

Die reduzierte Länge des im Schwingungsmittelpunkt aufgehängten Pendels ist

$$l' = \frac{J_s}{m \cdot (l - r)}$$

Hierin setzen wir für J_s den obigen Wert ein und

$$\text{erhalten } l' = \frac{J_a \cdot \frac{l-r}{r}}{m \cdot (l-r)} = \frac{J_a}{m \cdot r}$$

Dies ist aber die reduzierte Länge des im Punkt A aufgehängten Pendels, woraus sich ergibt

$$l' = l,$$

womit die obige Behauptung bewiesen ist.

Da der Punkt S in der Linse liegt, ist das Pendel, wenn es um S schwingt, ein Gegenschwungpendel, woraus die lange Schwingungsdauer des scheinbar so kurzen Pendels sich erklärt. Um leicht an den Punkt S herankommen zu können, teilt man die Linsenmasse in zwei oder mehr Teile. In den Punkten A und S sind Schneiden angebracht. Um diese läßt man das Pendel abwechselnd schwingen und verschiebt die Massen so lange, bis die Dauer der Schwingung um A genau gleich ist der der Schwingung um S. Dann ist S genau der Schwingungsmittelpunkt des um A schwingenden Pendels und $AS = l$ die genaue reduzierte Länge dieses Pendels, die man zwischen den Schneiden messen kann. An dieser Messung sind noch kleine Berichtigungen anzubringen.

Das Reversionspendel wurde zuerst von dem Deutschen Bohnenberger (1811) zur genauen Messung der Pendellänge benutzt, bald darauf von dem Engländer Kater (1818). Bessel schaltete den Einfluß des Luftwiderstandes aus, indem er (1826) das Pendel äußerlich symmetrisch gestaltete.

18. Der Wärmeausgleich

a) Allgemeines

Alle Körper dehnen sich bei der Erwärmung aus. Hat ein Körper bei der Temperatur t_1 die Länge l_1 , so können wir für die Länge l_2 bei der Temperatur t_2 den Ansatz machen

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha (t_2 - t_1) + \beta (t_2 - t_1)^2 + \dots)$$

Darin nennen wir α den linearen Ausdehnungskoeffizienten, β den quadratischen usw. Die $\beta \dots$ sind im allgemeinen klein gegen α , weshalb man sich meist mit α begnügt; die Formel lautet dann

$$l_2 = l_1 (1 + \alpha (t_2 - t_1)),$$

worin α der mittlere lineare Ausdehnungskoeffizient ist. Man nimmt also an, daß in einem gewissen Temperaturbereich, z. B. von $0 - 200^\circ$ die Ausdehnung gleichmäßig erfolgt. Der Koeffizient α ist für die verschiedenen

Stoffe verschieden. Die einzelnen Zahlenwerte hier anzugeben, ist überflüssig, da sie sich in jedem Physikbuch und in jedem Tabellenwerk finden. Für die gebräuchlichen Metalle halten sie sich in den Grenzen $0,000010$ bis $0,000030$. Für Eisen z. B. nehmen wir $\alpha = 0,000012$ an, d. h. ein Eisenstab von 1 m Länge verlängert sich bei 1° Temperaturerhöhung um $0,000012$ m oder $0,012$ mm. Ist also der Stab eines Sekundenpendels aus Eisen, so verlängert sich das Pendel bei 10° Temperaturerhöhung um $0,12$ mm, das Pendel schwingt langsamer, die Uhr geht in der Wärme nach. Rechnen wir den ungefähren Betrag aus, um uns über die Größenordnung klar zu werden.

Ist die Länge bei t_1° 1 m und bei der 10° höheren Temperatur t_2 $1,00012$ m, so ist

$$T_2 : T_1 = \sqrt{1,00012} : \sqrt{1}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \sqrt{1 + 0,00012} = (1 + 0,00012)^{\frac{1}{2}} = 1 + 0,00006 + \dots$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = T_1 \cdot 0,00006.$$

Die Gangabweichung für den Tag ist demnach

$$\Delta T/d = 86400 \cdot 0,00006 \text{ sec} = 5,2 \text{ sec/d.}$$

Die Abweichung ist nicht unbeträchtlich; wenn wir jedoch auf die Abweichung durch Änderung der Schwingungsweite zurückgreifen (siehe Abschnitt 11), so finden wir, daß ein Pendel von 5° Schwingungsweite nur um $1/4^\circ$ zuzunehmen braucht, um dieselbe Abweichung zu ergeben.

Bei Zimmeruhren überschreitet im allgemeinen die Temperaturschwankung kaum 10° ; bei Turmuhren allerdings, die den Temperaturschwankungen voll ausgesetzt sind, muß man zwischen Sommer und Winter mit Unterschieden von 50° rechnen. Nimmt man für diese statt Eisen Holz, das mit Leinölfirnis getränkt ist, so ist der Ausdehnungskoeffizient nur $0,000003 - 0,000004$, woraus sich der tägliche Gangunterschied zwischen heißen Sommertagen und kalten Wintertagen zu $6 - 8$ sec ergibt. Der Unterschied ist also nicht so groß, daß er für gewöhnliche Gebrauchsuhr eine Ausgleichsvorrichtung nötig macht¹⁾.

Für gewöhnliche Gebrauchsuhr genügt meist ein einfaches Pendel, besonders wenn die Pendelstange aus Holz ist. Für feinere Pendeluhr ist jedoch ein Wärmeausgleich nötig.

Man benutzt dafür das Rostpendel oder das Quecksilberpendel und in neuerer Zeit das Nickelstahl-, auch das Quarzpendel.

¹⁾ Anders ist es bei Taschenuhren. Bei diesen beträgt der Gangunterschied für 1° C etwa 11 sec/d, für 10° also rund 2 min/d, was für eine Gebrauchsuhr schon zu viel ist.

(Fortsetzung folgt.)

Weihnachtsgeschäft und Schaufenster

Von Paul Schönfeld (Leipzig)

Das Weihnachtsgeschäft soll des Uhrmachers Ernte sein. Viele Hoffnungen werden auf ein gutes Ergebnis gesetzt. Der Erfolg wird zu einem großen Teil auf die Werbekraft des Schaufensters gesetzt werden müssen. Jetzt sind die Leute geneigt, statt die alte Uhr reparieren zu lassen, sich endlich eine neue zu kaufen oder zu schenken. Verkaufen muß vor dem Feste das Leit- und Hauptwort sein. Der Gemeinschaftsreklame müssen sich originelle und schöne Uhrmacher-Weihnachtsschaufenster zur Seite stellen.

Andere Branchen nutzen jede Werbemöglichkeit weidlich aus. Wie strahlen die Augen der Beschauer, wenn sich ihnen der Genuß einer wunderschönen Weihnachtsauslage bietet. Für was für Nichtigkeiten werden oft besondere Dekorationen geschaffen. Ich sah eine Dekoration für - Knöpfe. Wie ein Wasserfall waren sie angeordnet und das Geschäft war in aller Mund.

Der Uhrmacher hat ja auch sehr viel schöne kleine Sachen. Uhren kann man nicht gut als Wasserfall dekorieren, es müßten gerade wasserdichte sein. Auch nicht