

Übungen zu T2 Quantenmechanik im SS 2011

Aufgabe 11

Zeigen Sie, dass die Frequenz des Übergangs vom n -ten auf das $(n - 1)$ -te Energieniveau des H-Atoms im Limes $n \rightarrow \infty$ gleich der klassischen Umlauffrequenz wird.

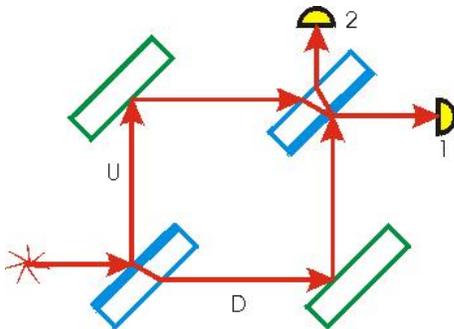
Aufgabe 12

Berechnen Sie die relative Intensität der Strahlung zweier gleich starker und monochromatischer (Wellenlänge λ) Punktquellen mit Abstand d in großem Abstand $r \gg d$ von diesen als Funktion des Winkels θ zwischen Strahlrichtung und Symmetrieebene.

Aufgabe 13

Bestimmen Sie näherungsweise die relative Intensität des durch einen Spalt der Breite D gebeugten Lichts von einer monochromatischen Punktquelle (Wellenlänge λ) in großem Abstand vom Spalt als Funktion des Beugungswinkels θ . Ersetzen Sie dazu Punktquelle und Spalt durch eine regelmäßige Anordnung von n gleichartigen Linienstrahlern im Spalt und vollziehen Sie den Limes $n \rightarrow \infty$. (Eine Raumdimension kann unterdrückt werden.)

Aufgabe 14



Die Grafik zeigt den Strahlengang eines (idealisierten) Mach-Zehnder-Interferometers. Es besteht aus zwei ebenen Vollspiegeln (grün) und zwei Strahlteilern (halbdurchlässigen Spiegeln, blau) in symmetrischer Anordnung. Von einer monochromatischen Lichtquelle (links unten) emittierte Photonen können von zwei Detektoren (gelb) registriert werden. Die Strahlteiler bestehen aus einseitig mit einem Dielektrikum beschichteten Glasplatten. Der Brechungsindex des Dielektrikums liegt zwischen dem von Luft und Glas. Die dielektrische Schicht ist durch eine Verdickung markiert.

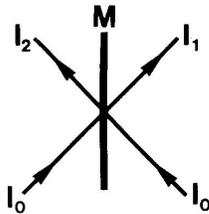
Zeigen Sie, dass in der dargestellten Anordnung von der Lichtquelle emittierte Photonen nur zum Detektor 1 gelangen.

Aufgabe 15

In den oberen Strahlengang des Mach-Zehnder-Interferometers (vor dem zweiten Strahlteiler) werde ein Dielektrikum eingebracht, das die optische Weglänge verlängert und die Phase des Strahls um den Winkel δ erhöht. Diskutieren Sie die Ansprechwahrscheinlichkeiten der beiden Detektoren als Funktion von δ . Tun Sie dasselbe für den Fall, dass der obere Strahlteiler entfernt wird. Diskutieren Sie an Hand der Resultate die Komplementarität von Phasen- und Weginformation.

Aufgabe 16

Die Strahlteiler aus Aufgabe 14 sind praktisch kaum realisierbar. Tatsächlich werden meist symmetrische Strahlteiler verwendet, für die das Argument aus Aufgabe 14 nicht funktioniert. Betrachten Sie die in der Abbildung unten dargestellte Situation, in der zwei Strahlen mit gleicher Amplitude und Phase von verschiedenen Seiten unter demselben Einfallswinkel auf einen symmetrischen verlustfreien halbreflektierenden Spiegel **M** treffen. Die Strahlen haben die komplexen Feldamplituden \tilde{E}_k ($k = 0, 1, 2$). Die Reflexions- und Transmissionseigenschaften des Strahlteilers werden durch komplexe Koeffizienten $r = |r|e^{i\phi_r}$ und $t = |t|e^{i\phi_t}$ beschrieben, so dass z.B. $\tilde{E}_1 = r\tilde{E}_0 + t\tilde{E}_2$. Schließen Sie aus $I_1 = I_0$ und $|r|^2 + |t|^2 = 1$ (warum?), dass $\phi_r - \phi_t = \pi/2$ ist.



Aufgabe 17

Wie Aufgabe 14, aber jetzt für ein Mach-Zehnder-Interferometer mit symmetrischen Strahlteilern mit Hilfe des Resultats aus Aufgabe 16.

Aufgabe 18

Das Mach-Zehnder-Interferometer werde so modifiziert, dass links vor bzw. unter dem zweiten Strahlteiler ein horizontaler bzw. vertikaler Polarisator in den Strahlengang gebracht wird. Was werden nun die Detektoren 1 und 2 mit derselben Lichtquelle wie in Aufgabe 14 registrieren?

Aufgabe 19

- Leiten Sie die Braggsche Beugungsbedingung für den Winkel θ des ersten Beugungsmaximums von Materiewellen in einem Kristall mit Gitterebenenabstand d her.
- Ein Strahl von Elektronen der Energie 54eV trifft auf eine Probe aus polykristallinem Nickel ($d = 9,2 \cdot 10^{-11}\text{m}$). In welchen Richtungen kommen Elektronen aus der Probe heraus?