



Lösungen

„Optischer Doppler-Effekt“

- 1.) Was bedeutet Rotverschiebung? Wenn sich ein Stern vom Beobachter (uns) wegbewegt, dann wird die Wellenlänge des ausgestrahlten Lichts in Richtung rot, also zu größeren Wellenlängen (kleineren Frequenzen) hin verschoben.
- 2.) Wie kann man die Verschiebung messen? (Woher kennt man die ursprüngliche Wellenlänge?) Das von einem Stern abgestrahlte Licht wird von chemischen Elementen in seiner Hülle teilweise absorbiert und zwar in charakteristischen Frequenzen (Spektrallinien). Der Vergleich der Frequenzen dieser „Absorptionslinien“ im vom Stern empfangenen Licht mit den bekannten, im Labor gemessenen Spektrallinien der Elemente ergibt die Verschiebung.
- 3.) Was kann anhand der Verschiebung noch bestimmt werden? Geschwindigkeiten der Sterne und Galaxien relativ zu uns, ihre Entfernungen, die Rotationszeiten (Umdrehungszeiten), die Auswurfgeschwindigkeiten von Supernovae, Nachweis extrasolarer Planeten ...

Rechenbeispiel:

Mit einem Teleskop in den USA wurde von einem Stern in der Milchstraße die Wellenlänge einer Spektrallinie des (ionisierten) Heliums zu $470,0 \pm 0,1$ nm gemessen. In welche Richtung und mit welcher Geschwindigkeit (in km/s) bewegt sich der beobachtete Stern relativ zur Erde, wenn die Wellenlänge dieser am Stern beobachtete Spektrallinie im Labor (Ruhesystem) 468,6 nm ist?

Aus der Formel für den relativistischen Dopplereffekt folgt:

λ_E = vom Empfänger auf der Erde gemessene Wellenlänge
 λ_S = Wellenlänge des vom Sender (= Stern) ausgesandten Lichts

$$v_{rel} = c \cdot \frac{\lambda_E^2 - \lambda_S^2}{\lambda_E^2 + \lambda_S^2} = 894 \pm 64 \text{ km/s}$$

d.h. der Stern bewegt sich von uns weg.

(Dies ist der Stern US 708, der durch eine Supernova beschleunigt wurde und sich nun aus der Milchstraße hinaus bewegt)

N.b.: In der Astronomie werden immer eine ganze Reihe von Spektrallinien gleichzeitig gemessen. Durch Mittelung erhält man eine genauere Bestimmung von v_{rel} und eine kleinere Messunsicherheit; in diesem Fall: $v_{rel} = 917 \pm 7$ km/s. <https://science.sciencemag.org/content/347/6226/1126>

Dieses Dokument wurde 2017 von Studierenden der Universität Salzburg/AG Didaktik der Physik im Auftrag der Christian Doppler Wissens- und Experimentierplattform (<https://www.christian-doppler.net>) erstellt und 2020 vom Christian Doppler Fonds aktualisiert. © Christian Doppler Plattform, Inhalt lizenziert unter CC BY-SA 4.0 international