Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf **jedem** Blatt die **Nummer ihres Tutoriums und ihre Namen** ein. Rechnen Sie die Aufgaben zusammen mit ihrem Übungspartner und geben Sie eine Lösung zusammen ab. Das Aufgabenblatt müssen Sie nicht mit abgeben.

Abgabe bis	Fr, 11. Januar, 13:00 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung	Mi, 16. Januar

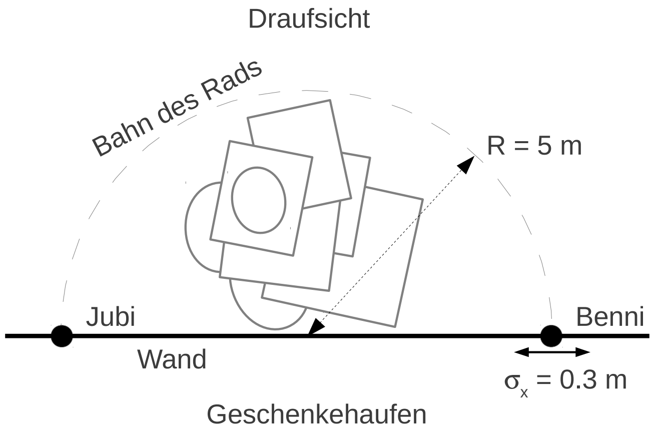
Lösen Sie die Aufgaben so, dass der Rechenweg für ihren Tutor klar wird. Ergebnisse ohne korrekte Einheiten führen zu einem Punktabzug. Geben Sie nur signifikante Nachkommastellen im Endergebnis an (orientieren Sie sich an der Genauigkeit der gegebenen Größen).

Allgemeine Hinweise:

- Masse der Sonne: $m_S = 1.99 \cdot 10^{30}\,\text{kg}$
- Masse der Erde: $m_E = 5.974 \cdot 10^{24}\,\text{kg}$
- Masse des Mondes: $m_M = 7.35 \cdot 10^{22}\,\text{kg}$
- Radius der Erde: $r_E = 6370\,\text{km}$
- Abstand Erde–Mond: $r_{EM} = 384 \cdot 10^3\,\text{km}$
- Abstand Erde–Sonne: $r_{ES} = 150 \cdot 10^6\,\text{km}$

Aufgabe 1: *Präzision bei der Präzession* **3 Punkte**

Wir kehren noch einmal zu Aufgabe 5 von Übungsblatt 10 zurück. Ein Rad angestoßen mit der Geschwindigkeit v und der Neigung $\alpha = 5°$ rollt frei aufgrund der Präzession einen Halbkreis mit Radius $R = 5\,\text{m}$ entlang, wie in der Abbildung dargestellt:



Damit das Rad die gewünschte Bewegung verfolgt, muss die Geschwindigkeit v so eingestellt sein, dass $v = (\sin\alpha g R)^{1/2}$. Berechnen Sie mit Hilfe der Fehlerfortpflanzung wie sehr die Anfangsbedingungen dieser Bewegung maximal variiert werden dürfen, wenn der Zielpunkt bei Benni mit einer Toleranz von $\sigma_x = 0.3\,\text{m}$ entlang der Wand erreicht werden soll. In anderen Worten: der Ankunftspunkt darf sich um $\pm\sigma_x$ parallel zur Wand verschieben.

(a) Wenn die Neigung $\alpha = 5°$ eingehalten wird und das Rad senkrecht zur Wand angestoßen, wie groß ist dann die Toleranz für die Geschwindigkeit v?

(b) Wenn das Rad exakt mit der Geschwindigkeit v für den Fall $\alpha = 5°$ senkrecht zur Wand angestoßen wird, wie groß ist dann die Toleranz für die Neigung α?

(c) Nun wird die Neigung $\alpha = 5°$ eingehalten und ebenso die Geschwindigkeit v für den Standardfall, aber das Rad wird nicht genau senkrecht zur Wand angestoßen. Wir betrachten einen möglichen Winkel ϕ zur senkrechten Lage. Berechnen Sie die Toleranz für ϕ aufgrund der Geometrie des Problems. Diskutieren Sie das überraschende Ergebnis.

Aufgabe 2: *Jupiterjahr* **1 Punkt**

Wie lang ist das Jupiter"jahr", also die Zeit die Jupiter benötigt um die Sonne einmal vollständig zu umkreisen? Der mittlere Abstand des Jupiter zur Sonne beträgt 5.07 au. Die Astronomische Einheit au entspricht der Länge der großen Halbachse der elliptischen Umlaufbahn der Erde um die Sonne.

Aufgabe 3: *Apfel und Erde* **1 Punkt**

Übt ein Apfel eine Gravitationskraft auf die Erde aus? Wenn ja, wie groß ist diese Kraft wenn der Apfel eine Masse $m = 180\,\mathrm{g}$ hat? Betrachten Sie einen Apfel, der (a) an einem Baum hängt und der (b) frei fällt.

Aufgabe 4: *Sonne, Erde und Mond* **3 Punkte**

Das gravitative System Sonne, Erde und Mond erscheint auf den ersten Blick paradox. Berechnen Sie zunächst die Anziehungskräfte von Sonne-Erde, Sonne-Mond und Erde-Mond. Erklären Sie nun folgende Tatsachen:

(a) Die von der Sonne auf die Erde ausgeübte Anziehungskraft ist wesentlich größer als die des Mondes. Dennoch ist der Mond hauptsächlich für die Gezeiten verantwortlich. Warum? *Hinweis:* Betrachten Sie den Unterschied zwischen der gravitationsbedingten Anziehungskraft auf der einen Seite der Erde und der anderen.

(b) Die von der Sonne auf den Mond ausgeübte Gravitationskraft ist wesentlich größer als die der Erde. Warum wird der Mond nicht von der Erde weggezogen?

Aufgabe 5: *Gravitationsfeld* **2 Punkte**

Zwei identische Massepunkte, jeweils mit der Masse m, befinden sich auf der x-Achse bei $x = +x_0$ und $x = -x_0$.

(a) Bestimmen Sie eine Formel für das von diesen beiden Massepunkten bewirkte Gravitationsfeld für Punkte auf der y-Achse, d. h. schreiben sie $\vec{g}$ in Abhängigkeit von y, m, x_0 etc.

(b) In welchem Punkt (oder welchen Punkten) auf der y-Achse hat der Betrag von $\vec{g}$ einen Maximalwert und welchen Wert hat er dort? *Hinweis:* Verwenden Sie die Ableitung $\mathrm{d}\vec{g}/\mathrm{d}y$.