

Spiegelnde und diffuse Reflexion



Der Teleskopspiegel des Weltraumobservatoriums Herschel auf dem Prüfstand. Die Spiegeloberfläche ist nicht völlig glatt. Ringförmige Spuren sind zu sehen. Stören diese Strukturen nicht bei der Beobachtung?

Information - Physik

Wenn die Rauigkeiten einer Oberfläche klein sind im Vergleich zur Wellenlänge der auftreffenden Strahlung (im Bild: A), so erfolgt die Reflexion spiegelnd und die Fläche erscheint blank.

Ist die Unebenheiten einer Oberfläche dagegen größer als die Wellenlänge (im Bild: B), so erscheint sie matt, weil sie diffus (zerstreuend) reflektiert. Der Reflexionsgrad wird dann Albedo genannt.

Information - Astronomie

Die geforderte Oberflächengenauigkeit von Teleskopspiegeln liegt im Bereich einer Wellenlänge der Strahlung, die beobachtet werden soll (genauer gesagt bei $\lambda/4$). Das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg hat eine Oberflächengenauigkeit von $< 0,5$ mm und kann deshalb bis zu Wellenlängen von 3,5 mm (86 GHz) eingesetzt werden.



Experimente und Aufgaben

Hilfsmittel

- Thermokamera
- Tasse mit heißem Wasser
- Metallspiegel
- Glasspiegel
- Aluminiumplatte mit oxidiertem Oberfläche
- Tischtennisball
- Volleyball

Experiment

Betrachte die Tasse zunächst mit bloßem Auge indirekt mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Reflektoren (Glasspiegel, Aluminiumspiegel). Dann soll die Thermografiekamera genutzt werden. Skizziere den Versuchsaufbau, beschreibe das Versuchsergebnis und versuche eine Erklärung.

Warum spiegelt der Glasspiegel im IR sogar schlechter? Vergleiche den Glasspiegel mit einer visuell ebenso gut spiegelnden Metalloberfläche.



Analogieexperiment

Das Phänomen der spiegelnden und der diffusen Reflexion soll anhand eines Analogieexperimentes erklärt werden. Dazu steht ein Tischtennisball und ein Volleyball zur Verfügung. Wie könnte das Experiment aussehen?



Aufgabe: Auflösungsvermögen des menschlichen Auges

Ob wir ein Detail, z. B. eine kleine Vertiefung in einem Gegenstand, sehen, das hängt auch von der Wellenlänge des Lichts ab, mit welchem dieser bestrahlt wird, damit wir ihn nach Reflexion sehen. Lord Rayleigh formulierte dazu ein so genanntes Auflösungskriterium.

Welches Auflösungsvermögen α hätte das menschliche Auge wenn α allein von der (beugenden) Eintrittsöffnung (Pupille, $D=6$ mm) abhängen würde? Wie groß ist das Auflösungsvermögen des Auges und wodurch wird es bestimmt?

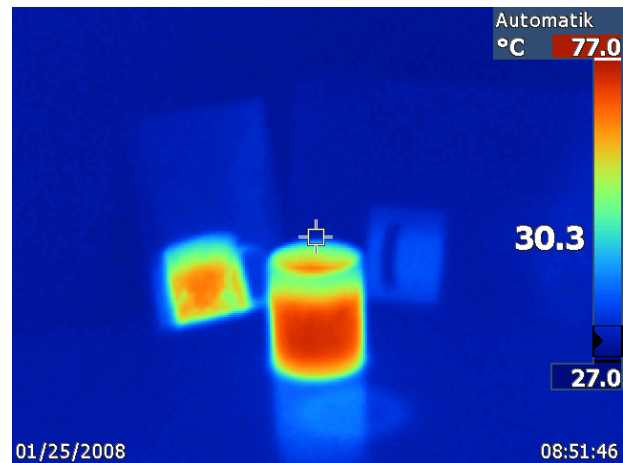
Ergebnisse

Zum Experiment



Die raue Metallplatte kann die MIR-Strahlung gut wider-spiegeln, weil die MIR-Strahlung eine relative große Wellenlänge hat und von den Unebenheiten der Metallplatte nicht zerstreut wird (nur Licht mit kleineren Wellenlängen wird zerstreut, was erklärt, warum die Platte im Visuellen matt erscheint).

Der Glasspiegel spiegelt zwar sehr gut, verschluckt in der Glasschicht aber sehr viel Strahlung.



Zum Analogieexperiment

- Volleyball wird auf rauem Untergrund (z. B. Waschbetonplatte) geworfen → er wird entsprechend dem Reflexionsgesetz (spiegelnd) abprallen
- Tischtennisball prallt (diffus) in nicht vorhersehbare Richtung ab
- Volleyball → MIR-Strahlungswellenlänge, Tischtennisball → Wellenlänge von visuellem Licht

Zur Aufgabe: Auflösungsvermögen des menschlichen Auges

$$\alpha = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D} \quad (\alpha \text{ im Bogenmaß})$$

$$\alpha = 1,22 \cdot \frac{0,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{0,006 \text{ m}} \approx 1,12 \cdot 10^{-4} \rightarrow \alpha^\circ \approx 0,0064^\circ \approx 23''$$

Das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges liegt aber bei etwa 2'. Begrenzt wird die Auflösung durch die Rasterung der Sehzellen in der Netzhaut.