Nr. 1

1.)

Ab welchen $\sqrt{s}$ $\sigma_h > 0$?

$e^+e^- \longrightarrow \gamma \longrightarrow ?$

$\rightsquigarrow \pi^0 : J^{PC} = 0^{-+}$ ↯ da $\gamma : 1^{--}$

$\rightsquigarrow \underbrace{\pi^0\pi^0}_{L=1} : C_{\pi^0\pi^0} = C_{\pi^0} \cdot C_{\pi^0} = +1 \neq -1$

$\rightsquigarrow \underbrace{\pi^+\pi^-}_{L=1} : J^{PC} = 1^{-}$ ↑ hat kein C ✓ $\Rightarrow \sqrt{s} = 2m_{\pi^{+/-}} = 279{,}2\,\text{MeV}$

↳ L kann frei gewählt werden!

2.)

$\eta_c : J^{PC} = 0^{-+} \longrightarrow$ Drehimpuls nicht erhalten, kann nicht aus γ entstehen

3.)

$R = \frac{\sigma_h(e^+e^- \to \text{Hadronen})}{\sigma(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)} = \frac{\overset{\text{Anzahl Farben}}{N_c} \cdot \sum_q z_q^2 \cdot \sigma(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)}{\sigma(e^+e^- \to \mu^+\mu^-)} = N_c \cdot \sum_q z_q^2$ $\rightsquigarrow$ für $u,d,s : R = \frac{6}{3}$, für $u,d,s,c : R = \frac{10}{3}$ } Diff: $\frac{4}{3}$ $\Rightarrow$ Mehr Möglichkeiten da c-Quarks jetzt am Start sind

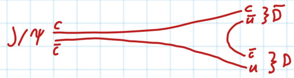
4.)

Zerfälle oberhalb der Schwelle können in $D\bar{D}$ zerfallen

$\rightsquigarrow$ nicht OZI-unterdrückt

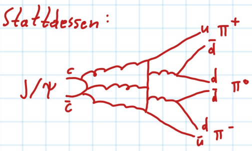
$\rightsquigarrow$ Breite um Größenordnungen größer als für J/ψ und $\psi(2S)$

J/ψ hat zu wenig Masse für $D\bar{D}$ Zerfall:



↯ $m_{J/\psi} < m_D + m_{\bar{D}}$

Stattdessen:



$\rightsquigarrow$ OZI-unterdrückt, aber möglich

Nr. 2

1.)

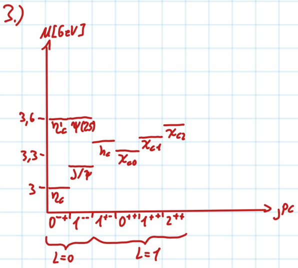
$J/\psi : J^{PC} = 1^{--}$ da muss gleich sein wie von γ

2.)

$\Gamma_{J/\psi} = 92{,}9\,\text{keV}$ $\rightsquigarrow$ Zerfall OZI-unterdrückt, daher langlebiger

$\Gamma_\omega = 8{,}49\,\text{MeV}$

3.)



$C = (-1)^{L+S}$, $P = (-1)^{L+1}$ } für $q\bar{q}$-System

4.)

	M[MeV]	J^{PC}	S	L
$\eta_c(1S)$	2984	0^{-+}	0	0
$J/\Psi(1S)$	3097	1^{--}	1	0
$\chi_{c0}(1P)$	3415	0^{++}	1	1
$\chi_{c1}(1P)$	3511	1^{++}	1	1
$h_c(1P)$	3525	1^{+-}	0	1
$\chi_{c2}(1P)$	3556	2^{++}	1	1
$\eta_c(2S)$	3638	0^{-+}	0	0
$J/\Psi(2S)$	3686	1^{--}	1	0

5.)

z.b. durch Zerfall von $\Upsilon(2S)$

Nr. 3

1.)

$J = L + S$, $P = (-1)^{L+1}$, $C = (-1)^{L+S}$

$J=0$: $L=0, S=0 \Rightarrow 0^{-+}$
$L=1, S=1 \Rightarrow 0^{++}$

$J=1$: $L=0, S=1 \Rightarrow 1^{--}$
$L=1, S=1 \Rightarrow 1^{++}$
$L=1, S=0 \Rightarrow 1^{+-}$

$J=2$: $L=1, S=1 \Rightarrow 2^{++}$
$L=2, S=1 \Rightarrow 2^{--}$
$L=3, S=1 \Rightarrow 2^{++}$
$L=2, S=0 \Rightarrow 2^{-+}$

2.)

$J=0: 0^{--}, 0^{+-}$

$J=1: 1^{-+}$

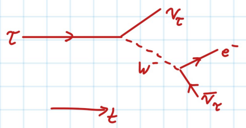
$J=2: 2^{+-}$

3.)

- $qq\bar{q}\bar{q}$
- $qqq\bar{q}\bar{q}\bar{q}$
- Glueballs (nur aus Gluonen)
- $q\bar{q}g$ (Hybrid)
- $q\bar{q}$-$q\bar{q}$ (Molekül)

Nr. 4

1.)



2.)

$\begin{pmatrix} \nu_\tau \\ e^- \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} u \\ d' \end{pmatrix}, \cancel{\begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix}}, \cancel{\begin{pmatrix} t \\ b' \end{pmatrix}}$

nicht möglich $\Rightarrow$ warum nicht $\begin{pmatrix} c \\ s' \end{pmatrix}$ mit $m_c + m_s < m_\tau$? $\rightsquigarrow$ Quarks müssen hadronisieren!

$\rightsquigarrow$ Leichtestes Hadron mit c-Quark ist das D^0 mit $m_{D^0} > m_\tau$

3.)

BR: Branching Ratio

$R = \frac{2 \text{ Leptonen-Dup.}}{1 \text{ Hadronen-Dup.}} = \frac{2}{1} = 2$

4.)

$R = \frac{2}{N_c \cdot 1}$ mit $N_c = 3$

$= \frac{2}{3}$

$\tau^- \Rightarrow \nu_\tau + e^- + \bar{\nu}_e : 17{,}83\%$

$\rightarrow \nu_\tau + \mu^- + \bar{\nu}_\mu : 17{,}41\%$

$\rightarrow$ hadronisch : $64{,}76\%$

$\Rightarrow$ Verhältnis: $0{,}54$ $\Rightarrow$ Verbleibende Unterschiede sind Korrekturen höherer Ordnung