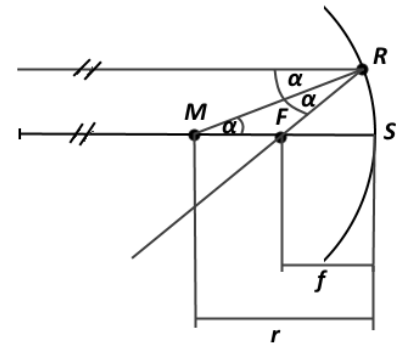


Lösungsvorschlag - Bsp. 1 - Optik



Antwort 1: Brennwerte $f = r/2$.

Formelwissen [1 P]

Formelherleitung [1,5 P]

Mit $f = r - \overline{MF}$ und $\overline{MF} = r/(2\cos(\alpha))$ ergibt sich $f = r - \frac{r}{2\cos(\alpha)}$

Für kleine Winkel ist $\cos(\alpha) = 1$ daraus ergibt sich $f=r/2$

Antwort 2: $\tan \varphi = B/b$

Formel Herleitung [1.5 P]

Der Winkeldurchmesser φ gibt an, wie groß ein Gegenstand dem Auge erscheint. Es sei Bildgröße B , Bildweite b , Gegenstandsgröße G , Gegenstandsweite g . Es gilt $G/g = B/b$.

$\tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{G}{2} / g$ und für kleine Winkel: $\tan(\varphi) = G/g = B/b$

Antwort 3: Bild in 30 m hat ca. 26 cm Durchmesser.

Formelanwendung [1.5 P]

Aus Antwort 2 folgt $B = b \tan(\varphi)$

Der Winkeldurchmesser φ der Sonne ist $0,5^\circ$. Daher $\tan(\varphi) = \tan(0,5^\circ) = 0,00873$.

Wegen der großen Sonnenentfernung kann näherungsweise $b = f$ gesetzt werden. Dann gilt (unter Vernachlässigung aller „Abbildungsfehler“). $B = f \tan(\varphi) = 30 \text{ m} \times 0,00873 = 26 \text{ cm}$

Antwort 4: Um den Faktor 18,87 höher.

Formelverständnis [1 P]

Der „Brennfleck“ hat also einen Radius von 13 cm, seine Fläche ist $r^2 \pi = 0,13^2 \times \pi \text{ m}^2 = 0,053 \text{ m}^2$, um den Faktor 18,87 kleiner als die Spiegelfläche. Auf beide fällt aber dieselbe Lichtmenge. Die Leistungsdichte im „Brennfleck“ ist um diesen Faktor höher als am Spiegel.

Antwort 5: $\phi = \sigma T^4$

Identifizieren von Formeln [1 P]

Für die sonnenbeschienene Schiffsplanke ist $T_1 = 320 \text{ K}$ vorgegeben (passt bei Sonneneinstrahlung von ca. 280 W/m^2 , in Sizilien also bei bedecktem Himmel). Im „Brennfleck“ des Hohlspiegels ist die Einstrahlung 18,87mal so stark. Die Planke wird aufgeheizt, bis bei der Temperatur T_2 die erhöhte Einstrahlung durch höhere Abstrahlung kompensiert wird. Für die von der Fläche A abgestrahlte Leistung P gilt nach Stefan-Boltzmann:

$$P/A = \sigma T^4$$

Antwort 6: $666 \text{ K} = 393 \text{ }^\circ\text{C}$

Problemlösung [2 P]

Das Verhältnis der 4. Potenzen der beiden Temperaturen ist gleich dem Verhältnis der Leistungsdichten. Einsetzen in die Stefan-Boltzmann-Beziehung ergibt $T_2^4/T_1^4 = 18,87$.

Daraus errechnet sich die Temperatur T_2 : $T_2 = \sqrt[4]{18,87 \times T_1^4} = \sqrt[4]{18,87 \times 320^4}$

Gesamtantwort: Es ist physikalisch möglich, die Schiffsplanken so zu entzünden.

[0.5 P] - JA

Summe und Höchstpunktzahl [10 P]

Wie lange das gedauert hätte und ob Archimedes überhaupt in der Lage war, einen Hohlspiegel mit so großer Brennweite anzufertigen, das sind andere Fragen.