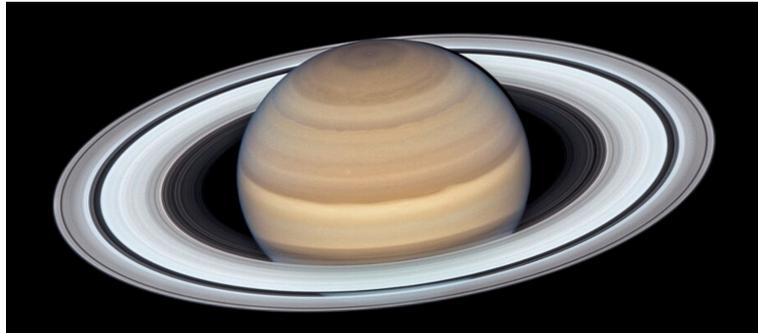


Herr der Ringe

[10]

Am 9. Juli 2019 stand der Saturn in seiner Oppositionsstellung zur Sonne. Dabei erreichte der zweitgrößte Planet des Sonnensystems seine maximale scheinbare Helligkeit. Eine markante Eigenschaft des Saturns ist natürlich sein helles Ringsystem. Das untere Bild zeigt die Aufnahme vom Saturn mit dem Weltraumteleskop Hubble kurz vor der Oppositionsstellung.



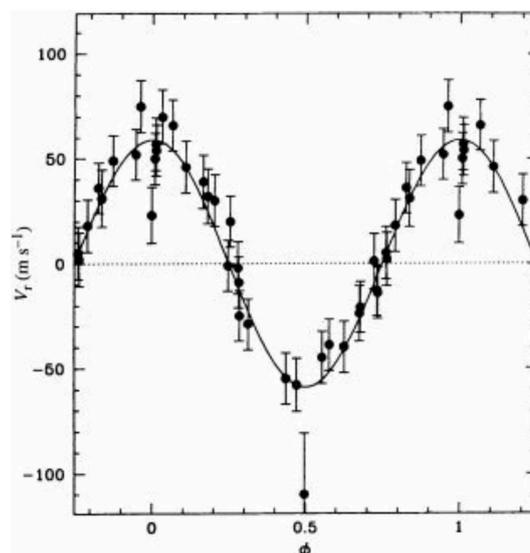
1. Um wie viele Magnituden wäre der Saturn ohne sein Ringsystem dunkler?

Auf der Jagd nach Exoplaneten

[10]

Der Physik-Nobelpreis 2019 ging zur Hälfte an Exoplanetenforscher, die im Jahr 1995 den ersten Exoplaneten mit der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt haben. Seitdem wurden weitere empfindlichere Methoden entwickelt, mit deren Hilfe schon einige tausend Planeten detektiert werden konnten. Trotzdem bleibt die Radialgeschwindigkeitsmethode ein wichtiges Mittel bei der Exoplanetenforschung: Die periodische Bewegung des Stern um den Schwerpunkt hinterlässt Spuren in den Spektrallinien. Dadurch kann die Geschwindigkeit des Stern bestimmt werden und somit auch die Masse des Exoplaneten.

Ein sonnenähnlicher Stern wird von einem Exoplaneten begleitet. Die untere Abbildung zeigt die gemessene Radialgeschwindigkeit des Sterns über eine Umlaufperiode von 4.23 Tage hinweg.



2. Bestimme die Mindestmasse dieses Exoplaneten in Vielfachen der Jupitermasse.

Kugelsternhaufen im Blickfeld

[15]

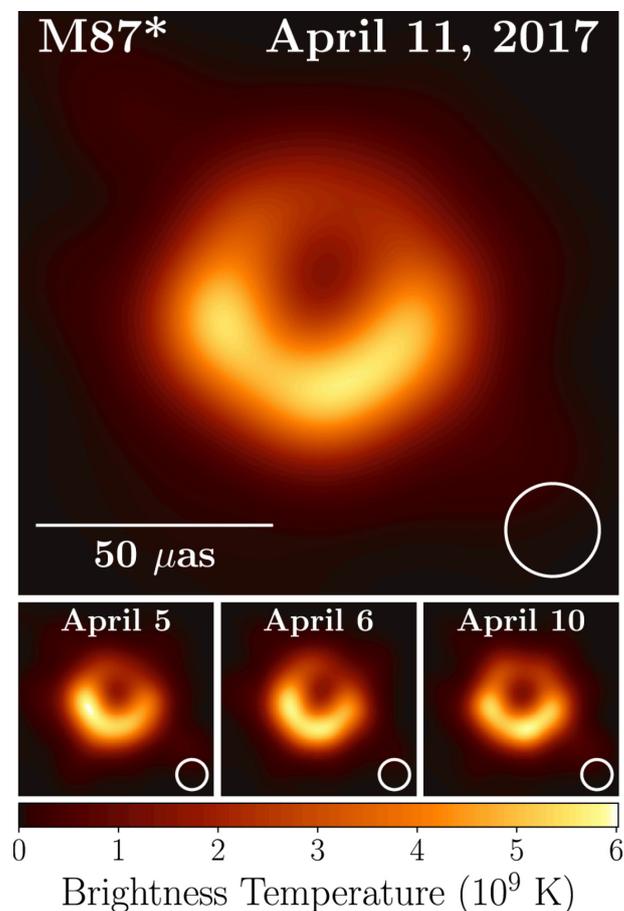
Die scheinbare Helligkeit eines hellen Kugelsternhaufens beträgt $m_V = 6^m$. Er ist etwa 25.000 Lichtjahre entfernt und hat einen Durchmesser von $1''$.

3. Welchen Durchmesser muss das Teleskop besitzen, damit man die einzelnen Sterne im Zentrum des Sternhaufens im visuellen Bereich auflösen kann?

Schwarzes Loch

[15]

Mithilfe mehrere Radioteleskope ist es den Forschern erstmal mal im Jahr 2017 gelungen, das Zentrum der Galaxie M87 (Rotverschiebung $z = 0.0043$) abzufotografieren. Nach einer aufwändigen Datenanalyse konnte man das Bild eines Schwarzen Lochs rekonstruieren.



- 4.1 Bestimmen Sie den Abstand zu M87. [5]
- 4.2 Berechnen Sie die Masse des Schwarzen Lochs in Vielfachen der Sonnenmasse. [5]
- 4.3 Schätzen Sie die Akkretionsrate auf Schwarzes Loch (in Sonnenmassen pro Jahr) ab. [5]

N-Körper-Problem

[20]

Das Finden einer Lösung für ein N -Körper-Problem in der Himmelsmechanik gestaltet sich

für gewöhnlich schwierig. Einige Spezialfälle lassen sich jedoch relativ einfach analysieren, insbesondere dann, wenn es sich um sehr symmetrische Konfigurationen handelt. Im Folgenden wollen wir uns mit einer Anordnung von N gleichen Punktmassen m auf einem Kreis mit Radius r um den Koordinatenursprung beschäftigen, die ein regelmäßiges N -Eck bilden.

5.1 Zeigen Sie, dass auf jede der Massen eine zum Mittelpunkt des Kreises gerichtete Kraft

$$F = \alpha \frac{Gm^2}{r^2}$$

wirkt, wobei α ein numerischer Vorfaktor und G die Gravitationskonstante ist. Drücke α in Abhängigkeit von N aus und berechne die numerischen Werte von α für $N = 3, 4$ und 5 . [8]

Sei nun r_0 der Abstand der Massen zum Mittelpunkt. Jede der Massen m erhält eine Geschwindigkeit, die tangential zum Kreis gerichtet ist und den Betrag v besitzt (einheitliche Bewegungsrichtung).

5.2 Welche Form haben die Bahnkurven der einzelnen Massen m (in Abhängigkeit von v)? Sie dürfen annehmen, dass die Konfiguration zu jedem Zeitpunkt rotationssymmetrisch bleibt. [3]

Nimm für die folgenden Aufgaben an, dass $v < \sqrt{\alpha Gm/r_0}$ gilt.

5.3 Drücken Sie den minimalen Abstand der Massen m vom Koordinatenursprung, r_{\min} , als Funktion von α , G , m , r_0 und v aus. [5]

5.4 Finden Sie einen Ausdruck für die Periodendauer der Bewegung. [4]