

4 E.m. Problem

Merker: "anschauliche" Wahrnehmung der Umgebung
 ↳ optische

neben Form von Gegenständen auch deren Farbe
 (= spektrale Zusammensetzung des emittierten Lichts)

Erfahrung: heiße Materie emittiert Strahlung (e.m.)

2 Beispiele: Folie WMAP + Kerne (15.1) (15.2)

idealer schwarzer Strahler: Gleichgewicht von Körper + umgebendem Strahlungsfeld

$$\frac{dN}{d^3k} = \frac{2V}{(2\pi)^3} \frac{1}{e^{\frac{k}{T}} - 1} \quad ; \quad \text{Planck-Spektrum}$$

Idee: verschiedene Materialien / Medien, verschiedene Spektren → sollte helfen, diese zu identifizieren:

Hadronmaterie = rot } ?
 Quark = grün } ?

HICs: keine Kernschleuderstrahlung im Sinne von Blackbody
 - mittlere freie Weglänge von γ → räumliche

→ γ = direkte Probe
 (durchdringende Probe) Abkühlung der stark-wm Materie

Folie

 (15.3)

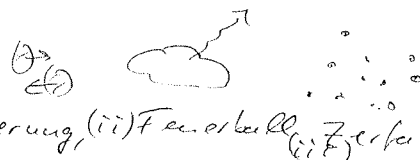
1. Diptonen

γ sind sehr feine, aber - bei schon mittleren Energien → π^0 , η - Anregung

pseudo-skalare Teilchen (Mesonen), Goldstone-Mesonen

$\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$: sehr starker "Untergrund"
 ↑ 98.778% ↑ 39.25%

direkte Photonen:

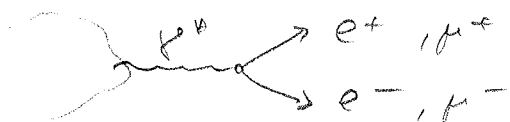


(i) Annäherung, (ii) Feuerball, (iii) Zerfall

Zwischen (i) - d (ii) liegt noch Vergleichswert für Phase
 (→ harte Proben)

γ von (iii) $\Rightarrow \gamma$ von (ii)

Situation ist besser für Osleptonen = virtuelle Photonen



$\gamma: k^2 = k_\mu k^\mu = 0$
 $\Rightarrow k$ hat 3 unabh. löung. Komponenten, z.B. γ, k_\perp, φ

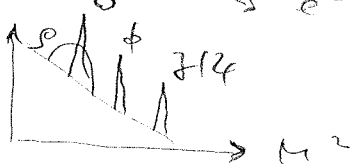
$\gamma^0: p^2 = p_\mu p^\mu = M^2$
 $(p_\mu^{e^+} + p_\mu^{e^-})$ d.h. Masse

M^2 ist zusätzliche und sehr interessante Variable:



$M^2 = m_V^2, V = \rho, \omega, \phi, \eta, \chi$

$\frac{dN}{dM^2}$



"Spektrallinien" von hadronischen Anregungen über gewissen Untergrund

Matthi (1977): Signal von η muss kleiner sein, wenn ρ dominant eintritt; ist beobachtet worden, aber keine eindeutige, konsistente Interpretation bis jetzt

Brown-Rho (1991): Hypothese $m_V = m_V^0 \left(\frac{\langle \bar{\psi}\psi \rangle}{\langle \bar{\psi}\psi \rangle_0} \right)^\alpha$

\Rightarrow wenn Had ($\bar{\psi}\psi$) ändert \Rightarrow Änderung der Vektorbosonmassen, die direkt im Osleptonenspektrum sichtbar sein sollte

\rightarrow Messung eines QCD-Ordnungsparameters, sowie Änderung des QCD-GF \rightarrow 7 Symmetrie Modul

\Rightarrow Motivation für Osleptonenmessungen

2. e.m. Raten

Wie immer: einfachster Zugang \Rightarrow lokales Gleichgewicht: Medium wird durch T, μ beschrieben

$$\frac{dN}{d\Omega} = \int_{t_1}^{t_2} dt \int_{V(t)} d^3x \frac{dR(T, \mu)}{d\Omega} \{T, \mu\}(\vec{x}, t)$$

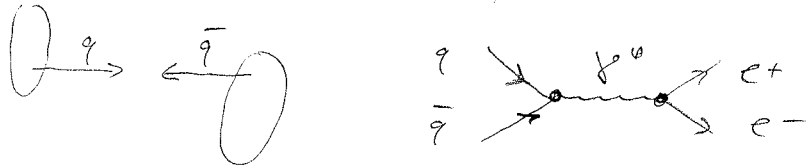
$\{$ = Satz von Variablen für γ oder γ^0 oder e^+

einfaches Fermi Gold Modell, Volumen $V(t)$ wird (ausgefüllt)

t_1 = Beginn der Kernabsorptionsphase

t_2 = Kurvenscheit f. o., $t > t_2$: best-strömende Hadronen

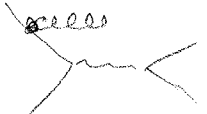
• für $t < t_1$: harte Stöße, z.B. Dreifach-Yeas



p_{eff} : Wahrscheinlichkeit q mit Impuls k_q von einem Nukleon (analog \bar{q}) zu finden
 \Rightarrow große CERN-Daten
 elementarer W_q , s-Kanal-Prozess, rein e.m. Prozess (QED)

unbeliebte Abschätzung: Kerne \neq additive Kollision qualitativ aller Nukleonen

Problem: auch wenn p_{eff} durch andere Prozesse gegeben sind, QED genau bekannt ist:
 $Exp \neq$ Rechnung für pp -Streuung

Grund: QED-Korrekturen, z.B.  usw.

pragmatischer Weg: K-Faktoren $d\sigma^{DY} \Rightarrow K d\sigma^{DY}$
 \uparrow
 1...3 für p, p^0

ganz schlimm für Photonen: abgestrahltes Bremsstrahlung ρ sehr beeinflussen \rightarrow intensives $\langle k_{\perp}^2 \rangle = 1-3 \text{ GeV}^2$, d.h. alle harten Photonen sind nur mäßig genau berechenbar (zudem widersprüchliche Experimente von $pp, \pi p$)

• für $t > t_2$: alle Zerfallsprodukte aufzählen, z.B.

$$\rho \xrightarrow{\uparrow 4.4 \cdot 10^{-5}} e^+ e^- \quad , \quad \omega \xrightarrow{\uparrow 7.15 \cdot 10^{-5}} e^+ e^- \quad , \quad \phi \xrightarrow{\uparrow 3 \cdot 10^{-4}} e^+ e^-$$

= direkten Zerfälle

+ Dalitz-Zerfälle (= 3-Teilchen-Zerfälle)

z.B. $\pi^0 \rightarrow \gamma \gamma^* \rightarrow e^+ e^-$, auch für $\rho, \omega, \phi \dots$

$t > t_c$ - Beitrag insgesamt = Coakteil

• was eigentlich interessiert: $t_1 \leq t \leq t_2$

=> e.o.m. Daten

Modul: Gale-Kapote
Romy Thomas

selbst wenn $T(t), \mu(t)$ genau bekannt wären

=> In $\Pi_{\mu}^R(k) = ?$

↑ sehr viele Modelle mit dem Problem, ein starkes neu Modellieren zu beschreiben: QGP
Hadronen

$P(T, \mu)$ war schon Problem, nun In $\Pi(k, T, \mu)$

Zurück zu QCD: bisher nur wenige Rosenblätter

Folie: QCD Ozeitanpunkte

16

noch sehr interessant: Medium-Modifikationen der Hadronen für $T < T_c$
(ehr, sehr viele, z.T. widersprüchlich Modelle)

modell-unabhängige Aussagen (kleine T, μ):

Huang - Theorem (Huang 1995):

Modul

Folien

- 16.0
- 16.1
- 16.2
- 16.3
- 16.4

3. Expo. Situation

HADES, CERES, NA60, WA98
PHENIX

Folien

- 17.1
- 17.8

Fazit: • thermische Strahlung identifiziert

• ρ - Spektralfunktion isoliert

SPS/NAF

• $T_1 > T_c$ wird in allen Modellen benötigt

=> indirekter Beweis für QGP

4. Issues

was ist mit χ Symmetrieverstärkung?

Vom Modul " χ Symmetrie": wegen spont. Symmetriebruchung sind χ Partner nicht Massen-entartet

χ Partner: $\pi - \sigma : J^P = 0^- - 0^+$

$\rho - a_1 : J^P = 1^- - 1^+$

$$m_{\pi^0} = 134.9764 \text{ MeV},$$

$$m_{\sigma} = 400 - 1000 \text{ MeV} \quad (5)$$

↑ für Best., inwieweit das kinem., ob
Teilchen oder nicht

$$m_{\rho} = 768.5 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_{\rho} = 150 \text{ MeV}$$

$$m_{a_1} = 1230 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_{a_1} = 400 \text{ MeV}$$

Weg mit χ Symmetrie-Restoration: dropping vs. broadening
als Funktion von T

lQCD: False (18)

andere Weg: ρ, ω, ϕ vom Kern \Rightarrow False (19) (20) ω -Vertrag A zone

widersprüchliche Situation: ρ Shift oder nur Verbreiterung?
CLAS vs. KEK

⊙ Workshop am ECT^{*}/Trieste \rightarrow etwas erzählen