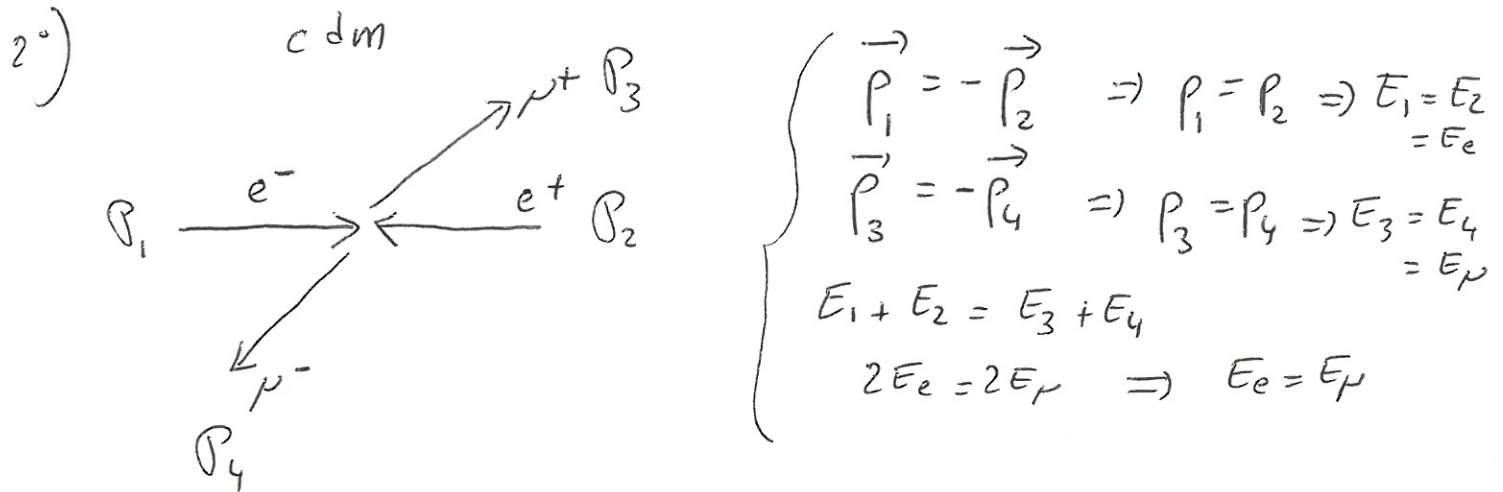
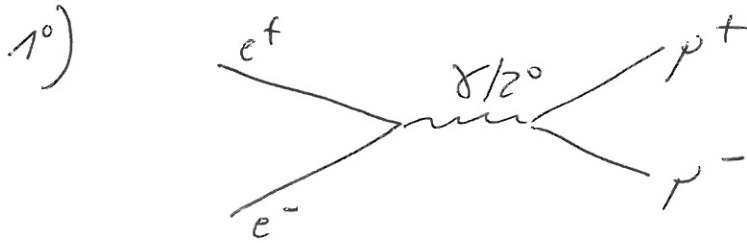


Exo 3:

Exo 1:
Exo 2: Vir covs.
Exo 4:



$$s = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2 = \left(\begin{array}{c} E_1 + E_2 \\ \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \end{array} \right)^2 = \left(\begin{array}{c} E_1 + E_2 \\ \vec{0} \end{array} \right)^2 = \left(\begin{array}{c} 2E_e \\ \vec{0} \end{array} \right)^2 = 4E_e^2 = 4(m_e^2 + p^2)$$

$$t = (\vec{p}_1 - \vec{p}_3)^2 = p_1^2 + p_3^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_3 = m_e^2 + m_\mu^2 - 2(E_e E_\mu - p_e p_\mu \cos\theta)$$

$$u = (\vec{p}_1 - \vec{p}_4)^2 = p_1^2 + p_4^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_4 = m_e^2 + m_\mu^2 - 2(E_e E_\mu + p_e p_\mu \cos\theta)$$

d'après la question posée nous sommes obligatoirement en ultrarelativiste

donc $s = 4p^2$; $t = -2p^2(1 - \cos\theta)$
et $u = -2p^2(1 + \cos\theta)$

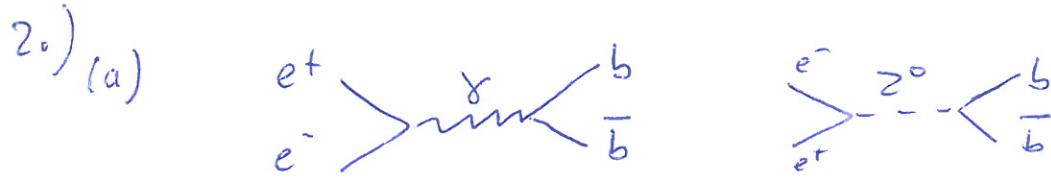
3°)

$$N_{fi} = 4\pi\alpha \frac{u-t}{s} = 4\pi\alpha \frac{-4p^2 \cos\theta}{4p^2} = -4\pi\alpha \cos\theta$$

PHYTEM Problème

(7)

- 1.) (a) \exists de résonances \Rightarrow particules
 (b) Masse et tps de vie
 (c) $\phi(s\bar{s})$; $J/\psi(c\bar{c})$; $\Upsilon(4s) b\bar{b}$



(b) $\sigma = 3 \cdot 10^{-6} \times 8 = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ mb} \Rightarrow N(\Upsilon(4s)) = 2,4 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-24} \times 0,5 \cdot 10^{31} \approx 0,1 \text{ s}^{-1}$

(c) Masse centre de la Breit Wigner
 tps de vie lié à la largeur

$M(\Upsilon(4s)) = 10,58 \text{ GeV}$

$\Gamma \approx 17 \text{ MeV}$

$6 \text{ fm} \Rightarrow 0,1 \text{ GeV}$

$1 \text{ mm} \Rightarrow \frac{0,1 \text{ GeV}}{6} = 17 \text{ MeV}$

$\Rightarrow c\tau = \left(\frac{\Gamma}{4c}\right)^{-1} = \left(\frac{17 \text{ MeV}}{200 \text{ MeV}\cdot\text{fm}}\right)^{-1}$

$c\tau = 11,8 \text{ fm}$

$\Rightarrow \tau = \frac{11,8 \cdot 10^{-15}}{3 \cdot 10^8} = 4 \cdot 10^{-23} \text{ s}$

3.) (a) $\vec{P}^*(M_Y) = \vec{P}_1^* \begin{pmatrix} E_{1B}^* \\ \vec{p}_1^* \end{pmatrix} + \vec{P}_2^* \begin{pmatrix} E_{2B}^* \\ \vec{p}_2^* \end{pmatrix}$

$\vec{P}_1^* = (\vec{P}^* - \vec{P}_2^*)^2 \Rightarrow \pi_B^2 = M_Y^2 + \pi_B^2 - 2\pi_Y E_B$

(c) $P_B = \sqrt{E_{1B}^2 - M_B^2} = \frac{1}{2} \sqrt{M_Y^2 - 4M_B^2} \Rightarrow E_B = E_{2B} = \frac{\pi_Y}{2}, \quad \beta = \frac{\sqrt{\pi_Y^2 - 4M_B^2}}{\pi_Y} = 0,06$

(b) $\bar{d} = \gamma \beta c \tau_B, \quad \gamma = \frac{E_B}{\pi_B}, \quad \beta = \frac{P_B}{E_B} \Rightarrow \gamma \beta = \frac{P_B}{M_B}$

$\bar{d} = \frac{1}{4} \frac{\sqrt{E_B^2 - M_B^2}}{M_B} = \frac{\sqrt{M_Y^2 - 4M_B^2}}{4M_B} = 6 \cdot 10^{-2} c \tau_B = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,5 \cdot 10^{-12} = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 27 \mu\text{m}$

(c) faisceau symétrique $\vec{p}_e^- = -\vec{p}_e^+, \quad E_{e^-} = E_{e^+} = \frac{M_Y}{2}$

$$(d) \quad e^+ \rightarrow e^-$$

(2)

Labo

$$(i) \quad P_{e^+} \begin{pmatrix} E_{e^+} \\ \vec{P}_{e^+} \end{pmatrix} \quad P_{e^-} \begin{pmatrix} m_{e^-} \\ \vec{0} \end{pmatrix}$$

cdm à T_{min}

$$\cdot P_Y^* \begin{pmatrix} M_Y \\ \vec{0} \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow (P_{e^+} + P_{e^-})^2 = P_Y^{*2}$$

$$m_e^2 + m_e^2 + 2 P_{e^+} P_{e^-} = M_Y^2$$

$$2 m_e^2 + 2 m_e E_{e^+} = M_Y^2 \Rightarrow E_{e^+} = \frac{M_Y^2 - 2 m_e^2}{2 m_e}$$

$$E_{e^+} = T_{min} + m_e \Rightarrow T_{min} = \frac{M_Y^2 - 2 m_e^2}{2 m_e} - m_e = \frac{2 m_e}{2 m_e} = m_e$$

$$T_{min} = \frac{M_Y^2 - 4 m_e^2}{2 m_e} \approx \frac{M_Y^2}{2 m_e} = \frac{(19.5)^2}{2 \cdot 5.11 \cdot 10^{-6}} = 10^5 \text{ GeV} = 100 \text{ TeV}$$

(ii) Le Υ est produit au repos dans le centre de masse de la réaction. $e^- e^+ \rightarrow \Upsilon(4S)$

Ce centre de masse se déplace dans le Labo relatif

avec $\vec{\beta}_{rel} = \frac{P_{e^+} + P_{e^-}}{E_{e^+} + E_{e^-}}$ $\beta_{rel} = \frac{P_{e^-}}{E_{e^+} + m_e}$

$$\beta_{rel} = \frac{\sqrt{E_{e^-}^2 - m_e^2}}{E_{e^+} + m_e} = \frac{\sqrt{(E_{e^-} - m_e)(E_{e^+} + m_e)}}{E_{e^+} + m_e} = \sqrt{\frac{E_{e^-} - m_e}{E_{e^+} + m_e}}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - \beta^2}} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{E_{e^-} - m_e}{E_{e^+} + m_e}}} = \sqrt{\frac{E_{e^+} + m_e}{2 m_e}}$$

$$\Rightarrow \beta \gamma = \sqrt{\frac{E_{e^-} - m_e}{2 m_e}} \approx \sqrt{\frac{100 \text{ TeV}}{2.511 \cdot 10^{-6} \text{ TeV}}} = \sqrt{\frac{100}{10^{-6}}} = \sqrt{10^8} = 10^4 = 10\,000$$

$$\bar{d} = (\beta \gamma) c \tau_B = 10\,000 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1.5 \cdot 10^{-12} = 4.5 \text{ m.}$$

car \bar{d}^* du B est négligeable!



avec $\vec{p}_{\gamma} = \vec{p}_{e^-} + \vec{p}_{e^+} \Rightarrow p_{\nu} = p_{e^-} - p_{e^+}$
 \hookrightarrow le γ n'est pas au repos.



de 3b $\Rightarrow \bar{d}^* = \frac{\sqrt{M_{\gamma}^2 - 4\beta^2}}{M_{\gamma}}$
 avec $\beta = 0,06$

non relativiste, on peut négliger celle-ci donc il est au repos,

On veut $\bar{d} = (\gamma\beta)_c c\tau_D = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ donc $(\gamma\beta)_c = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{340^8 \cdot 1,5 \cdot 10^{-12}} = 0,44$

$(\gamma\beta)_c = 0,44 = \frac{p_{\gamma}}{m_{\gamma}} \Rightarrow p_{\gamma} = 0,44 \times M_{\gamma}$
 $= 0,44 \times 40,58 \text{ GeV}$
 $= 4,7 \text{ GeV}$

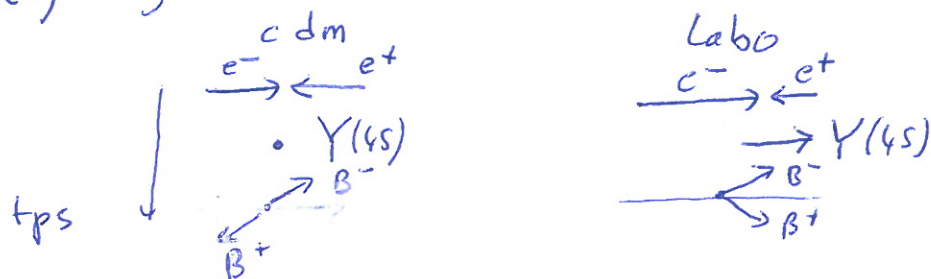
$\Rightarrow p_{\nu} = p_{e^-} - p_{e^+} = 4,7 \text{ GeV}$

Ils sont donc ultra-relativiste
 donc $\Delta E = 4,7 \text{ GeV}$

4° Babar $\xrightarrow[9 \text{ GeV}]{e^-} \xleftarrow[3,1 \text{ GeV}]{e^+}$

(4)

(a) Regardons la réaction $e^+e^- \rightarrow Y(4S) \rightarrow B^+B^-$



On a montré que dans le cdm, les mêmes B^- et B^+ étaient non relativistes, on pourra négliger leur vitesse de ce référentiel et le boost pour aller vers le labo sera celui de $Y(4S)$.

$$\vec{P}_{Y(4S)} = \vec{P}_{e^-} + \vec{P}_{e^+} \Rightarrow |\vec{P}_{Y(4S)}| = 5,9 \text{ GeV}$$

$$\text{on a } M(Y_{4S}) = 10,58 \text{ GeV} \Rightarrow E = \sqrt{5,9^2 + 10,58^2} = 12,11 \text{ GeV}$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{E}{M} = 1,145 \quad \text{et} \quad \gamma\beta = \frac{P}{M} = 0,56$$

Dans le cdm $E_B^* = \frac{M_{Y(4S)}}{2}$

$$E_{\max}^B = \gamma(E_B^* + \beta p_B^*)$$

$$E_{\min}^B = \gamma(E_B^* - \beta p_B^*)$$

Mais on peut négliger p_B^* (non relativiste) donc $E_{\max}^B = E_{\min}^B = \gamma E_B^*$

$$E_{\max}^B = E_{\min}^B = \frac{E_{Y(4S)}}{M_{Y(4S)}} \cdot \frac{M_{Y(4S)}}{2} = \frac{E_{Y(4S)}}{2}$$

(b) On a maintenant $B^+ \rightarrow \tau^+ \nu_\tau$

Dans le référentiel du B^+ (cdm B^+) on a $E_{\tau^+}^* = \frac{M_B^2 + M_\tau^2}{2M_B} = 2,34 \text{ GeV}$

cf question 3a).

$$\Rightarrow p_{\tau^+}^* = 1,52 \text{ GeV}$$

E_{\min}^τ ou E_{\max}^τ lorsque τ^+ dans l'anti ou ds la direction de B^+

$$E_{\max}^\tau = \gamma(E_{\tau^+}^* + \beta p_{\tau^+}^*) \quad \text{et} \quad E_{\min}^\tau = \gamma(E_{\tau^+}^* - \beta p_{\tau^+}^*)$$

$$\text{avec } \gamma = \frac{E_{\max}^B}{M_B} = 1,002 \quad \text{et} \quad \gamma\beta = P_B/M_B = 0,06$$

$$E_{\max}^\tau = 2,44 \text{ GeV}$$

$$E_{\min}^\tau = 2,25 \text{ GeV}$$

(c) les particules sont identiques en masse, donc même résultat.