Prüfungsvorbereitung Physik: Kreisbewegung und Gravitation

Theoriefragen: Diese Begriffe musst du auswendig in maximal ein bis zwei Sätzen erklären können.

a) Vektor/Skalar
b) Masse: - Welche Eigenschaften hat eine Masse?
   - Was bedeutet jede dieser Eigenschaften?
c) Wechselwirkungsprinzip
d) Kräftegleichgewicht
e) Genaue Definition der Arbeit
f) Periode
g) Frequenz
h) Winkelgeschwindigkeit/Kreisfrequenz
i) Bahngeschwindigkeit
j) Zentripetalbeschleunigung
k) Zentripetalkraft
l) Gravitation
m) Erkläre die Funktionsweise einer Gravitationswaage (anhand einer gegebenen Skizze)
n) Skizziere eine Ellipse und bezeichne die folgenden Begriffe in der Skizze: Brennpunkte, grosse Halbachse, kleine Halbachse, Brennweite
o) Perihel
p) Aphel
q) Astronomische Einheit (Definition)
r) Formuliere die drei Keplerschen Gesetze

Physikalische Grössen: Diese physikalischen Grössen musst du kennen, mit Symbolen und Einheiten.

	Symbol	Einheit		Symbol	Einheit
Weg, Verlängerung			Beschleunigung		
Zeit			Geschwindigkeit		
Kraft			Masse		
Arbeit			Energie		
Leistung			Wirkungsgrad		
Periode			Frequenz		
Radius			Winkelgeschwindigkeit/ Kreisfrequenz		
Zentripetal-beschleunigung			Winkel im Bogenmass		
Zentripetalkraft			Gravitationskraft		

Formeln: An der Prüfung erhältst du ein Formelblatt. Auf dem Formelblatt findest du alle Formeln, die du brauchst, sowie Tabellenwerte und ein paar wichtige Formeln aus der Mathematik. Das Formelblatt kannst du auf ga.perihel.ch anschauen und herunterladen.

Fähigkeiten: Diese Fähigkeiten musst du beherrschen:

- ☞ Winkel vom Gradmass ins Bogenmass umrechnen und umgekehrt
- ☞ Formeln umformen
- ☞ Gleichungen für physikalische Situationen aufstellen und lösen
- ☞ Zahlenwerte mit Einheiten einsetzen und richtig ausrechnen
- ☞ Resultate auf die richtige Anzahl Ziffern runden
- ☞ Diagramme zeichnen und interpretieren
- ☞ Vektoren zeichnerisch (in der Pfeildarstellung) zusammensetzen und zerlegen
- ☞ Alle Kräfte, die an einem Körper angreifen, in einem Kräfteplan aufzeichnen
- ☞ Bei Flaschenzügen die richtige Anzahl tragender Seilstücke ermitteln
- ☞ Die Funktionsweise einer Gravitationswaage erklären können

Übungsaufgaben:

Bei allen Aufgaben muss der Lösungsweg klar ersichtlich sein.
Bei Berechnungen werden für die volle Punktzahl eine algebraische Lösung (das heisst die Formel, umgeformt nach der gesuchten Grösse) und die vollständig eingesetzte Rechnung (das heisst Zahlenwerte mit Einheiten) verlangt.
Resultate müssen unterstrichen sein (Einheiten nicht vergessen!).

Alle Arbeits- und Theorieblätter sowie Aufgabenblätter A30 (Repetition) **und A31**

Weitere Aufgaben

1. Der Mars bewegt sich nahezu auf einer Kreisbahn um die Sonne.
a) Wie gross ist die Winkelgeschwindigkeit dieser Kreisbewegung?
b) Wie gross ist die Bahngeschwindigkeit des Mars?

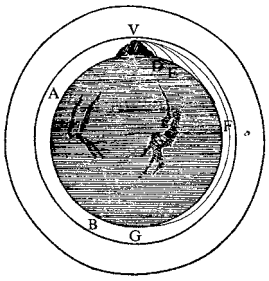
2. Ein Kind schleudert einen kleinen Stein (m = 289.4 g) an einer Schnur in einem horizontalen Kreis herum. Die Schnur muss mit einer Kraft 0.00290 kN festgehalten werden. Eine Umdrehung dauert 0.04678000 min. Der Radius des Kreises (in mm) soll berechnet werden.
a) Markiere bei den benötigten Angaben die signifikanten Ziffern mit einem Punkt über der Ziffer. Wie viele signifikante Ziffern besitzen die Zahlenwerte? Wie viele Ziffern sollte das Resultat besitzen?
b) Berechne den Radius des Kreises (in mm).
c) Notiere das Resultat mit einer Zehnerpotenz in der wissenschaftlichen Schreibweise und runde auf die richtige Anzahl signifikanter Ziffern.

3. Schon immer wolltest du wissen, wie schwer dein Banknachbar ist. Du (m = 65.0 kg) sitzt im Abstand von 60.0 cm neben ihm und würdest (wenn du könntest!), eine Gravitationskraft von 1.20 µN spüren... Wie schwer ist dein Banknachbar?

4. Bei einer Reise von der Erde zum Mond nimmt die Gewichtskraft zuerst ab, verschwindet, und nimmt dann wieder zu.
a) Warum?
b) Wo liegt dieser Punkt der «Schwerelosigkeit»?

5. Die Mittelpunkte zweier Bleikugeln haben einen Abstand von 5.50 cm. Die linke Bleikugel ist dreimal so schwer wie die rechte. Sie ziehen sich mit einer Kraft von $3.97 \cdot 10^{-9}$ N an.
Wie gross ist die Masse der rechten Bleikugel?

6. Isaac Newton erklärte den Zusammenhang zwischen einer Satelliten- und einer Wurfbahn auf der Erde mit Hilfe eines Gedankenexperiments: Wenn man einen Stein auf dem Gipfel eines sehr hohen Berges waagrecht wirft, ist es theoretisch möglich, dass der Stein die Erde umkreist.
Mit welcher Geschwindigkeit muss ein Stein parallel zur Erdoberfläche ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes abgeworfen werden, damit er die Erde umkreist?



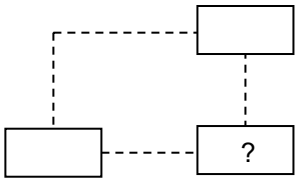
7. Bei der Mondlandung blieb immer ein Astronaut in der Mondfähre, die den Mond umkreiste, während die anderen beiden in einer kleinen Kapsel auf dem Mond landeten.
Die Umlaufdauer der Mondfähre im Abstand 1'848 km vom Mondmittelpunkt war 7'130 s.
a) Wie gross ist die Masse des Mondes?
b) Wie gross ist die Fallbeschleunigung auf dem Mond?

8. Wie gross ist die Geschwindigkeit eines Satelliten, der in 1'000 km Höhe um die Erde kreist?

9. Das dritte Keplersche Gesetz besagt, dass der Wert $\frac{r^3}{T^2} = const$ gleich gross ist für alle Planeten, die die Sonne umkreisen.
Zeige, dass aus dem Gravitationsgesetz das dritte Keplersche Gesetz folgt.

10. Wie lang wäre das Jahr, wenn die Erde nur halb so weit von der Sonne entfernt wäre?

11. *schwierig, freiwillig* Nicht nur die Erde, sondern auch der Mond übt eine Gravitationskraft auf uns aus.
a) Berechne die Gravitationskraft, die der Mond auf einen Menschen (m = 80 kg) ausübt, wenn er sich einmal auf der mondabgewandten Seite und einmal auf der mondzugewandten Seite der Erde befindet.
b) Wie gross ist der prozentuale Unterschied?

12. 

schwierig, freiwillig Drei gleiche Autos der Massen m = 1.2 t sind auf den Ecken eines Rechtecks der Seitenlängen 1.25 m und 2.00 m parkiert (der vierte Platz bleibt leer).
Wie gross ist der Betrag der Gravitationskraft auf das «?»-Auto?
Annahme: Bei den Autos handelt es sich um Massenpunkte.

Lösungen:

1. a) $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{687 \cdot 24 \cdot 3'600\ \text{s}} = \underline{\underline{1.06 \cdot 10^{-7}\ \text{s}^{-1}}}$

b) $v = \omega \cdot r = 1.06 \cdot 10^{-7}\ \text{s}^{-1} \cdot 2.279 \cdot 10^{11}\ \text{m} = \underline{\underline{24'124\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \underline{\underline{2.41 \cdot 10^4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

oder: $v = \frac{2\pi\, r}{T} = \frac{2\pi \cdot 2.279 \cdot 10^{11}\ \text{m}}{687 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60\ \text{s}} = \underline{\underline{24'124\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \underline{\underline{2.41 \cdot 10^4\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$

2. a) m = 2̇8̇9̇.4̇ g: 4 signifikante Ziffern, T = 0.04̇6̇7̇8̇0̇0̇0̇ min: 7 signifikante Ziffern,
F_Z: = 0.002̇9̇0̇ kN: 3 signifikante Ziffern, Resultat: 3 Ziffern

b) $F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$

$r = \frac{F_Z \cdot T^2}{m \cdot 4 \cdot \pi^2} = \frac{2.90\ \text{N} \cdot (0.04678000 \cdot 60\ \text{s})^2}{0.2894\ \text{kg} \cdot 4 \cdot \pi^2} = 1.99969\ \text{m} = 1'999.69\ \text{mm}$

c) $\underline{2.00 \cdot 10^3\ \text{mm}}$

3. $m_{\text{Banknachbar}} = \dfrac{F_G \cdot r^2}{G \cdot m_{du}} = \dfrac{1.20 \cdot 10^{-6}\ \text{N} \cdot (0.600\ \text{m})^2}{6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot 65.0\ \text{kg}} = \underline{99.6\ \text{kg}}$

4. a) Es gibt einen Punkt, wo die Anziehungskraft zwischen der Erde und dem Raumschiff gleich gross ist wie die Anziehungskraft zwischen dem Raumschiff und dem Mond.

   b) $F_{G(\text{Raumschiff-Erde})} = F_{G(\text{Raumschiff-Mond})}$ $\qquad r_{\text{Mond-Erde}} = r_{\text{Raumschiff-Erde}} + r_{\text{Raumschiff-Mond}}$

$$F_{G(\text{Raumschiff-Erde})} = G \cdot \frac{m_{\text{Raumschiff}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2_{\text{Raumschiff-Erde}}}$$

$$F_{G(\text{Raumschiff-Mond})} = G \cdot \frac{m_{\text{Raumschiff}} \cdot m_{\text{Mond}}}{r^2_{\text{Raumschiff-Mond}}} = G \cdot \frac{m_{\text{Raumschiff}} \cdot m_{\text{Mond}}}{(r_{\text{Mond-Erde}} - r_{\text{Raumschiff-Erde}})^2}$$

$$G \cdot \frac{m_{\text{Raumschiff}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2_{\text{Raumschiff-Erde}}} = G \cdot \frac{m_{\text{Raumschiff}} \cdot m_{\text{Mond}}}{(r_{\text{Mond-Erde}} - r_{\text{Raumschiff-Erde}})^2}$$

$$\frac{r^2_{\text{Raumschiff-Erde}}}{(r_{\text{Mond-Erde}} - r_{\text{Raumschiff-Erde}})^2} = \frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}} \qquad r_{\text{Raumschiff-Erde}} = \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot (r_{\text{Mond-Erde}} - r_{\text{Raumschiff-Erde}})$$

$$r_{\text{Raumschiff-Erde}} = \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot r_{\text{Mond-Erde}} - \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot r_{\text{Raumschiff-Erde}}$$

$$r_{\text{Raumschiff-Erde}} + \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot r_{\text{Raumschiff-Erde}} = \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot r_{\text{Mond-Erde}}$$

$$r_{\text{Raumschiff-Erde}} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}}\right) = \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}} \cdot r_{\text{Mond-Erde}}$$

$$r_{\text{Raumschiff-Erde}} = \frac{\sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}}}{1 + \sqrt{\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}}}} \cdot r_{\text{Mond-Erde}} = \frac{\sqrt{\frac{5.972 \cdot 10^{24}\ \text{kg}}{7.346 \cdot 10^{22}\ \text{kg}}}}{1 + \sqrt{\frac{5.972 \cdot 10^{24}\ \text{kg}}{7.346 \cdot 10^{22}\ \text{kg}}}} \cdot 3.844 \cdot 10^8\ \text{m} = \underline{\underline{3.460 \cdot 10^8\ \text{m}}}$$

5. $m_{\text{links}} = 3 \cdot m_{\text{rechts}}$ $\qquad F_G = G \cdot \dfrac{m_{\text{links}} \cdot m_{\text{rechts}}}{r^2} = G \cdot \dfrac{3 \cdot m^2_{\text{rechts}}}{r^2}$

$$m_{\text{rechts}} = \sqrt{\frac{F_G \cdot r^2}{3 \cdot G}} = \sqrt{\frac{3.97 \cdot 10^{-9}\ \text{N} \cdot (0.055\ \text{m})^2}{3 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}}} = \underline{\underline{0.245\ \text{kg}}} = \underline{\underline{245\ \text{g}}}$$

6. Wenn der Stein die Erde umkreist, wirkt die Gravitationskraft als Zentripetalkraft: $F_Z = F_G$

$$F_Z = \frac{m_{\text{Stein}} \cdot v^2}{r_{\text{Erde}}},\ F_G = G \cdot \frac{m_{\text{Stein}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2_{\text{Erde}}} \quad \Rightarrow \quad \frac{m_{\text{Stein}} \cdot v^2}{r_{\text{Erde}}} = G \cdot \frac{m_{\text{Stein}} \cdot m_{\text{Erde}}}{r^2_{\text{Erde}}}$$

$$v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5.97 \cdot 10^{24}\ \text{kg}}{6.37 \cdot 10^6\ \text{m}}} = \underline{\underline{7'906\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

7. a) $m_{\text{Mond}} = \dfrac{(2\pi)^2 \cdot r^3_{\text{Mfähre-MMittelpunkt}}}{G \cdot T^2_{\text{Mfähre}}} = \dfrac{(2\pi)^2 \cdot (1.848 \cdot 10^6\ \text{m})^3}{6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot (7130\ \text{s})^2} = \underline{\underline{7.346 \cdot 10^{22}\ \text{kg}}}$

   b) $g = G \cdot \dfrac{m_{\text{Mond}}}{r^2_{\text{Mond}}} = 6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{N}\cdot\text{m}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{7.346 \cdot 10^{22}\ \text{kg}}{(1738 \cdot 10^3\ \text{m})^2} = \underline{\underline{1.62\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$

8. $v = \sqrt{G \cdot \frac{m_{Erde}}{r_{Erde} + 1'000\ km}} = \sqrt{6.67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2} \cdot \frac{5.97 \cdot 10^{24}\ kg}{7.37 \cdot 10^{6}\ m}} = \underline{\underline{7'350\ \frac{m}{s}}}$

9. $F_Z = F_G \Rightarrow m_{Planet} \cdot \omega^2 \cdot r = m_{Planet} \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r = G \cdot \frac{m_{Planet} \cdot m_{Sonne}}{r^2}$

$\Rightarrow \quad \frac{r^3}{T^2} = \frac{G \cdot m_{Sonne}}{4\pi^2} = const$

10. $\frac{r^3}{T^2} = const \quad \Rightarrow \quad \frac{r^3}{T^2} = \frac{\left(\frac{r}{2}\right)^3}{\left(x \cdot T\right)^2} = \frac{\frac{1}{8} \cdot r^3}{x^2 \cdot T^2} \quad \Rightarrow \quad x^2 = \frac{1}{8} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{1}{\sqrt{8}}$

$T = \frac{1}{\sqrt{8}} = 365\ d = \underline{129\ d}$

11. a) $F_{zugewandt} = G \cdot \frac{m_{Mensch} \cdot m_{Mond}}{\left(r_{Erde-Mond} - r_{Erde}\right)^2} = \underline{\underline{2.744 \cdot 10^{-3}\ N}}$

$F_{abgewandt} = G \cdot \frac{m_{Mensch} \cdot m_{Mond}}{\left(r_{Erde-Mond} + r_{Erde}\right)^2} = \underline{\underline{2.568 \cdot 10^{-3}\ N}}$

b) $\frac{F_{abgewandt}}{F_{zugewandt}} = 0.94$ Die Anziehungskraft des Mondes ist auf der abgewandten Seite ca 6 % kleiner als auf der zugewandten Seite.

12. $F_{G(2.00m)} = G \cdot \frac{m^2}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{(1'200\ kg)^2}{(2.00\ m)^2} = 2.40\ \cdot 10^{-5}\ N$

$F_{G(1.25m)} = G \cdot \frac{m^2}{r^2} = 6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{(1'200\ kg)^2}{(1.25\ m)^2} = 6.15\ \cdot 10^{-5}\ N$

$F_{G(res)} = G \cdot m^2 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{r_1^4} + \frac{1}{r_2^4}}\right)$

$= 6.67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot (1'200\ kg)^2 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{(1.25\ m)^4} + \frac{1}{(2.00\ m)^4}}\right) = \underline{\underline{6.60\ \cdot 10^{-5}\ N}}$