

Fach: Experimentelle Teilchenphysik

PrüferIn: Klute

BP NP SF EF NF LA Datum: 15. September 2023 Fachsemester: 7

Welche Vorlesungen wurden geprüft?

Welche Vorlesung der PrüferIn hast Du gehört? Ex 6

Zur Vorbereitung

Absprache mit PrüferIn über folgende Themengebiete: -

Absprache mit PrüferIn über Literatur/Skripte: -

Verwendete Literatur/Skripte: Povh (sehr gutes Buch zur Vorbereitung!)

Ex 4 Skript von Prof Hunger

The Oxford Solid State Basics für Ex 5

Gross/Marx Festkörperphysik für Supraleitung (hier ist auch die Vorlesungsreihe von Frolov auf YT sehr zu empfehlen!)

Ex 6 Skript von Klute und Drexlin

Dauer der Vorbereitung: etwas mehr als 2 Monate

Art der Vorbereitung: Hauptsächlich VL in anki-Karten zusammengefasst und auswendig gelernt (dabei von den Themen grob an den bereits vorhandenen von Drexlin orientiert). Erst in den letzten zwei Wochen mit Kommilitonen Prüfungen abfragen lassen

Allgemeine Tips zur Vorbereitung: Anki-Karten helfen enorm beim auswendig lernen

Bereitet das Einstiegsthema so gut wie möglich vor, da ihr damit direkt einen positiven Eindruck hinterlässt

Mit Kommilitonen über Methoden und Konzepte der TP zu diskutieren hilft enorm beim Verständnis

Zur Prüfung

Wie verlief die Prüfung? Sehr gut, habe mit meinem Einstiegsthema direkt punkten können und den Rest der Prüfung souverän gemeistert (zugegeben ich konnte so gut wie jedes Thema auswendig durch meine extrem lange Vorbereitungszeit)

Wie reagierte die PrüferIn, wenn Fragen nicht sofort beantwortet wurden? Versucht Frage anders zu formulieren

Kommentar zur Prüfung: Ex Mündlich ist bei Prof Klute sehr zu empfehlen. Hat mir mit seiner ruhigen, sympathischen Art schnell jegliche Anspannung genommen.

Kommentar zur Benotung: 1,0

Die Schwierigkeit der Prüfung: bei Erzeugung von Z^0 Resonanzen bei Proton-Proton Streuung z.B. im LHC wusste ich nicht genau, worauf er hinauswollte als er mein mit den Quarks aufgezeichneten Drell-Yan-Prozess anschaute und meinte "was müssen wir denn berücksichtigen, wenn wir den Wirkungsquerschnitt berechnen wollen würden". Ich kam selbst nach einigem Hin und Her absolut nicht drauf (Worauf er hinaus wollte war, dass man über alle Björken-x integrieren müsse)

Die Fragen

I: Ich

K: Klute

K: Was hast du denn als Einstiegsthema vorbereitet:

I: Supraleitung

Habe dann in den nächsten 10 Minuten geredet über:

- Aufhänger war Anwendung von Supraleitung in Teilchenphysik: NbTi wird im cms verwendet um hohe Feldstärken von 4T zu erzeugen und auf SQUIDS basierende state of the art Kalorimeter MMC (Magnetic Micro Calorimeter)

- Meissner-Phase

- London-Gleichung im Zwei-Flüssigkeits-Modell hergeleitet und damit die Meissner-Phase erklärt

- BCS-Theorie: Cooper-Paar Bildung durch retardierte, attraktive Phonon-Elektron-WW; Energy Gap für $T < T_C$ in der Zustandsdichte $D(E)$ aufgezeichnet und Bose-Einstein-Kondensation der Cooper-Paare in BCS-Grundzustand erläutert für $k_B T \ll \Delta$; Isotopeneffekt erklärt und schließlich wie BCS Theorie widerstandslose Leitung von Strom erklärt (Änderung des Kristallimpulses von Cooper-Paar Kondensat verlangt gleichzeitige Änderung des Impulses von allen ununterscheidbaren Cooper-Paaren um den gleichen Betrag, was sehr unwahrscheinlich ist)

- MMC-Aufbau erklärt und SQUID: Tunnelstrom durch Josephson-Junction mit typischer Strom-Spannungskennlinie und Quantisierung des magnetischen Flusses in ringförmigen Supraleiter mit Radius R durch Randbedingung ($2\pi R = m\lambda$). Auftreten und charakteristisches Verhalten von screening current in SQUID erklärt (wurde dann leider von Klute unterbrochen). Sonst hätte ich noch das Analogon zum DS erklärt, dass sich die zwei JJs durch die ultradünne Isolatorschicht wie ein DS mit punktförmigen Öffnungen verhält und deshalb die gemessene Spannung wie das Interferenzbild eines DS aussieht (Für dickere Isolatorschicht würde das Spannungsbild dem Interferenzbild des realen DS mit Überlagerung von sinc-Funktion und cos-Funktion entsprechen)

K: Gut, das scheint ja zu sitzen. Kommen wir zu Teilchenphysik. Wie ist ein Atom denn aufgebaut? Nehmen wir mal ein Wasserstoff-Atom

I: Orbitalmodell erklärt (ihm war es wichtig zu hören, dass Orbitale die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsber der Elektronen ist). Dann noch kurz aufs Bohr-Modell eingegangen.

K: Gut, wie sieht den das Proton im Kern aus?

I: Partonmodell erklärt, Proton mit Valenz-, Seequarks und Gluonen gezeichnet.

K: Okay sehr schön, was passiert denn jetzt, wenn ich Protonen z.B. im LHC aufeinanderschieße

I: Die wechselwirken.

K: Wie meinst du das?

I: Naja, Die Quarks des einen Protons wechselwirken mit den Quarks des anderen und bilden neue Teilchen wie z.B. ein Z^0 Boson (siehe Drell-Yan-Prozess).

K: Okay nehmen wir mal gerade den Drell-Yan Prozess an, was kann ich denn messen?

Sind irgendwie auf den Wirkungsquerschnitt gekommen

K: Ja okay, was ist der Wirkungsquerschnitt denn?

I: Anzahl an in Raumwinkel gestreuten Teilchen pro Zeit, geteilt durch ursprünglich eingetroffene Teilchen pro Fläche und Zeit

K: Das ist der differentielle. Was sagt der Querschnitt denn aus?

I: Die Wahrscheinlichkeit für eine WW

K: Genau richtig. Und was muss ich bei den Quarks (zeigt auf gezeichnetes Feynman-Diagramm des Drell-Yan-Prozesses) beachten, wenn ich den Wirkungsquerschnitt berechnen wollen würde?

Das war der einzige Punkt, an dem ich nicht wusste, worauf er hinaus wollte. Nach einigem Hin und Her hat er schließlich aufgelöst und gemeint, man müsse über alle Björken x integrieren (natürlich).

Dann haben wir kurz über Strukturfunktionen geredet. Wozu messen wir Strukturfunktionen (FT der Ladungsverteilung bzw. des magnetischen Moments) und wie die elektrische SF z.B. aussieht (Verlauf gezeichnet und erklärt, dass für hohen Impulsübertrag Q^2 der Anteil der Seequarks und Gluonen für kleine x stark zunimmt)

K: Okay, was für Teilchen gibt es denn im SM?

I: Fermionen, Bosonen

K: Jaja, aber was genau für Teilchen sind das denn jetzt?

Kurz verwirrt. Aber dann das SM mit den drei Quark und Leptonfamilien hingzeichnet und den Eichbosonen

K: Okay und wie interagieren die miteinander?

I: Quarks haben Farbladung, schwache Ladung und elektrische Ladung -> WW über alle Kräfte (schwache, starke und EM). Elektronen, Muonen und Taus genauso. Nur die Neutrinos wechselwirken nur über die schwache

K: Und wie erhalten die ihre Masse?

I: Yukawa Coupling, Higgs-Mechanismus und SSB kurz erläutert

K: Zeichne mir doch mal den Zerfall eines protons.

I: kurz erklärt, dass freie Protonen nicht zerfallen, da die Baryonenzahl erhalten bleibt (kurz eingegangen auf hypothetisches X-Boson, durch das Proton in ein Positron und neutrales pion zerfällt).

K: Gut. dann nehmen wir ein Neutron. Wie zerfällt das denn?

I: Feynman Diagramm des beta- Zerfalls gezeichnet und kurz auf Mischung der Masseneigenzustände der Quarks zu den Flavour-EZ im CKM-Formalismus eingegangen (hat ihn glaube ich gar nicht so arg interessiert). Dann sind wir irgendwie auf Energieverlust von Teilchen gekommen.

Da hab ich dann die beiden Energieverlustklassen kurz beschrieben (durch Ionisation und radiative Energieverluste). Ich sollte auch noch die Entstehung eines EM-Schauers erklären -> Paarbildung und Bremsstrahlung bis zur kritischen Energie, ab dann überwiegt Ionisation und es werden keine neuen Teilchen mehr erzeugt, sondern die Energie "verläuft" sich im Targetmaterial.

K: Gut, wie messe ich diese Energie denn?

I: Silizium Pixeldetektoren und Szintillatoren. Dabei Messprozess anhand von anorganischem NaI(Tl) erklärt mit Rekombination über Akzeptor- und Donatorenniveaus, um Wellenlänge des emittierten Lichts zu erhöhen, damit der PMT dieses besser messen kann (hat ihm dann auch gereicht).

Dann sollte ich anknüpfend an das beta- feynman diagramm das Energiespektrum der emittierten Elektronen zeichnen -> kontinuierlich, da Drei-Körper-Zerfall

und wir sind auf das KATRIN-Experiment gekommen. Da hab ich dann die verschiedenen Bereiche erklärt: Einspeisen der Elektronen via windowless gaseous tritium source und Filtern durch MAC-E Filter (kurz dessen Arbeitsweise erläutert) und schließlich erklärt, wie das Spektrum aussehen würde, wenn Neutrinos masselos wären oder eine Masse hätten (oberer Grenzwert des Elektron-Antineutrinos liegt derzeit bei ca. 0,8 eV).

Dann sind wir irgendwie noch auf den Photoeffekt gekommen. Den hab ich dann auch erklärt, sowie den Youngschen Doppelspaltversuch und die klassische Teilchen-Welle-Frage (Ex 4 halt). Das war dann das Ende der Prüfung