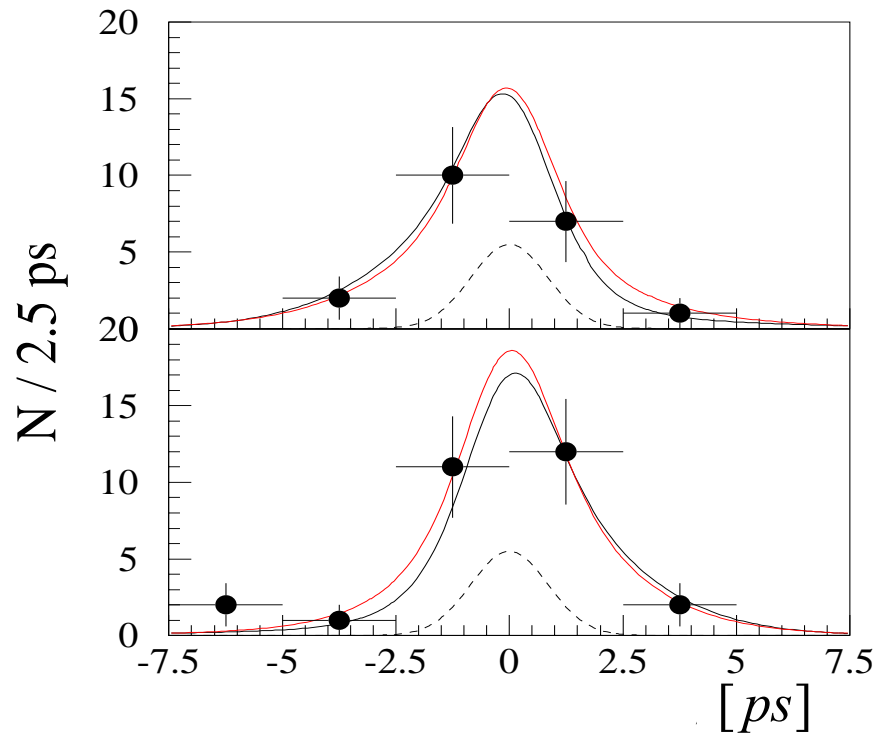


Lastna ocena:

- **približna** metoda (povprečne vrednosti $\sigma(\Delta t)$ in w)
- $\sigma(\Delta t) = 0.85$ ps
- $1 - 2w = 0.62$; $w = 12\% + 7\%$ (KKK)
- Normalizacija: skupno število izmerjenih dogodkov (48)
- Pričakovano ozadje: 4,68/vzorec [2]
- $S = -0.96$, $A = -0.15$
- primerjava z Belle







$$\ln L = \sum_i N_i \ln \mu_i - \mu_i; \quad \frac{dN}{d(\Delta t)}$$

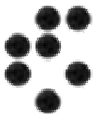
$$S = -0.37 \pm 0.59$$

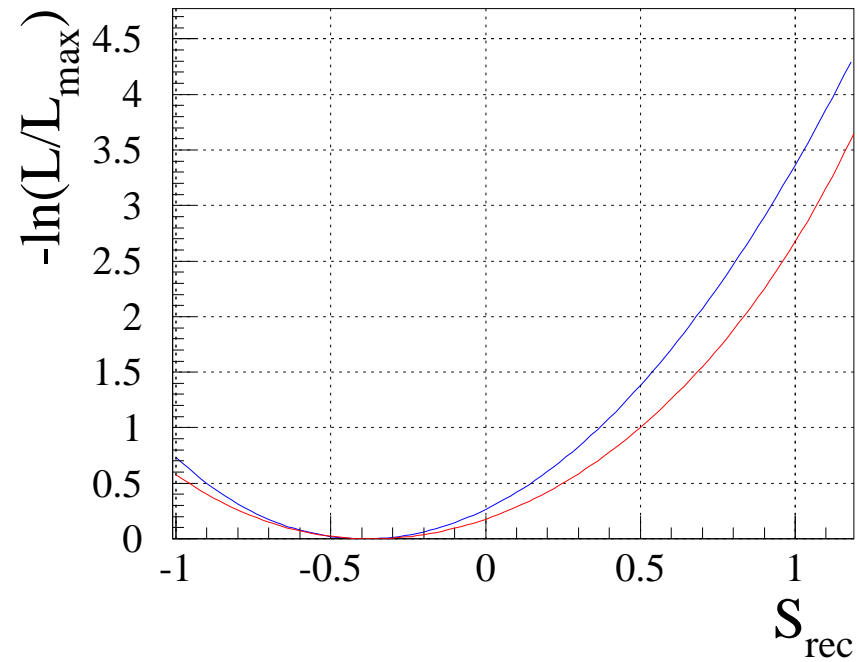
$$A = -0.21 \pm 0.37$$

$$\ln L = -\sum_i \frac{(A_i - \bar{A}_i)^2}{2\sigma_i^2}; \quad A_N$$

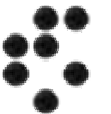
$$S = -0.39 \pm 0.50$$

$$A = -0.19 \pm 0.36$$



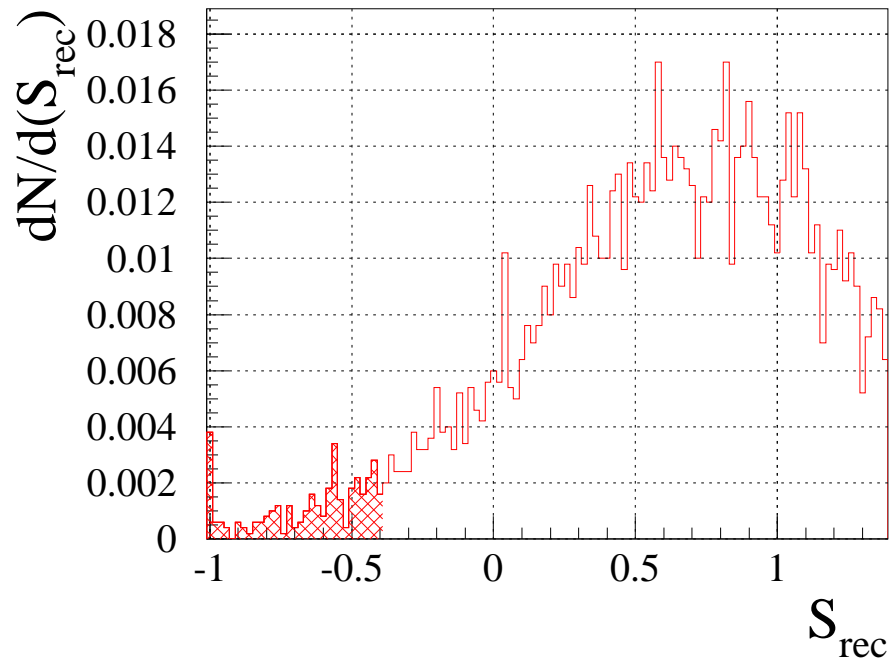


• $S=0$ bolje opiše meritev od $S(\text{Belle})=-0.96$ (!?)



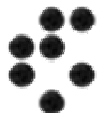
Signifikantnost $S(J/\psi K_S) - S(\phi K_S)$:

- MC eksperimenti
- Vhodne vrednosti: $S = +0.73$, $A = 0$



$$\frac{N(S_{rec} < -0.38)}{N_{all}} \approx 4\%$$

$$\frac{N(S_{rec} < -0.96)}{N_{all}} \approx 0,4\%$$



“**Verjetnost**, da je izmerjena vrednost posledica naključja, je manjša od **desetinke odstotka**.” [3]

Pomislek #2: Ali je objavljena signifikanca pravilna?

Pomislek #3: Ali je formulacija sprejemljiva v okviru frekventistične statistike?



- Frekventistični pristop: verjetnost samo za naključne količine
- S_{rec} : naključna količina
- $S=0.732$ ($H=SM$): ni naključna količina
- $P(S_{rec} < S(\text{Belle/TP}) | S=0.732) = 0,4\% / 4\%$
- ne moremo delati zaključkov o parametrih porazdelitve (o konsistentnosti SM) !!!?

Pomislek #4: Ali je formulacija sprejemljiva v okviru Bayesovega pristopa?



• **Bayesov pristop**: verjetnost = stopnja zaupanja
(tudi za fiksne neznane količine, hipoteze, ...)

$$\cdot P(H|S(\text{Belle}/\text{TP})) \sim P(H) \times P(S(\text{Belle}/\text{TP})|H)$$

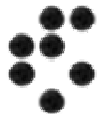
• $P(S(\text{Belle}/\text{TP})|H)$: zanesljivost (likelihood)

• $P(H|S(\text{Belle}/\text{TP}))$: verjetnost a posteriori

• $P(H)$: verjetnost a priori

• primer: $P(H) \sim \delta(S - 0.732)$
 $\Rightarrow P(H|S(\text{Belle}/\text{TP})) \sim 1$

• primer: šolski poskus s kroglicami



Verjetnost majhna v primerjavi s čim?

- H_1 : SM **je** konsistentna teorija, $S \sim 0.732$
- H_2 : SM **ni** konsistentna teorija, $S \sim -0.96$,
za razliko je kriv dodaten delec
(SUSY ?) [3]

$$\frac{P[H_1 | S(Belle)]}{P[H_2 | S(Belle)]} = \frac{P(H_1) P[S(Belle) | H_1]}{P(H_2) P[S(Belle) | H_2]}$$

Bayesov
faktor

$$\frac{P(H_1)}{P(H_2)} \gg 1 \Rightarrow \frac{P[H_1 | S(Belle)]}{P[H_2 | S(Belle)]} \gg \frac{P[S(Belle) | H_1]}{P[S(Belle) | H_2]}$$

!!?!?!



Verjetnost in igre na srečo (Poincaré, de Finetti)

- p : verjetnost, da je izjava H_1 resnična
- $q=1-p$: verjetnost, da je izjava H_1 napačna
(da je H_2 resnična)
- stavim N na H_1 : v primeru zmage dobim N/p
- stavim Nq/p na H_2 : v primeru zmage spet
poberem N/p
- koherenca: prava vrednost $p \Rightarrow$ vseeno ali
stavim na H_1 ali H_2



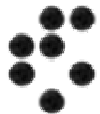
• $p \lesssim 0,1\%$ [3]

• stavim 10,000.00 SIT na H_1

Pomislek #5: Ali je kdo iz Belle pripravljen sprejeti stavo?



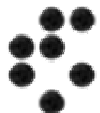
- subjektivna (Bayesova) interpretacija \neq anarhija
- osnovna pravila: koherenca
- pri statističnih zaključkih moramo upoštevati vso informacijo, ki nam je na voljo (vse meritve, za katere nismo prepričani, da so napačne)



- “Nedavno je na osrednji letošnji konferenci fizikov osnovnih delcev v Batavii pri Chicagu enega izmed najbolj vročih rezultatov objavila mednarodna raziskovalna skupina **Belle**.” [3]

• **BaBar**:

$$\begin{cases} S = 0.45 \pm 0.43 \pm 0.07 \\ A = 0.38 \pm 0.37 \pm 0.12 \end{cases}$$



Pomislek #6: Ali je res vsaka reklama boljša od nikakršne reklame?

