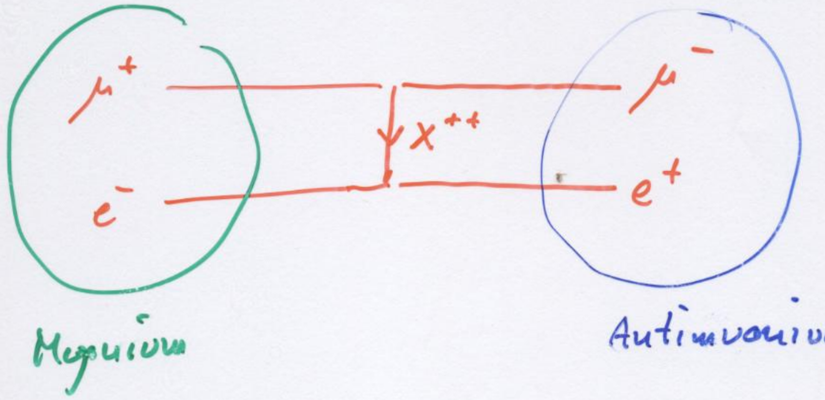
„Anwendung:"

Suche nach Myonium-Antimyonium-Konversion



$P_{\text{Konversion}} < 8 \cdot 10^{-9}$

$m_{X^{++}} > 1{,}1\ \mathrm{TeV}/c^2$

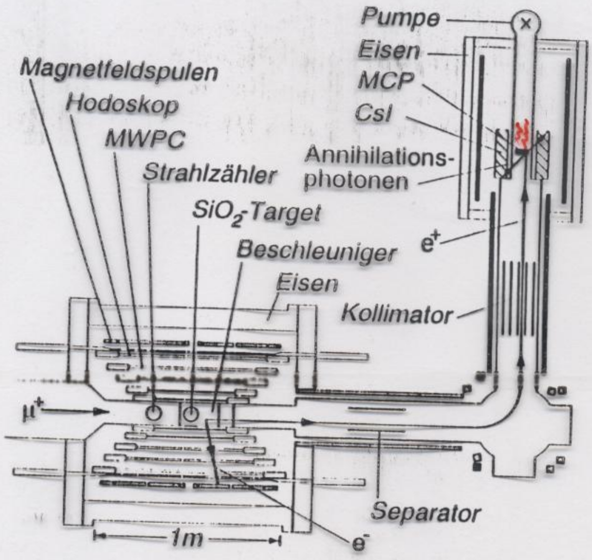


Abb. 7: Das am PSI aufgebaute Myonium-Antimyonium-Konversions-Spektrometer (MACS). Die Signatur des Experimentes besteht darin, daß beim Zerfall eines Antimyoniumatoms das energiereiche Elektron aus dem Myonzerfall in einem magnetischen Spektrometer mit fünf zylindrischen Vieldrahtproportionalkammern (MWPC) und das freiwerdende niederenergetische Positron aus der atomaren Schale auf einem Vielkanalplattenzähler (MCP) koinzident nachgewiesen werden können. Das Positron wird dazu elektrostatisch beschleunigt und in einem magnetischen Transportsystem auf den MCP-Detektor geleitet. Zusätzlich kann die dort entstehende Annihilationsstrahlung in CsI-Kristallen beobachtet werden.

Nachweis: Beschl.

$\mu^+ \, e^-$ Konvers. μ^- Zerfall $\rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$

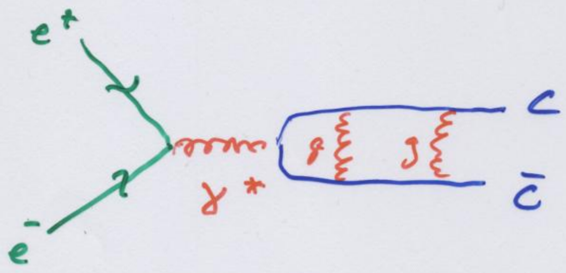
$e^+ + e^- \rightarrow \gamma\gamma$

10.4 Gebundene Quarksysteme

„Atome" von $q + \bar{q}'$, durch starke Wechselwirkung gebunden.

a] J/ψ , ψ'

Ting   Richter

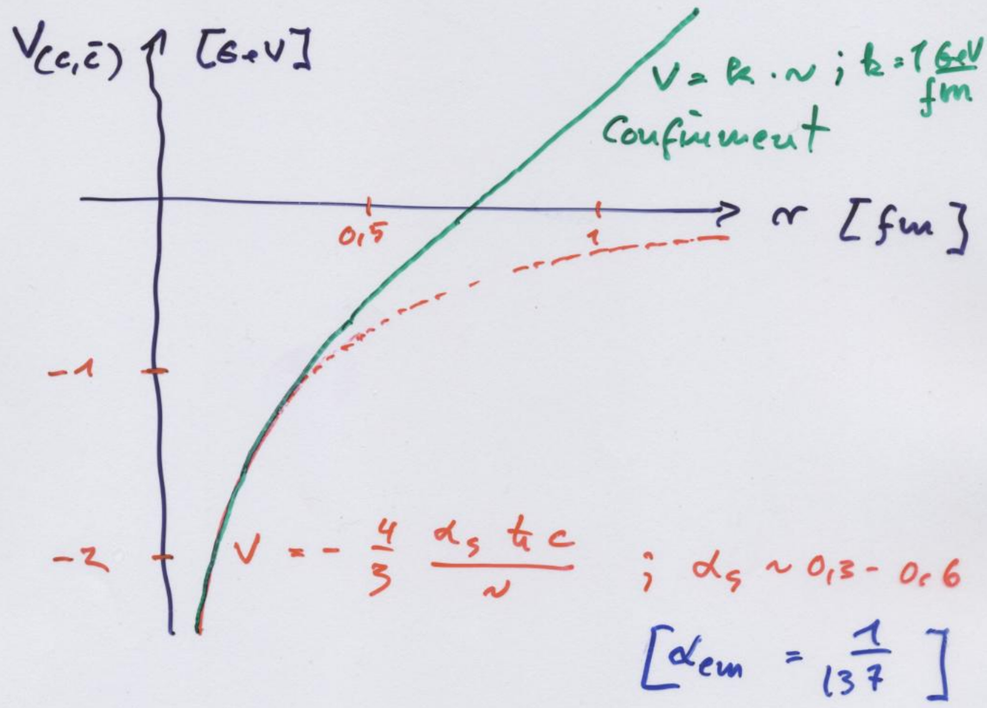


$\rightarrow J/\psi,\ \psi',\ \psi''$

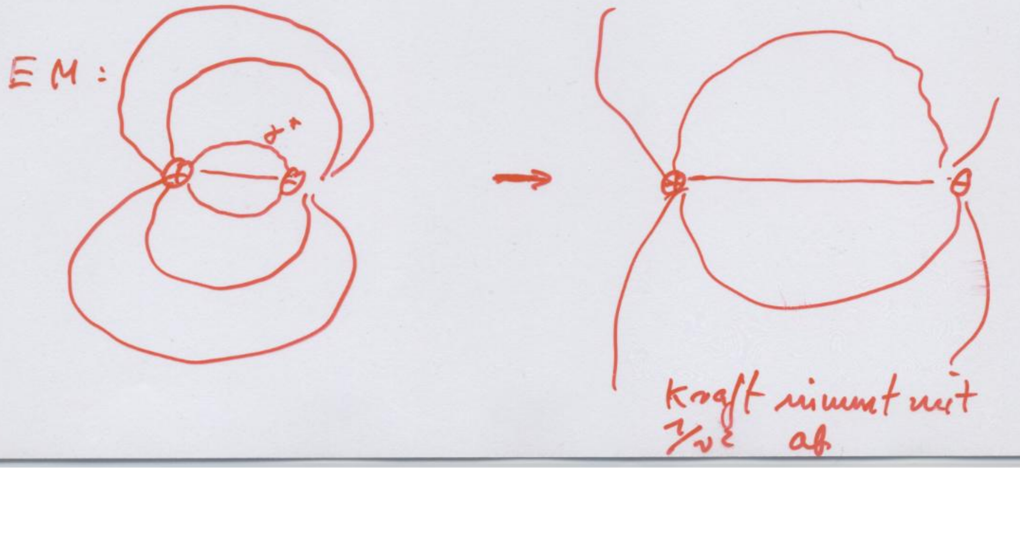
$$m_\psi c^2 \mathrel{\hat{=}} E_{e^-} + E_{e^+} = 3097 \text{ MeV}$$

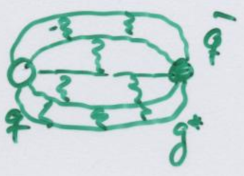
$$m_c = m_{\bar{c}} \sim 1{,}5 \text{ GeV}/c^2$$

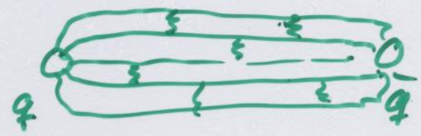
Bindung durch Coulombartiges Potential (spektroskopische Untersuchung)



Grund für Confinement:



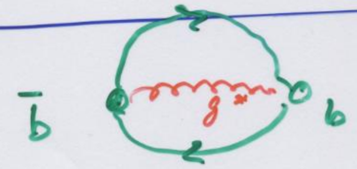




F ist konstant;

Gluonen „ziehen sich an"

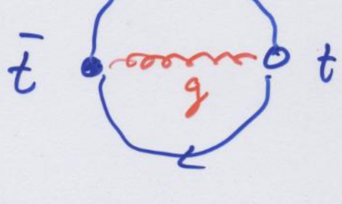
(b) Υ - Teilchen (Ypsilon)



$m_{\Upsilon} = 9460\ \mathrm{MeV}/c^2$

$m_b = m_{\bar{b}} \approx 4{,}5\ \mathrm{GeV}/c^2$

(c) Toponium



$m_t = m_{\bar{t}} \approx 172\ \mathrm{GeV}$

Gibt es nicht, da

$\tau_t \sim 6 \cdot 10^{-25}\,s$,

kein gebundenes System mögl.

11. Emission von Lichtquanten

11.1 Linienbreite, Lebensdauer

1. Dopplereffekt

Für eine mit v_x bewegte Lichtquelle:

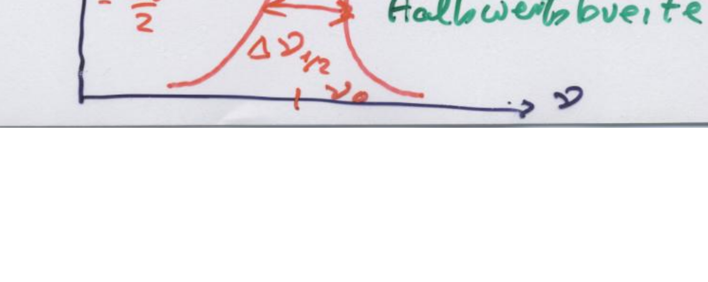
$$\nu = \nu_0 \left(1 \overset{+}{(-)} \frac{v_x}{c}\right)$$

Bsp. im Gas: Atome besitzen Energie nach Boltzmannverteilung

$$dN(v_x) = N_0 \cdot e^{-\frac{m v_x^2}{2kT}} dx$$

Geschwindigkeitskomponente in 1 Richtung

$$I(\nu) = I_0 \cdot e^{-\frac{mc^2}{2kT}\left(\frac{\nu_0-\nu}{\nu_0}\right)^2}$$



Halbwertsbreite:

$$\Delta\nu_{1/2} = 2\sqrt{2\ln 2\,\frac{kT}{mc^2}}\,\nu_0$$

$$= 7{,}2\cdot 10^{-7}\,\nu_0\sqrt{\frac{T}{m}}\ \text{Hz}$$

T in K

m in u

Bsp: H, T = 300 K

$$\frac{\Delta\nu_{1/2}}{\nu} = 1{,}2\cdot 10^{-5}$$

2. Natürliche Linienbreite

a) Übergangsrate

- $N(t)$ Atome im angeregten Zustand zur Zeit t.

$$\Delta N = -\lambda\cdot\Delta t\cdot N$$ # Übergänge im Zeitraum Δt

$$\Rightarrow N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$$

λ Übergangsrate des Systems.

τ : Mittlere Lebensdauer eines angeregten Zustands

$$\tau = \int_0^\infty t \cdot e^{-\lambda t}\, dt \Big/ \int_0^\infty e^{-\lambda t}\, dt$$

$$= \frac{1}{\lambda} \quad ;$$

$$N(t=\tau) = N_0 / e \quad = 0{,}37\, N_0$$

Mit $\Psi_k(t)$ Wellenfunktion des Atoms im Zustand k :

$$P_k(t) = |\Psi_k(t)|^2$$ Wahrsch., Atome im Zustand k zu finden.

$$\propto N(t) \propto e^{-\lambda t}$$

$$\rightarrow \Psi_k(t) = \Psi_{k0} \cdot e^{-\frac{\lambda}{2} t}$$

$$\psi_{k0}(t) = u_k \cdot e^{i\omega_k t}$$

im stabilen (nicht strahlenden) Zustand

$$\psi_k(t) = u_k\, e^{i\frac{E_k}{\hbar}t} \cdot e^{-\frac{\Gamma}{2\hbar}t}$$

mit $E_k = \hbar\omega_k$

$\Gamma = \lambda \cdot \hbar$

6. Intensitätverteilung

Allg.: $$\psi_k(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} C(\omega)\, e^{i\omega t}\, d\omega$$

$$= u_k\, e^{i\omega_k t} \cdot e^{-\frac{\lambda}{2}t}$$

$$C(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_k(t)\, e^{-i\omega t}\, dt$$

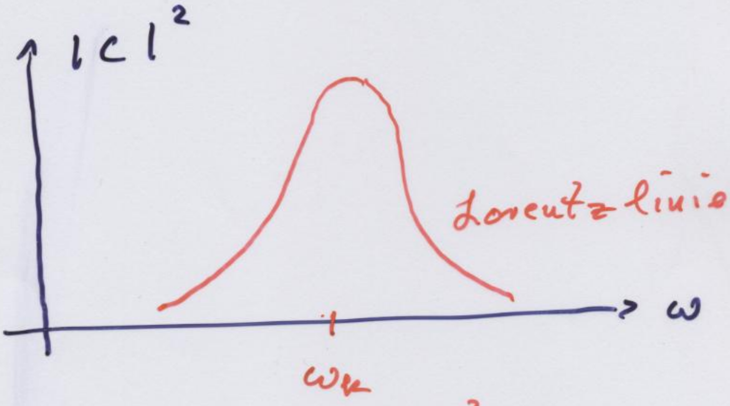
Fouriertransformierte

$$\Rightarrow C(\omega) = -u_k \left(\frac{1}{i(\omega_k - \omega) - \frac{\lambda}{2}} - \frac{1}{i(\omega_k + \omega) + \frac{\lambda}{2}} \right)$$

mit $\omega_k - \omega \ll \omega_k + \omega$, $\frac{\lambda}{2} \ll \omega_k + \omega$:

$$c(\omega) = \frac{u_k}{i(\omega - \omega_k) - \frac{\lambda}{2}}$$

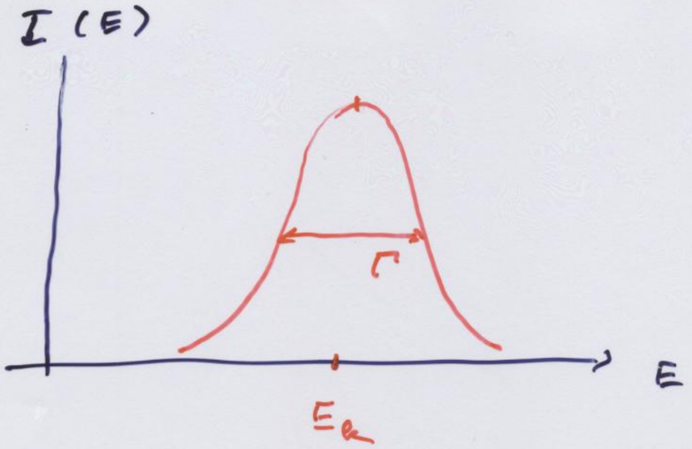
$$|c(\omega)|^2 = \frac{u_k^2}{(\omega - \omega_k)^2 + \frac{\lambda^2}{4}}$$



$$|c(E)|^2 = \frac{\hbar^2}{(E - E_k)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$$

Intensitätsverteilung $I(E) \sim |c|^2$

$$I(E) = I_0 \cdot \frac{(\Gamma/2)^2}{(E - E_k)^2 + (\Gamma/2)^2}$$



Γ Halbwertsbreite $\equiv$ „natürliche Breite"

Bs: H : $2p \to 1s$

$\tau = 1{,}6 \cdot 10^{-9}\,s$

$\Gamma = 4 \cdot 10^{-7}\,eV$

$\Gamma / E = 4 \cdot 10^{-8}$