

Lösung Physik-Quiz 2

Versuch: Licht fällt auf eine Lichtmühle, deren Metallplättchen helle und dunkle Seiten haben.

Frage: Warum dreht sich im Schaukasten die Metall-Mühle nach Drücken des Tasters?

Antwort: Zum Crookes'schen Radiometer gibt es viele Erklärungen, falsche wie denkbare (Die genaue Wirkungsweise bereitete mehrere Jahrzehnte lang namhaften Physikern wie James Maxwell oder Albert Einstein Kopfzerbrechen). Hier eine (nicht vollständige) Auswahl von Erklärungen:

1. Strahlungsdruck (sicher falsch): Studenten äußerten meist die Vermutung, die selbst der Erfinder Crookes anfänglich glaubte, dass die Drehbewegung aufgrund des unterschiedlichen Strahlungsdrucks der Photonen entsteht und zwar dadurch, dass sie an der hellen Seite reflektiert, an der dunklen absorbiert werden. Das würde aber eine Drehung in Richtung der dunklen Seite (im Gegensatz zur beobachteten Richtung) bewirken. Eine kurze genaue Beobachtung widerlegt dies also bereits. Außerdem: Wenn die Strahlungsdruck-Theorie stimmen würde, würde die Lichtmühle am besten im Vakuum funktionieren, da dann die Luftreibung ausgeschaltet ist. Von den Lichtmühlenherstellern aber ist bekannt, dass die Lichtmühlen bei einem geringen Innendruck optimal funktionieren und bei zu geringen Drücken überhaupt nicht mehr funktionieren.

2. Photoeffekt (sicher falsch): Photonen schlagen aus der schwarzen Seite Elektronen aus und der Rückstoß treibt die Mühle an. Dann müsste es aber auch bei vollständigem Vakuum funktionieren, was nicht der Fall ist. Und dann dürfte es nicht bei Infrarotstrahlern funktionieren und nicht bei Materialien, bei denen die Elektronen so fest gebunden sind, dass sichtbares Licht nicht ausreicht. Beides funktioniert aber.



3. Ausgasen (sicher falsch): Der schwarze Überzug der Schaufeln enthält an die Oberfläche gebundene Gase. Durch Erwärmung mit dem Licht werden diese freigesetzt und der Rückstoß treibt die Mühle an. Dann müsste das Radiometer aber eines Tages stehen bleiben, wenn alle Gasmoleküle freigesetzt sind.

4. Abstoßung der Gasteilchen (denkbar): Durch die stärkere Erwärmung der schwarzen Seite kommt es zu stärkeren Schwingungen der Atome des Plättchens auf der schwarzen Seite. Hierdurch werden Luftmoleküle, die durch ihre Wärmebewegung auf die schwarze Seite treffen, stärker abgestoßen als Atome, die auf die helle Seite des Plättchens prallen; sie verlassen die heißere, schwarze Seite mit einer im Mittel höheren Geschwindigkeit. Durch die stärkere Abstoßung erfährt das Plättchen auf der schwarzen Seite einen stärkeren Rückstoß. Aber: die sich schneller bewegend Gasteilchen schirmen die anderen Gasteilchen von der Oberfläche stärker ab und verhindern deren Wechselwirkung mit dem Flügelrad. Eine höhere Temperatur verursacht eine geringere Dichte, was zu gleichen Kräften auf beide Plättchenseiten führen sollte. Albert Einstein zeigte aber, dass sich aufgrund der Temperaturunterschiede an den Rändern die beiden Drücke dort nicht genau ausgleichen!



5. Gasdruck: Eine Variante der letzten Erklärung geht so: Durch die stärkere Erwärmung der schwarzen Seite kommt es dort zu einem höheren Luftdruck und damit zu einem größeren Druck der Gasteilchen auf die schwarze Fläche.

6. Thermisches Kriechen nach Reynolds und Maxwell (denkbar): Hintergrund ist, dass sich Gasteilchen entlang einer Festkörper-Oberfläche mit Temperaturgradient vom Kalten zum Warmen bewegen (thermisches Kriechen). An der Kante der Metallplättchen bewegen sich die Gasteilchen nun entsprechend von der kälteren, weißen Seite zur wärmeren, schwarzen Seite. Folglich muss es auch eine tangentielle Kraft in Gegenrichtung auf die Plättchen geben (Rückstoß), die die Mühle beschleunigt. Es entsteht also an den Kanten ein Impulsübertrag zwischen Gas und Plättchen, die Radiometerkraft wird nur an den Flügelrändern aufgebracht.

Beste Erklärung / Sieger: Christian Stepanek