Jan Czerniawski

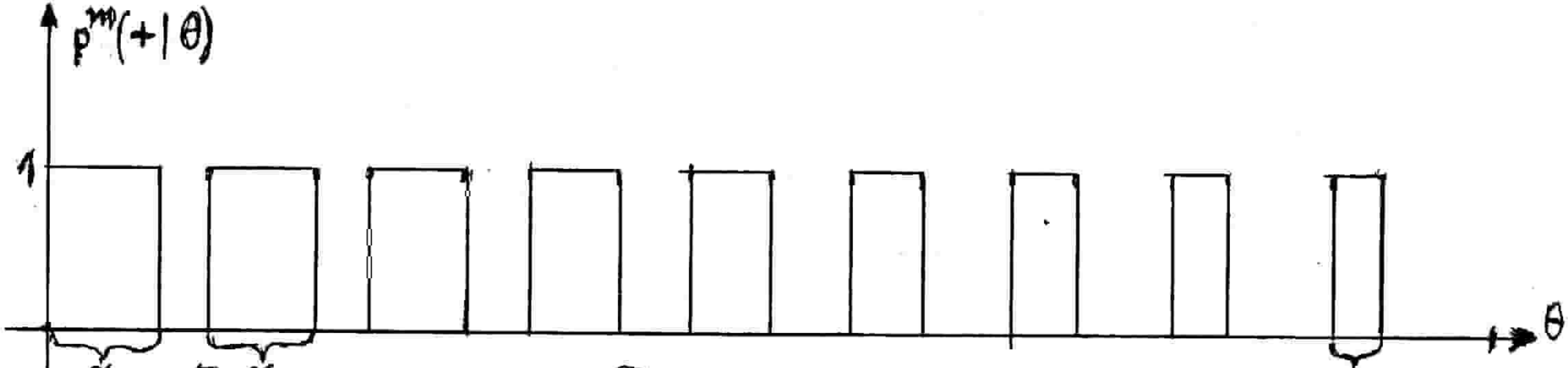
Potencjalny kontrmodel dla twierdzenia Bella

Potencjalny kontrmodel dla twierdzenia Bella

- **Twierdzenie Bella**
  - **Ogólne:**
    - **istnieje przewidywanie mechaniki kwantowej, którego nie odtworzy żaden model lokalny i realistyczny**
  - **Szczególne:**
    - **istnieje przewidywanie mechaniki kwantowej dotyczące eksperymentu EPR-B, którego nie odtworzy żaden model lokalny i realistyczny**
  - **Właściwe:**
    - **żaden model lokalny i realistyczny eksperymentu EPR-B nie odtworzy zarazem doskonałej (anty)korelacji i łamania nierówności Bella**
    - **lokalny: brak wpływu pomiaru spinu jednej cząstki na pomiar spinu drugiej, oddzielony interwałem przestrzennopodobnym**
    - **realistyczny: stan cząstki przed pomiarem determinuje wynik pomiaru**
    - **hipoteza Bella czy twierdzenie Bella a kontrmodel aktualny czy potencjalny**
  - **Problem:**
    - **przewidzieć doskonałą (anty)korelację pozwala tylko model deterministyczny, ale…**
    - **taki model nie pozwala przewidzieć łamania nierówności Bella**
    - **aby przewidzieć jedno i drugie, model musiałby być zarazem deterministyczny i indeterministyczny**

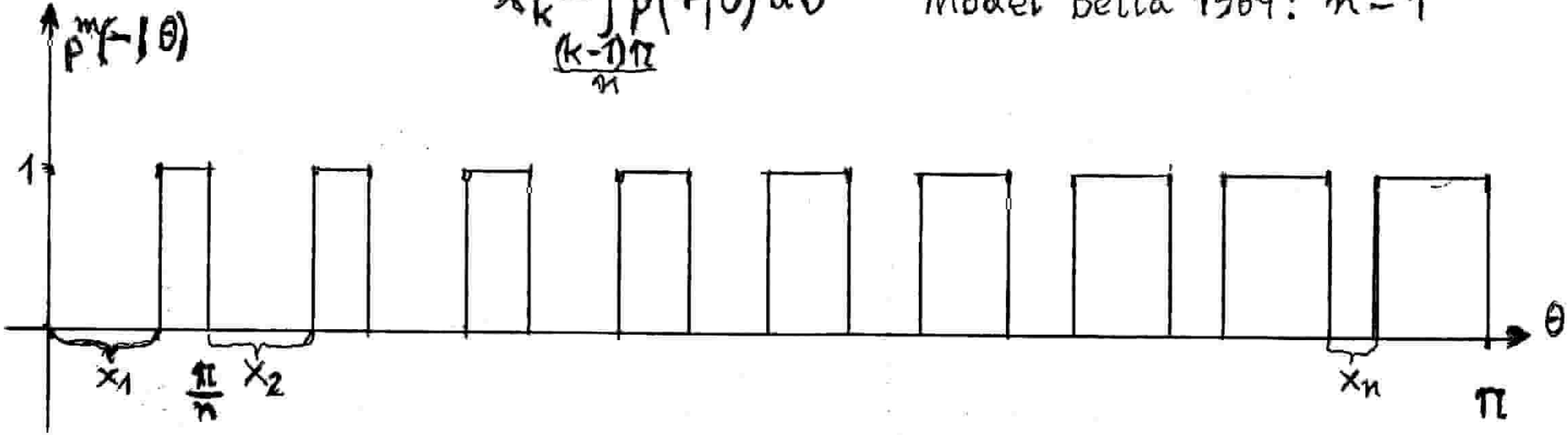
Potencjalny kontrmodel dla twierdzenia Bella

- **Model pomiaru spinu pojedynczej cząstki**
  - **„Czarnoskrzynkowy" charakter modelu:**
    - **znane tylko (probabilistyczne) funkcje odpowiedzi, ale nie stojący za nimi mechanizm**
  - **Dwa poziomy opisu – warunki eksperymentu określone przez pomiary:**
    - **nieskończenie dokładne – „metafizyczny"**
    - **skończenie dokładne - fizyczny**
  - **Pomiar spinu jako proces deterministycznie chaotyczny:**
    - **deterministyczny na poziomie „metafizycznym"**
    - **indeterministyczny na poziomie fizycznym**
    - **funkcja odpowiedzi na poziomie „metafizycznym" $p_{\hat{a}}^{m}(A|\hat{\lambda})$ i fizycznym $p_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})$**
    - **zależność wyniku tylko od kąta między $\hat{a}$ i $\hat{\lambda}$ – określone są $p^{m}(A|\theta)$ i $p(A|\theta)$**
- **Model eksperymentu EPR-B**
  - **Model pomiarów na pojedynczej parze EPR-B:**
    - **stan każdej cząstki pary „negatywem" stanu drugiej – doskonała (anty)korelacja**
  - **Model pomiarów przy nieznajomości $\hat{\lambda}$:**
    - **jednorodny zespół statystyczny dla różnych $\hat{\lambda}$**
    - **funkcje odpowiedzi $p_{\hat{a},\hat{b}}^{m}(A,B|\hat{\lambda})$ i $p_{\hat{a},\hat{b}}(A,B|\hat{\lambda})$**
    - **$\hat{\lambda}$ jako jedyna zmienna ukryta**



$$x_k = \int_{\frac{(k-1)\pi}{n}}^{\frac{k\pi}{n}} p(+|\theta)\, d\theta$$

Model Bella 1964: $n=1$



- **Przewidywania**
  - **Doskonała (anty)korelacja:**
    - **zachodzi dla pojedynczej pary:**
      $p^{m}_{\hat{a},\hat{a}}(A,A|\hat{\lambda}) = p^{m1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})p^{m2}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda}) = p^{m}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})p^{m}_{\hat{a}}(A|-\hat{\lambda}) = 0$ **, więc** $p_{\hat{a},\hat{a}}(A,A|\hat{\lambda}) = 0;$
    - **wyniki pomiarów spinu pojedynczych cząstek różne dla różnych par, ale…**
    - **dla każdej pary przeciwne, więc zachodzi też dla całego zespołu**
  - **Łamanie nierówności Bella:**
    - **na poziomie „metafizycznym" model jest deterministyczny, więc**
      $$p^{m1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda}) = 1 \text{ lub } 0\,,\ p^{m2}_{\hat{b}}(B|\hat{\lambda}) = 1 \text{ lub } 0\,,\ p^{m}_{\hat{a},\hat{b}}(A,B|\hat{\lambda}) = 1 \text{ lub } 0\,,$$
      zatem może być: $p^{m}_{\hat{a},\hat{b}}(A,B|\hat{\lambda}) = p^{m1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})p^{m2}_{\hat{b}}(B|\hat{\lambda})$;
    - **na poziomie fizycznym model jest indeterministyczny, więc dla** $\hat{a} \neq \pm\hat{\lambda}$ **i** $\hat{b} \neq \pm\hat{\lambda}$ **,**
      $0 < p^{1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda}) < 1$ **i** $0 < p^{2}_{\hat{b}}(B|\hat{\lambda}) < 1$ **, ale w szczególnym przypadku, gdy** $\hat{a} = \hat{b}$ **,**
      $$p_{\hat{a},\hat{a}}(A,A|\hat{\lambda}) = 0, \quad \text{więc} \quad p_{\hat{a},\hat{a}}(A,A|\hat{\lambda}) \neq p^{1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})p^{2}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})\,,$$
    - **zatem model nie spełnia w ogólności warunku lokalności Bella**
      $$p_{\hat{a},\hat{b}}(A,B|\hat{\lambda}) = p^{1}_{\hat{a}}(A|\hat{\lambda})p^{2}_{\hat{b}}(B|\hat{\lambda})\,,$$
      jako kluczowego założenia wyprowadzenia nierówności Bella
    - **nie ma więc dowodu, że musiałby spełniać tę nierówność**